

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

М.К. ЧЕРНЯКОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2020

ББК 65.291я73

Ч-498

Рецензенты:

д-р экон. наук, профессор *И.В. Баранова*

д-р экон. наук, доцент *Т.А. Макареня*

Работа подготовлена на кафедре АУФ для студентов I курса ФБ,
обучающихся по направлению 38.04.01 – Экономика

Черняков М.К.

Ч-498 Моделирование и проектирование производственных процессов и систем: учебное пособие / М.К. Черняков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – 94 с.

ISBN 978-5-7782-4249-4

В настоящем пособии представлено последовательное изложение современных методов моделирования, опирающихся на сети Петри. Теоретические методы моделирования иллюстрируются практическими кейс-задачами. Для демонстрации методов обработки данных используются языки VB и VBA. Предназначено главным образом для студентов, обучающихся по направлению 38.04.01 – Экономика, магистерская программа «Экономика безопасности промышленного производства». Однако с учетом опыта преподавания подобных дисциплин в технических вузах автор счел целесообразным не ограничиваться рассмотрением только информационных систем, но также обратить внимание на технические и технико-экономические системы и объекты.

ББК 65.291я73

ISBN 978-5-7782-4249-4

© Черняков М.К., 2020

© Новосибирский государственный
технический университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Основы моделирования и проектирования производственных процессов и систем	7
1.1. Понятие производственных процессов и систем	7
1.2. Принципы построения и функционирования производственных процессов и систем	10
1.3. Классификация производственных процессов и систем	12
1.4. Компоненты производственных процессов и систем	17
1.5. Производственная система как особая модель объекта экономики	22
Контрольные вопросы	24
2. Жизненный цикл систем	27
2.1. Процессы жизненного цикла производственных процессов и систем	27
2.2. Структура жизненного цикла производственных процессов и систем	31
2.3. Модели жизненного цикла производственных процессов и систем	33
2.4. Каскадная модель жизненного цикла производственных процессов и систем	33
2.5. Спиральная модель жизненного цикла технологических процессов и систем	35
Контрольные вопросы	37
3. Теория моделирования систем	38
3.1. Детализация представлений производственных процессов и систем	38
3.2. Концептуальное моделирование	46
3.3. Функции управления экономикой предприятий	47
3.4. Информационная модель предприятия	53

4. Экономические показатели и документы	57
4.1. Основные определения	57
4.2. Реализация документопотока в MRP-системах	58
4.3. Реализация документопотока в ЭПС «парус»	60
4.4. Обработка эмпирического материала.....	61
5. Имитационное моделирование.....	68
5.1. Методика имитационного моделирования	68
5.2. Пакет программ для имитационного моделирования.....	71
5.3. Последовательность имитационного моделирования.....	72
5.4. Модели данных и знаний и методы их организации в памяти компьютера	77
Контрольные вопросы	86
Заключение.....	88
Библиографический список	91

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Моделирование и проектирование производственных процессов и систем» является одной из фундаментальных при подготовке студентов по экономическим специальностям.

Моделирование является универсальным методом получения и использования знаний об окружающем мире и используется человеком в целенаправленной деятельности, особенно исследовательской. В современных условиях усиливаются роль и значение математического моделирования, которое с развитием средств вычислительной техники часто стали называть компьютерным.

Математические (компьютерные) модели в силу своей логичности и строгого формального характера позволяют выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемых систем, и исследовать их реакции на внешние воздействия и изменения параметров. Часто математические модели проще и удобнее использовать, чем натуральные (физические). Они позволяют проводить вычислительные эксперименты, реальная постановка которых затруднена или невозможна.

Изучение основных принципов математического моделирования является неотъемлемой частью подготовки специалистов в технических областях деятельности. Дисциплины, связанные с изучением основных аспектов моделирования объектов и систем, в обязательном порядке входят в соответствующие учебные планы и являются компонентами федеральных образовательных стандартов.

В настоящем курсе дается характеристика компонентов экономических производственных систем (ЭПС) – вычислительной системы, базы данных, программного обеспечения; рассматриваются этапы их жизненного цикла – проектирование, внедрение, эксплуатация, развитие. Моделирование представлений информации в ЭПС предполагает

использование синтаксических моделей данных (реляционной, сетевой и иерархической) и семантических моделей (семантические сети, фреймы и др.). Моделирование процессов опирается на сети Петри. Моделирование предметных областей в экономике рассмотрено на примере деловой игры «Дельта», демонстрирующей возможности моделирования всех сфер деятельности организаций, включая управление маркетингом, финансами и производством. В результате изучения дисциплины студент должен:

- иметь представление о системном анализе, качественных и количественных методах описания информационных систем;
- знать структуру и общую схему функционирования ЭПС, единицы информации, модели данных и знаний в ЭПС, методы организации данных, модели предметной области, методы описания процессов в ЭПС;
- уметь выбирать модели данных, модели знаний и методы организации данных для ЭПС и конкретной предметной области, использовать методы системного анализа в принятии проектных решений в информационных системах; создавать и использовать базы данных в среде СУБД семейства dBASE; работать с научной литературой по теории ЭПС и справочной литературой по СУБД.
- владеть методами описания данных, знаний и процессов для экономических задач.

Знания, полученные студентами при изучении дисциплины, могут быть также использованы при выполнении курсовых и дипломных работ.

1. ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

1.1. Понятие производственных процессов и систем

Понятия *система* и *элемент* являются одними из фундаментальных понятий [1] общей теории систем (ОТС).

Понятие *система* происходит от греческого слова *Systema*, означающего целое, составленное из отдельных частей. Определяется как совокупность (соединение) взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, объединенных с определенной целью.

Понятие *элемент* происходит от латинского слова *Elementarius* и означает: начальный, простой, простейший, конечный, неделимый, лежащий в основе чего-либо.

В научных направлениях, называемых системным анализом [8], исследованием операций [10] и теорией принятия решений [23], на современном этапе развития науки выделяют совокупность каких-либо механических, физических, химических, биологических, экономических, экологических, энергетических или тому подобных взаимосвязанных и взаимодействующих **объектов** и изучают или исследуют их особенности с целью получения о них **новых знаний**. Часть реальной системы, представляющая интерес для исследований, называется **предметной областью**. В состав новых знаний обычно включают такие категории и понятия, как класс, функция, структура, события, позиции, состояния, альтернативы, предпочтения, рациональная организованность и эффективность функционирования. С позиции **предметной области** различают естественные (природные), искусственные (техногенные), технические, социальные, политические и экономические системы.

Общее число систем огромно и пока еще не существует законченной теории исследования всего разнообразия этих систем. В настоящее время системология, призванная исследовать любые системы, еще не может дать ответы на все вопросы, которые возникают у разработчиков и пользователей хотя бы информационных систем. Еще более сложно обстоят дела у разработчиков и исследователей экономических производственных систем [7].

Обычно в системологии любую сложную систему принято рассматривать как множество взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выбранных исследователем с какой-либо концептуальной точки зрения. При этом *под концепцией понимается точка зрения кого-нибудь на что-нибудь*.

Однако формализация систем – чрезвычайно сложная задача. Дело в том, что практически любая система с точки зрения ее математического описания и постановки математической задачи ее научного исследования является плохо формализуемой и слабо структурированной. Поэтому проблемы формализации систем весьма значимы и актуальны.

Системология в настоящее время состоит из теории различных природных, технических, социальных и экономических систем и законченного вида пока еще не имеет. По мнению одного из ведущих специалистов в области системного анализа академика РАН Н.Н. Моисеева, «... в настоящее время изучено довольно много различных типов систем, но построить теорию, которая была бы достаточно общей, пока еще не представляется возможным. Поэтому особое значение приобретает выделение классов реальных систем, для изучения которых можно использовать *общие подходы*».

Общие подходы (парадигмы) рассматриваются в таких отраслях научных знаний, как общая теория систем, теория моделирования систем, системный анализ, исследование операций, теория принятия технических решений и т.п.

Парадигмой – строгой научной теорией, выражающей существенные черты реальности и выступающей образцом концептуальной схемы постановки и решения задач исследования производственных систем до 90-х годов прошлого столетия, был *физикализм, или физико-математический подход*. На этом отрезке развития науки информационные системы формализовались совокупностью обеспечивающих подсистем. К ним относились подсистемы организационного, техниче-

ского, информационного, математического обеспечения и другие подобные подсистемы. Недостатки такого подхода общеизвестны.

Методологией современного подхода (парадигмой современной формализации информационных систем) является **системный подход**, который формулируется как ансамбль обязательных принципов (требований) анализа и синтеза систем. По мнению большинства авторов монографий [1, 8, 10, 23], посвященных этой проблематике, такими требованиями к системам являются:

- относительность знаний и конечность целей исследования;
- концептуальный выбор структуры (модульности) функций;
- единость или целостность системы, состоящей из частей;
- двуединость или статико-динамичность;
- триединость или иерархичность;
- связь с окружающей средой;
- многофункциональность (полиформность или полиморфность);
- эволюция системы: движение, развитие, зрелость, деградация, генезис;
- причинно-следственность событий и состояний;
- историзм или преемственность поколений (генераций).

Информационные системы – это системы [11–12, 15, 17, 18], которые:

- предназначены для сбора, хранения и обработки информации;
- ориентированы на конечных пользователей, не обладающих высокой квалификацией в области применения вычислительной техники;
- включают совокупность методического, информационного, математического, программного, лингвистического, технического и организационного обеспечения.

– Методическое обеспечение – совокупность материалов, рекомендаций и требований к информационной системе.

– Информационное обеспечение – совокупность данных и знаний, необходимых для эффективной работы информационной системы.

– Лингвистическое обеспечение – совокупность языковых средств, необходимых для обеспечения общения пользователя с информационной системой.

– Техническое обеспечение – совокупность вычислительной техники и офисного оборудования, необходимых и достаточных для функционирования информационной системы.

– Математическое обеспечение – совокупность математических формул, алгоритмов, необходимых для реализации задач, стоящих перед информационной системой.

– Программное обеспечение – совокупность программ действий, написанных на алгоритмических языках низкого или высокого уровня.

– Организационное обеспечение – совокупность документов, регламентирующих порядок и условия эксплуатации информационных систем.

В терминах общей теории систем *экономическая производственная система (ЭПС)*, как и любая другая техническая или социальная система, *определяется как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, объединенных в некоторую структуру с целью обеспечения экономической деятельности наилучшим способом.*

Другими словами, ЭПС – это множество взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, призванных воспринимать, запоминать и перерабатывать экономическую информацию, а также обмениваться этой информацией внутри себя или с другими системами.

1.2. Принципы построения и функционирования производственных процессов и систем

Обычно экономическая производственная система рассматривается как единое целое, состоящее из отдельных частей. Однако с позиций системного подхода ЭПС приходится рассматривать как объект или как процесс (принцип двуединости) одновременно. В рамках понятий современной парадигмы – это архитектура и информационные технологии. Архитектура и информационные технологии ЭПС, в свою очередь, состоят из различных компонентов, образующих аппаратно-программную платформу и технологии обработки (сбора, распределения, хранения и реструктуризации) информации.

Выделяют простые и сложные системы. Разница между ними состоит в том, что в состав сложной системы входят компоненты, которые сами являются системами. Их называют подсистемами. Каждый компонент подсистемы, в свою очередь, может быть системой. Совокупность компонентов подсистемы называют микросистемой. Любая система может быть подсистемой другой системы, которая по отношению к ней является надсистемой или макросистемой. В этом и есть

суть **иерархичности** системы (принцип триединости), которая позволяет выделять **макросистему**, **метасистему** (собственно систему) и **микросистему**. Окружающей средой, или **мегасистемой**, данной метасистемы называется система, состоящая из компонентов, не принадлежащих макросистеме. Таким образом, любая экономическая производственная система, хотя и представляет собой трехуровневую иерархическую структуру, погружена в социальную среду, которая также подлежит анализу и исследованию (рынки сбыта, сферы инвестиций и т. д.). Путем исследования этих сфер реализуется принцип связи экономических производственных систем с окружающей средой.

Говоря о полиморфности для абстрактных или о полиформности для реальных ЭПС, имеют в виду существование различных форм прикладных информационных технологий для различных бизнес-сфер данного конкретного предприятия. Сюда, как правило, относят: электронную коммерцию; информационные технологии бухгалтерского, налогового и складского учета; информационные технологии управления финансами, производством, запасами, инвестициями, кадрами, страхованием; информационные технологии краткосрочного, среднесрочного, стратегического планирования и т. д.

Фиксация информации о состоянии системы на этих этапах ее эволюции позволяет провести ее генезис (определение состояния системы в прошлом) на любую дату фиксации информации о состоянии. При этом всегда имеют в виду, что переход системы из одного состояния в другое происходит в результате воздействия каких-то объективных или субъективных причин (принцип причинно-следственности событий и состояний).

Развитие, зрелость и деградация экономических производственных систем соответствуют этапам **жизненного цикла** ЭПС.

Говоря об историзме и преемственности поколений, нужно вспомнить путь совершенствования автоматизированных систем управления производством. Вначале все экономические расчеты на предприятиях выполнялись вручную с помощью абака, счет, арифмометров, логарифмических линеек, механических и электронных калькуляторов, часть из которых и по сей день не потеряла своего значения (1-е поколение). Затем появились специализированные подразделения. Это были машиносчетные станции и расчетные бюро при центральных бухгалтериях крупных предприятий (2-е поколение). Затем на базе ЭВМ возникли автоматизированные системы управления производством

(АСУ П), на которые возлагалась и роль автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) отдельного крупного предприятия (3-е поколение). И, наконец, в наши дни развиваются интегрированные экономические информационные системы управления экономической деятельностью предприятий на базе ПК, объединенных в корпоративные сети (4-е поколение).

1.3. Классификация производственных процессов и систем

Классификацию экономических систем [3] чаще всего проводят по следующим критериям: масштабу, сфере применения, способу организации, степени сложности системы и ее детерминированности.

По **масштабу** ЭПС подразделяются на следующие три группы:

- *одиночные,*
- *групповые,*
- *корпоративные.*

Одиночные ЭПС реализуются, как правило, на автономном персональном компьютере (ПК). Такая система может содержать несколько простых приложений, связанных между собой общим информационным фондом, и рассчитана она на работу одного пользователя или группу пользователей, разделяющих во времени одно рабочее место. Подобные приложения создаются с помощью «настольных», или «локальных», систем управления базами данных (СУБД). Среди локальных СУБД наиболее известными являются Clarion, Clipper, FoxPro, Paradox, dBase, Microsoft Access.

Групповые ЭПС ориентированы на коллективное использование информации членами рабочих групп и чаще всего строятся на базе локальной вычислительной сети (ЛВС). При разработке таких приложений используются серверы баз данных (SQL-серверы) для рабочих групп. Среди них наиболее известные – Oracle, DB2, Microsoft SQL Server, InterBase, SyBase, Inforqix.

Корпоративные ЭПС служат развитием систем для рабочих групп, они ориентированы на крупные компании и могут поддерживать территориально разнесенные узлы или сети. В основном они имеют иерархическую структуру, состоящую из нескольких уровней. Для таких систем характерна архитектура *клиент-сервер* или *многоуровневая*

архитектура. При разработке таких систем используются те же серверы, что и при разработке приложений для рабочих групп. Среди них наиболее известные – Oracle, DB2, Microsoft SQL Server.

По **сфере применения** системы подразделяются на следующие группы и подгруппы:

- *обработка транзакций:*
 - *оперативная обработка транзакций,*
 - *пакетная обработка транзакций;*
- *принятие решений:*
 - *оперативная аналитическая обработка,*
 - *экспертные системы;*
- *информационно-справочные:*
 - *системы электронной документации,*
 - *географические информационные системы,*
 - *гипертекстовые системы;*
- *офисные:*
 - *документальные системы,*
 - *автоматизация делопроизводства,*
 - *управление документооборотом.*

Режим *оперативной обработки транзакций* преобладает в ЭПС организационного управления для отражения актуального состояния предметной области в любой момент времени. Для таких систем характерен регулярный (возможно интенсивный) поток простых транзакций, играющих роль заказов, платежей, запросов и т. п. Важнейшими требованиями для них являются: высокая производительность *обработки транзакций* и гарантированная доставка информации при удаленном доступе к БД по телекоммуникациям. *Пакетная обработка транзакций* занимает в ЭПС весьма ограниченную часть для управления потоком сложных транзакций.

Системы поддержки принятия решений представляют собой тип ЭПС, в которых с помощью сложных запросов производится отбор и анализ данных (*оперативная аналитическая обработка*) или знаний (*экспертные системы*) по различным категориям: временным, географическим и другим показателям.

Обширный класс *информационно-справочных систем* основан на гипертекстовых и мультимедийных технологиях, наибольшее развитие получивший в сети Интернет.

Класс *офисных* ЭПС нацелен на перевод бумажной документации в электронный вид (*документальные системы*), *автоматизацию делопроизводства* и *управление документооборотом*, что способствует переходу к безбумажным технологиям.

По **способу организации** ЭПС подразделяются на группы на основе архитектуры, состоящей из следующих компонент (табл. 1.1):

- *файл-сервер,*
- *клиент-сервер,*
- *многоуровневый,*
- *интернет/интранет технологий.*

Т а б л и ц а 1.1

Компоненты ЭПС

Операции	Функции	Компоненты
PS	Средства представления клиентов (ввода и отображения данных)	Компоненты представления клиента
PL	Представление логики интерфейса клиент-ПК	
BL	Логика интерфейса бизнес – сервис-ПК	Прикладные компоненты приложения (сервиса)
DL	Обработка операторов SQL данного приложения	
DS	Обработка операторов управления ресурсами (файловой системой, базой данных)	Компоненты управления ресурсом
FS	Обработка файловых операций с помощью ОС	

Архитектура *файл-сервер* не имеет сетевого разделения компонентов диалога (**PS** и **PL**) и использует компьютер для функций отображения, что облегчает построение графического интерфейса. *Файл-сервер* только извлекает данные из файлов, так что дополнительные пользователи и приложения добавляют лишь незначительную нагрузку на центральный процессор. Каждый новый клиент добавляет вычислительную мощность к сети. Однако такая архитектура имеет существенный недостаток: при выполнении некоторых запросов к БД клиенту могут передаваться большие объемы данных, загружающих сеть и приводящих к непредсказуемости времени реакции. Объектами разработки в *файл-серверном* приложении являются компоненты приложения, определяющие логику диалога **PL**, а также логику обработки **BL** и управления данными **DL**. Разработанные приложения реализуются в виде законченного загрузочного модуля либо в виде специального кода для интерпретации.

Архитектура *клиент-сервер* предназначена для разрешения проблем *файл-серверных* приложений путем разделения компонентов приложений и размещения их там, где они будут функционировать наиболее эффективно. Особенностью архитектуры *клиент-сервер* является использование выделенных серверов БД, понимающих SQL-запросы (язык структурированных запросов **Structured Query Language**) и выполняющих поиск, сортировку и агрегирование информации. Большинство конфигураций *клиент-сервер* используют двухуровневую модель, в которой клиент обращается к услугам сервера. Предполагается, что диалоговые компоненты **PS** и **PL** размещаются на клиенте, что позволяет обеспечить графический интерфейс. Компоненты управления (**DS** и **FS**) размещаются на сервере, а диалог (**PS** и **PL**), логика (**BL** и **DL**) – на клиенте. Двухуровневое определение архитектуры *клиент-сервер* использует именно этот вариант: приложение работает у клиента, СУБД – на сервере.

Многоуровневая архитектура стала развитием архитектуры *клиент-сервер* и в своей классической форме состоит из трех уровней:

- нижний уровень представляет собой приложения клиентов, выделенные для выполнения функций и логики представлений (**PS** и **PL**) и имеющие программный интерфейс для вызова приложений на среднем уровне;
- средний уровень представляет собой сервер приложений, на котором выполняется прикладная логика **BL** и с которой логика обработки данных **DL** вызывает операции с БД **DS**;
- верхний уровень представляет собой удаленный специализированный сервер БД, выделенный для услуг обработки данных **DS** и файловых операций **FS**.

Трехуровневая архитектура позволяет еще более сбалансировать нагрузку на разные узлы и сеть, а также способствует специализации инструментов для разработки приложений и устраняет недостатки двухуровневой модели *клиент-сервер*.

В связях с развитием *Интернет-технологий* в последнее время появилась новая информационная технология, получившая название «*Интернет/интранет-технология*». Ее суть заключается в том, что в ней успешно сочетаются идеи трехзвенной конструкции «клиент – сервер-приложений – сервер-ресурсов» с Интернет-технологией. В этом случае структура информационного приложения приобретает вид: «*Браузер – сервер приложений – сервер ресурсов – сервер динамических страниц – web-сервер*».

Как видно из вышеприведенной структуры, три первых компонента такой конструкции представляют собой Интранет-компоненты, а два последних – есть Интернет-компоненты. При этом все изменения в содержании распределенных баз данных корпоративной сети автоматически отображаются в динамических страницах и на web-серверах корпорации. Ясно, что в данном случае речь идет об открытой информации. Вся конфиденциальная информация обрабатывается по той же *Интернет/интранет-технологии*, но с помощью кодирующих программ или устройств.

Интранет/Интернет-технологии предусматривают создание корпоративных порталов. При этом понимают создание как вертикальных, так и горизонтальных порталов.

Портал (*portal*) – сайт, организованный как многоуровневое объединение разных ресурсов и сервисов. Он дает пользователю четкую информацию, осуществляет мгновенный доступ к таким сервисам, как поисковые системы, электронный шопинг, бесплатная электронная почта, торговая реклама, мгновенная рассылка сообщений, вэб-аукционы, чаты. Порталы обладают возможностью как привлекать большое число пользователей, так и собирать информацию об их интересах. Под данным определением принято понимать порталы общего типа, играющие роль «отправной точки» для определенной аудитории Интернета. Порталы общего типа имеют горизонтальную структуру организации, т. е. объединяют несколько тем.

Портал вертикальный (*vertical portal*) – вэб-сайт узкой тематической направленности, предоставляющий различные сервисы в ее рамках. Наиболее перспективный информационный ресурс и инструмент, имеющий своих последователей во всем мире.

Портал горизонтальный – вэб-сайт общего характера, предлагающий набор различных сервисов, обслуживающих различные темы.

По **степени сложности** системы бывают:

- *простые.*
- *сложные.*
- *сверхсложные.*

К *простым* относятся системы, имеющие простую структуру и легко поддающихся математическому описанию. Такие системы могут быть реализованы без использования ЭВМ.

Сложными являются системы, имеющие много внутренних связей и сложное математическое описание, реализуемое на ЭВМ.

Сверхсложные системы не поддаются математическому описанию.

Границы между указанными классами размыты и могут со временем смещаться. Например, совершенствование математического аппарата и вычислительной техники позволяет дать описание систем, для которых это раньше было невозможно, или сложное описание сделать простым.

По признаку непрерывности системы делятся на детерминированные и вероятностные.

Возможны случаи комбинации указанных классов:

- простые детерминированные системы:
 - система размещения станков в цехе;
 - схема автобусных маршрутов;
- сложные детерминированные системы:
 - ЭВМ;
 - сборочный конвейер автомобилей;
- сверхсложные детерминированные системы: шахматы.
- простые вероятностные системы:
 - лотерея;
 - система статистического контроля продукции на предприятии;
- сложные вероятностные системы:
 - система материально-технического снабжения на предприятии;
 - система управления движением самолетов крупного аэропорта;
- сверхсложные вероятностные системы: предприятие в целом, включающее все его технические, экономические, административные и социальные характеристики.

1.4. Компоненты производственных процессов и систем

Состояние системы – это совокупность значений ее показателей.

Все возможные состояния системы образуют **множество состояний**. Если в этом множестве определены метрика или норма, то оно называется **пространством состояний**.

Движение (поведение, динамика) системы – это процесс перехода системы из одного состояния в другое, из него в третье и т. д.

Если переход системы из одного состояния в другое происходит без прохождения каких-либо промежуточных состояний, то система называется **дискретной**.

Если при переходе между любыми двумя состояниями система обязательно проходит через промежуточное состояние, которых достаточно много, то она называется **непрерывной**.

Возможны следующие режимы движения системы:

- *равновесный*, когда система длительное время находится в одном и том же состоянии;
- *переходный*, когда система переходит из одного равновесного состояния в другое;
- *периодический*, когда система через некоторые промежутки времени проходит одно и то же равновесное состояние;
- *аперiodический*, когда система проходит через некоторое множество равновесных состояний. Закономерность прохождения этих состояний является более сложной, чем при периодическом режиме;
- *эргодический*, когда система проходит все пространство состояний таким образом, что с течением времени она проходит достаточно близко к любому заданному состоянию.

Равновесный *периодический* режим называют *установившимся*, или *стационарным*.

Любая информационная система (табл. 1.2) с позиций общей теории систем [8] прежде всего характеризуется архитектурой (статикой аппаратно-программных компонентов) и информационной технологией (динамикой или технологиями обработки информации). Это же относится и к ЭПС, только в них процессы обработки экономической информации называют экономическими информационными технологиями (ЭИТ).

Архитектура ЭПС, как модель взаимосвязи элементов экономических производственных систем, включает в себя логические, физические и программные компоненты и может выглядеть весьма разнообразно. Обычно сюда относят активные процессоры, пассивную периферию, коммутационную и сетевую аппаратуру, а также операционную систему и драйверы.

Информационная технология ЭПС как модель взаимодействия элементов ЭПС включает в себя совокупность технологий измерения, сбора, распределения и обработки, хранения и визуализации данных, объединенных с целью решения экономических задач. Информационную технологию ЭПС часто называют технологией обработки информации.

Иерархическая структура ЭПС

Части ЭПС		Слои ЭПС	
		№ п/п	Наименование компонентов
Статика	Архитектура или аппаратно-программная платформа (АПП)	1	Компьютеры и периферийное оборудование
		2	Коммуникационное оборудование
		3	Операционные системы и драйвера
Динамика	Информационные технологии (ИТ)	4	Сетевые приложения
		5	СУБД, базы данных и базы знаний
		6	Пакеты прикладных программ

Следующие программные компоненты входят в состав информационных систем:

- диалоговый ввод-вывод;
- операции манипулирования файлами и базами данных;
- логика диалога;
- логика управления данными;
- прикладная логика обработки данных.

Основные требования к компонентам технических средств ЭПС следующие.

1. Минимум расходов на приобретение и эксплуатацию.
2. Надежность, аппаратная и программная совместимость.
3. Соответствие стандартам безопасности.

Даже поверхностное рассмотрение ЭПС позволяет установить [1–4], что экономическая производственная система – сложный комплекс согласованно взаимодействующих (функционирующих) программных и аппаратных компонентов ЭПС. Наиболее сложные сочетания аппаратно-программных компонентов встречаются в сетевых вариантах ЭПС, а также в экономических Интернет-технологиях. Однако для пользователей прикладных информационных технологий все эти компоненты должны быть прозрачны.

Изучение производственных систем самого различного толка предполагает изучение состава и правил функционирования ее компонентов:

- компьютеров и периферийного оборудования,
- коммуникационного оборудования,
- операционных систем и драйверов;

} АПП

- сетевых приложений,
- СУБД, баз данных и баз знаний,
- пакетов прикладных программ.

} ИТ

Архитектура как концептуальная модель взаимосвязи элементов ЭПС, может быть представлена многослойной иерархической моделью как дескриптивно, так и в блок-схемной форме.

В основе архитектуры ЭПС лежит первый аппаратный слой стандартизованных компьютерных платформ. В настоящее время широко и успешно применяются компьютеры различных классов: от персональных компьютеров до мультимикропроцессорных профессиональных суперкомпьютеров, оснащенных развитой периферией. Набор компьютеров и периферийных устройств должен соответствовать набору задач, реализующих конкретную информационную технологию.

Второй слой – это коммуникационное оборудование. Хотя компьютеры и являются центральными элементами ЭПС, в последнее время не менее важную роль стали играть коммуникационные устройства. Системы связи, повторители, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и концентраторы из вспомогательных компонентов сети превратились в основные как по влиянию на характеристики сети, так и на ее стоимость. Сегодня коммуникационное устройство может представлять собой сложный микропроцессор, который нужно *конфигурировать, оптимизировать и администрировать*. Изучение принципов работы коммуникационного оборудования требует знакомства с большим количеством протоколов, используемых как в локальных, так и глобальных информационных технологиях.

Третьим слоем, образующим системную программную платформу информационной технологии, являются операционные системы (ОС). От того, какие концепции управления локальными и распределенными ресурсами положены в основу ОС, зависит эффективность информационной технологии. При проектировании информационной технологии важно учитывать, насколько просто данная операционная система может взаимодействовать с другими ОС компьютеров ИС, насколько она обеспечивает безопасность и защищенность данных, до какой степени она позволяет наращивать число пользователей, можно ли перенести ее на компьютер другого типа, а также многие другие причины.

Три вышеназванных слоя образуют АПП или иерархию ЭПС.

Информационная технология как концептуальная модель взаимодействия элементов ЭПС также может быть представлена различ-

ными иерархическими слоями в дескриптивной форме или на блок-схемном уровне.

Четвертым слоем распределенных производственных систем являются различные сетевые приложения (сетевые сервисы), такие как сетевые (распределенные) базы данных, почтовые системы, средства архивирования данных, системы автоматизации коллективной работы и др. Очень важно знать возможности, предоставляемые сетевыми приложениями для различных областей применения, а также знать, насколько они совместимы с другими приложениями и операционными системами.

Пятым слоем производственных систем являются базы данных и базы знаний, а также средства автоматизации работы с ними, такие как системы управления базами данных, конструкции клиент-сервер, серверы приложений, серверы ресурсов и т. д. Сюда же относят приложения измерения, сбора, распределения и временного хранения информации, объединенных с целью решения метрологических задач.

Шестым, самым верхним, слоем экономической информационной системы, являются ППП или приложения, которые собственно и реализуют **прикладные информационные технологии** в различных отраслях науки и техники. Это наиболее представительный слой из всех компонентов информационной технологии. Напомним, что это могут быть приложения всевозможных классов информационных технологий бизнеса.

Четвертый и пятый слой образуют информационную технологию, которая обычно состоит из нескольких прикладных информационных технологий.

Любая прикладная информационная технология реализуется совокупностью некоторых **частных технологий**. Так, процедуры измерения, оцифровки, сбора и временного хранения информации, объединенных с целью решения метрологических задач экономики, называют **измерительной технологией (ИзТ)**, а совокупность процедур приема-передачи и распределения информации, объединенных с целью передачи информации по сетям связи, называют **сетевой технологией (СТ)**. Полученная по каналам связи информация помещается с помощью **технологии хранения информации (ТХИ)** в базы данных. Процессы компьютерной обработки информации называют **технологией обработки данных (ТОД)**.

Перечисленные выше технологии образуют конкретную прикладную информационную технологию конкретной ЭПС. Следовательно,

$$\text{ПИТ} \equiv \{\text{ИзТ} + \text{СТ} + \text{ТХИ} + \text{ТОД}\}. \quad (1.1)$$

Компьютеры вместе с их операционными системами, а также сетевая и периферийная аппаратура совместно с их драйверами и протоколами образуют *аппаратно-программную платформу* (АПП) конкретной ЭПС, которая вместе с совокупностью ПИТ образует *экономическую информационную систему*. Следовательно,

$$\text{ЭПС} \equiv \text{АПП} + \Sigma \text{ПИТ}. \quad (1.2)$$

В зависимости от предназначенности может существовать множество экономических производственных систем и множество прикладных (проблемных) экономических информационных технологий.

1.5. Производственная система как особая модель объекта экономики

Формализацию любой ИС [5, 6], в том числе и экономической, можно выполнять с использованием логических, а не аппаратно-программных компонентов данной ИС. *Логической структурой конкретной ИС будем считать совокупность ее взаимосвязанных и взаимодействующих логических элементов, объединенных с определенной целью.* Одним из таких логических элементов ИТ являются конструкции *клиент-сервер*.

Как правило, компьютеры и программы, входящие в состав современных информационных систем, не являются равноправными. Некоторые из них владеют и управляют ресурсами (файловая система, принтер, база данных и т. д.), другие имеют возможность только обращаться к этим ресурсам.

Компьютер или программу, управляющие ресурсом, называют сервером ресурса (файл-сервер, сервер базы данных, вычислительный сервер), а *компьютер или программу, которые могут только обращаться к ресурсу, называют клиентами этого ресурса.* Клиент и сервер какого-либо ресурса могут находиться как в рамках одной информационной системы, так и в различных частях ЭПС, связанных между собой сетью.

В настоящее время информационные технологии с использованием двухзвенной конструкции *клиент-сервер* являются основным спосо-

бом обработки данных в информационных системах различного назначения. Это касается и экономических информационных технологий с их набором пакетов прикладных программ для обработки экономической информации.

Основной принцип действия логического элемента *клиент-сервер* заключается в разделении прикладной информационной технологии на шесть функций (табл. 1.1).

Следовательно, в формальной модели ЭИТ, использующей информационную технологию типа *клиент-сервер* выделяют три компонента прикладной информационной технологии (табл. 1.1).

Связь между этими компонентами осуществляется по определенным правилам, которые называют ***протоколом взаимодействия***. В качестве такого протокола для двухзвенной структуры клиент-сервер используют структурированный язык запросов SQL (structured query language).

В том случае, когда информационная система объединяет достаточно большое количество различных информационных ресурсов и серверов приложений, возникает вопрос об оптимальном управлении всеми ее компонентами. В этом случае используют трехзвенные конструкции ***клиент – сервер приложений – сервер ресурсов***.

Для их реализации требуются специализированные средства-мониторы обработки транзакций (часто их называют просто «мониторы транзакций»). При этом понятие транзакции расширяется по сравнению с используемым термином в теории баз данных. В данном случае это *не атомарное действие над базой данных, а любое действие* в системе – выдача сообщения, запись в индексный файл, печать отчета и т. д.

Для общения прикладной программы с монитором транзакций используется специализированный API (Application Program Interface) – интерфейс прикладного программирования, который реализуется в виде библиотеки, содержащей вызовы основных функций (установить соединение, вызвать определенный сервис и т. д.). Серверы приложений (сервисов) также создаются с помощью этого API. Каждому сервису присваивается уникальное имя. Монитор транзакций, получив запрос от прикладной программы, ранее активизированной клиентом, передает вызов соответствующему приложению (если тот не запущен, порождает необходимый процесс). После обработки запроса сервером приложений он возвращает результаты клиенту. Для взаимодействия

серверов приложений с серверами баз данных разработан протокол ХА. Наличие такого унифицированного интерфейса позволяет использование в рамках одного приложения нескольких различных СУБД.

Следует обратить внимание на следующие аспекты.

1. Экономическая производственная система (ЭПС), как и любая другая техническая или социальная система, определяется как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, объединенных в некоторую структуру с целью обеспечения экономической деятельности наилучшим способом.

2. Классификацию ЭПС осуществляют по следующим критериям: масштаб, сфера применения, способ организации, степень сложности системы и ее детерминированности.

3. Основу построения и функционирования ЭПС составляют: компоненты представления клиента, прикладные компоненты приложения (сервиса), компоненты управления ресурсом.

4. ЭПС характеризуется архитектурой (статикой аппаратно - программных компонентов) и информационной технологией (динамикой или технологиями обработки информации).

5. ЭПС как особая модель объекта экономики характеризуется логической структурой конкретной системы, т.е. представляет совокупность ее взаимосвязанных и взаимодействующих логических элементов, объединенных с определенной целью.

6. Развитие, зрелость и деградация экономических производственных систем соответствуют этапам жизненного цикла ЭПС.

Контрольные вопросы

1. Какие понятия являются одними из фундаментальных понятий общей теории систем (ОТС)?

2. Понятие система происходит от греческого слова Systema. Что оно означает?

3. Понятие элемент происходит от латинского слова Elementarius. Что оно означает?

4. Какие системы входят в классификацию?

5. Что понимается под концепцией?

6. Что понимается под парадигмой?

7. Что являлось парадигмой формализации производственных систем до 90-х годов?

8. Что является парадигмой современной формализации информационных систем?
9. Что понимается под термином системный подход?
10. Что понимается под термином физикализм, или физико-математический подход?
11. Что входит в ансамбль обязательных принципов (требований) анализа и синтеза систем?
12. Экономическая производственная система (ЭПС).
13. Информационные системы – это какие системы?
14. Какая система определяется как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, объединенных в некоторую структуру с целью обеспечения экономической деятельности наилучшим способом?
15. На какие группы по масштабу ЭПС подразделяются?
16. Какие ЭПС реализуются, как правило, на автономном персональном компьютере (ПК)?
17. Какие ЭПС ориентированы на коллективное использование информации членами рабочих групп и чаще всего строятся на базе локальной вычислительной сети (ЛВС)?
18. Какие ЭПС являются развитием систем для рабочих групп, ориентированы на крупные компании и могут поддерживать территориально разнесенные узлы или сети?
19. По сфере применения системы подразделяются на какие группы?
20. По способу организации ЭПС подразделяются на какие группы на основе архитектуры, состоящей из каких компонентов?
21. Какие системы не поддаются математическому описанию?
22. На какие подгруппы по сфере применения системы группа обработки транзакций подразделяется?
23. По сфере применения системы группа принятия решений подразделяется на какие подгруппы?
24. По сфере применения системы группа информационно-справочные подразделяется на какие подгруппы?
25. По сфере применения системы группа офисные подразделяется на какие подгруппы?
26. Какие системы, имеющие простую структуру и легко поддающихся математическому описанию, могут быть реализованы без использования ЭВМ?
27. Какие системы имеют много внутренних связей и сложное математическое описание, реализуемое на ЭВМ?

28. Какими по степени сложности бывают системы?
29. Как делятся системы по признаку непрерывности?
30. К каким классам систем относится ЭВМ?
31. К каким классам относится предприятие в целом, включая все его технические, экономические, административные и социальные характеристики?
32. К каким классам относится система материально-технического снабжения на предприятии?
33. Каковы функции ЭПС?
34. Назовите компоненты ЭПС.
35. Что такое состояние системы?
36. Что называется пространством состояний?
37. Движение (поведение, динамика) системы – это что?
38. Если переход системы из одного состояния в другое происходит без прохождения каких-либо промежуточных состояний, то как называется система?
39. Если при переходе между любыми двумя состояниями система обязательно проходит через промежуточное состояние, которых достаточно много, то как она называется?
40. Какой из режимов движения системы именуется равновесным?
41. Какой из режимов движения системы именуется переходным?
42. Какой из режимов движения системы именуется периодическим?
43. Какой из режимов движения системы именуется аperiodическим?
44. Какой из режимов движения системы именуется эргодическим?
45. Какой из режимов движения системы именуется установившимся или стационарным?
46. Каково строение экономических информационных систем?
47. Архитектура ЭПС.
48. Информационная технология ЭПС.
49. В основе архитектуры ЭПС лежат какие слои?
50. Информационная технология как концептуальная модель взаимодействия элементов ЭПС может быть представлена какими иерархическими слоями?
51. Какие компоненты характеризуют ЭПС как особую модель объекта экономики?
52. Какой структурой конкретной ИС будем считать совокупность ее взаимосвязанных и взаимодействующих логических элементов, объединенных с определенной целью?

2. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СИСТЕМ

2.1. Процессы жизненного цикла производственных процессов и систем

Любую организацию можно рассматривать как совокупность взаимодействующих элементов (подразделений), каждый из которых может иметь свою достаточно сложную структуру. Взаимосвязи между подразделениями также достаточно сложны. В общем случае можно выделить три вида связей между подразделениями предприятия:

- *функциональные* – каждое подразделение выполняет определенные виды работ в рамках единого бизнес-процесса;
- *информационные* – подразделения обмениваются информацией (документами, факсами, письменными и устными распоряжениями и т. п.);
- *внешние* – некоторые подразделения взаимодействуют с внешними системами, причем их взаимодействие может быть как информационным, так и функциональным.

Процесс разработки ЭПС может быть рассмотрен с двух точек зрения.

1. По содержанию действий разработчиков – *статический* аспект: исполнители, действия, последовательность действий и т.п.

2. По времени или по стадиям *жизненного цикла* – *динамический* аспект: циклы, стадии, итерации, этапы и т.п.

ЭПС разрабатывается как проект. *Проект* – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с изначально четкими целями, достижение которых определяет завершение проекта, а также с установленными требованиями к срокам, результатам, риску, рамкам расходования средств и ресурсов и к организационной структуре (рис. 2.1).

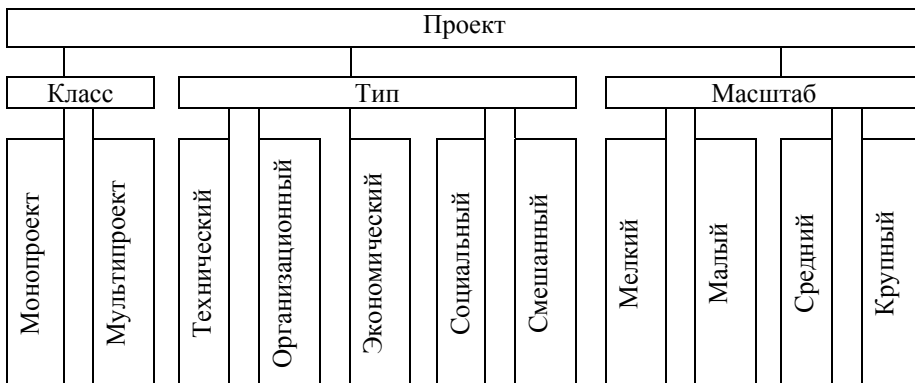


Рис. 2.1. Классификация проектов

Каждый проект, независимо от сложности и объема работ, необходимых для его выполнения, проходит в своем развитии определенные состояния, когда «проекта еще нет» до того состояния, когда «проекта уже нет». Совокупность ступеней развития от возникновения идеи до полного завершения проекта принято разделять на фазы, стадии или этапы. Выделяют пять основных фаз проектирования производственной системы (рис. 2.2).

Главным содержанием на первой фазе является определение проекта и разработка его концепции. Основным содержанием на второй фазе является разработка технического предложения и переговоры с заказчиком о заключении контракта. На третьей фазе определяются подсистемы, их взаимосвязи, выбираются наиболее эффективные способы выполнения проекта и использования ресурсов. На четвертой фазе производится координация и оперативный контроль по проекту, осуществляется изготовление подсистем, их объединение и тестирование. На последней фазе производятся испытания, опытная эксплуатация системы в реальных условиях, ведутся переговоры о результатах выполнения проекта и о возможных новых контрактах.

Начальные фазы проекта имеют существенное влияние на достигаемые результаты, так как в них принимаются основные решения, определяющие качество информационной системы. При этом обычно 30 % вклада в конечный результат проекта вносят фазы концепции и предложения, 20 % – фаза проектирования, 20 % – фаза изготовления, 30 % – фаза сдачи объекта и завершения проекта.

Концептуальная фаза	• Формирование идеи, постановка целей • Формирование ключевой команды проекта • Изучение мотивации и требований заказчика и других участников • Сбор исходных данных и анализ существующего состояния • Определение основных требований и ограничений, требуемых материальных, финансовых и трудовых ресурсов • Сравнительная оценка альтернатив • Представление предложений, их экспертиза и утверждение
Разработка технического предложения	• Разработка основного содержания проекта, базовой структуры проекта • Разработка и утверждение технического задания • Планирование, декомпозиция базовой структуры модели проекта • Составление сметы и бюджета проекта, определение потребности в ресурсах • Разработка календарного плана и укрупненных графиков работ • Подписание контракта с заказчиком • Ввод в действие средств коммуникаций участников проекта и контроля за ходом работ
Проектирование	• Выполнение базовых проектных работ • Разработка частных технических заданий • Выполнение концептуального проектирования • Составление технической спецификаций и инструкций • Предоставление проектной разработки, экспертиза и утверждение
Разработка	• Выполнение работ по разработке программного обеспечения • Выполнение подготовки к внедрению системы • Контроль и регулирование основных показателей проекта
Ввод системы в эксплуатацию	• Комплексные испытания • Подготовка кадров для эксплуатации создаваемой системы • Подготовка рабочей документации, сдача системы заказчику и ввод ее в эксплуатацию • Сопровождение, поддержка, сервисное обслуживание • Оценка результатов проекта и подготовка итоговых документов • Разрешение конфликтных ситуаций и закрытие работ по проекту • Накопление опытных данных для последующих проектов, анализ опыта, состояния, определение направлений развития

Рис. 2.2. Классификация фаз проектирования

Отдельно выделяют четыре стадии разработки производственных систем (рис. 2.3).

Начальная	• Определение области применения и граничных условий • Идентификация всех внешних объектов, с которыми должна взаимодействовать система и характер этого взаимодействия • Идентификация всех функциональных возможностей системы и описание их • Определение критериев успеха разработки • Оценка риска • Оценка ресурсов, необходимых для выполнения разработки • Календарный план с указанием сроков завершения основных этапов
Уточнения	• Анализ прикладной области • Разработка архитектурной основы информационной системы • Описание функциональных возможностей системы • Учет взаимосвязи между составляющими системы • Анализ архитектурных решений и способов устранения главных элементов риска, содержащихся в проекте
Конструирования	• Разработка законченного изделия, готового к передаче пользователю • Определение работоспособности разработанного программного обеспечения
Перехода	• Передача разработанного программного обеспечения пользователю • Эксплуатация разработанной системы в реальных условиях • Обнаружение ошибок и недоработок • Внесение корректив в разработанный продукт • Оценка результатов проекта и подготовка итоговых документов

Рис. 2.3. Классификация стадий проектирования

Понятие жизненного цикла является одним из базовых методологии проектирования производственных систем [3]. Жизненный цикл производственных систем представляет собой непрерывный процесс, начинающийся с момента принятия решения о создании ЭПС и заканчивающиеся в момент полного изъятия ее из эксплуатации.

Существует международный стандарт, регламентирующий жизненный цикл производственных систем – ISO/IEC 12207¹.

Стандарт ISO/IEC 12207 определяет структуру жизненного цикла, содержащую процессы, действия и задачи, которые должны быть вы-

¹ ISO – International Organization of Standardization (международная организация по стандартизации). IEC – International Electromechanical Commission (международная комиссия по электротехнике).

полнены при создании информационных систем. Согласно данному стандарту структура жизненного цикла основывается на трех группах процессов:

- основные процессы жизненного цикла (приобретение, поставка, разработка, эксплуатация, сопровождение);
- вспомогательные процессы жизненного цикла, обеспечивающие выполнение основных процессов (документирование, управление конфигурацией, обеспечение качества, верификация², аттестация, оценка, аудит, разрешение проблем);
- организационные процессы жизненного цикла (управление проектами, создание инфраструктуры проекта, определение, оценка и улучшение самого жизненного цикла, обучение).

2.2. Структура жизненного цикла производственных процессов и систем

Полный жизненный цикл производственной системы включает в себя, как правило, стратегическое планирование, анализ, проектирование, реализацию, внедрение и эксплуатацию. В общем случае жизненный цикл можно разбить на пять этапов (рис. 2.4).

1. Анализ требований заказчика.
2. Проектирование.
3. Разработка.
4. Тестирование и опытная эксплуатация.
5. Сдача готовой продукции.

На первом этапе производится исследование проблемы, которая должна быть решена, четко формулируются все требования заказчика. Результатом, полученным на данном этапе, является техническое задание (ТЗ), согласованное со всеми заинтересованными сторонами.

На втором этапе разрабатываются проектные решения, удовлетворяющие требованиям ТЗ. Результатом, полученным на данном этапе, является комплект проектной документации (ПД), содержащий все необходимые данные для реализации проекта.

² Верификация – это процесс определения соответствия текущего состояния разработки, достигнутого на данном этапе, требованиям этого этапа.

Анализ	• Исследование проблемы, которая должна быть решена • Формирование требований заказчика • Разработка технического задания (ТЗ) или задания на разработку • Согласование ТЗ со всеми заинтересованными сторонами
Проектирование	• Разработка проектных решений, удовлетворяющих всем требованиям, сформулированным в ТЗ • Разработка комплекта проектной документации (ПД), содержащей все необходимые данные для реализации проекта
Разработка	• Разработка программного обеспечения, удовлетворяющее всем требованиям, сформулированным в ПД • Разработка готового программного продукта (ПП)
Тестирование	• Проверка ПП на предмет соответствия, заявленным в ТЗ • Выполнение подготовки к внедрению производственной системы (ПС)
Сдача	• Доказать заказчику, что все его требования выполнены • Сдача готового продукта заказчику

Рис. 2.4. Классификация этапов проектирования

На третьем этапе производится разработка программного обеспечения в соответствии с ПД. Методы, используемые для реализации, не имеют принципиального значения. Результатом, полученным на данном этапе, является готовый программный продукт (ПП).

На четвертом этапе производится проверка ПП на предмет соответствия требованиям ТЗ. Опытная эксплуатация позволяет выявить различного рода скрытые недостатки, проявляющиеся в реальных условиях работы информационной системы. Результатом этого является ЭПС, готовая к внедрению.

На пятом этапе производится сдача ЭПС. Главная задача этого этапа – убедить заказчика, что все его требования реализованы в полной мере. Результат – передача ЭПС заказчику. Затем осуществляется сопровождение ЭПС.

2.3. Модели жизненного цикла производственных процессов и систем

Моделью жизненного цикла ЭПС служит некоторая структура, определяющая последовательность осуществления процессов, действий и задач, выполняемых на протяжении жизненного цикла информационной системы, а также взаимосвязи между этими процессами, действиями и задачами. Стандарт ISO/IEC 12207 не конкретизирует в деталях методы реализации и выполнения действий и задач, входящих в процессы жизненного цикла ЭПС, а лишь описываются структуры этих процессов, так как регламенты стандарта являются общими для любых моделей жизненного цикла, методологий и технологий разработки. К настоящему времени в практике наибольшее распространение получили следующие две основные модели жизненного цикла:

- 1) каскадная модель («водопад»);
- 2) спиральная модель.

2.4. Каскадная модель жизненного цикла производственных процессов и систем

Каскадная модель (рис. 2.5) демонстрирует классический подход к разработке различных систем в любых прикладных областях и выделяет пять устойчивых этапов разработки (см. раздел 2.3).

Каскадная модель предусматривает последовательную организацию работ. При этом основной особенностью является разбиение всей разработки на этапы, причем переход с одного этапа на следующий происходит только после того, как будут полностью завершены работы на предыдущем этапе. Каждый этап завершается выпуском полного комплекта документации, достаточного для того, чтобы разработка могла быть продолжена другой командой разработчиков.

Этапы работ в рамках каскадной модели называют частями «проектного цикла» системы, так как они состоят из многих итерационных процедур уточнения требований к системе и вариантов проектных решений. Жизненный цикл самой системы – существенно сложнее и больше. Он может включать в себя произвольное число уточнений, изменений и дополнений уже принятых и реализованных проектных решений. В этих циклах происходит развитие ЭПС и модернизация отдельных ее компонентов.

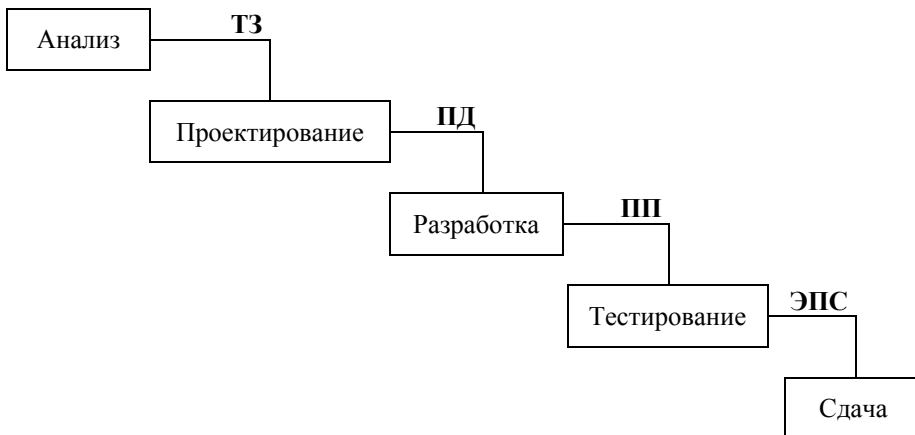


Рис. 2.5. Каскадная модель жизненного цикла ЭПС

Основные достоинства каскадной модели

1. На каждом этапе жизненного цикла ЭПС формируется законченный набор проектной документации, отвечающий критериям полноты и согласованности.

2. На заключительных этапах разрабатывается пользовательская документации, охватывающая все виды обеспечений (см. раздел 1.1).

3. Выполняемые в логической последовательности этапы работы позволяют планировать сроки завершения и соответствующие затраты.

Основные недостатки каскадной модели:

- 1) существенная задержка получения результатов;
- 2) ошибки и недоработки на любом из этапов выясняются, как правило, на последующих этапах работы, что приводит к необходимости возврата на предыдущие стадии;
- 3) сложность распараллеливания работ по проекту;
- 4) чрезмерная информационная перенасыщенность каждого из этапов;
- 5) сложность управления проектом;
- 6) высокий уровень риска и ненадежность инвестиций.

2.5. Спиральная модель жизненного цикла технологических процессов и систем

Спиральная модель (рис. 2.6) в отличие от каскадной (рис. 2.5) предполагает итерационный процесс разработки ЭПС. При этом возрастает значение начальных этапов, таких как анализ и проектирование. На этих этапах проверяется и обосновывается реализуемость технических решений путем создания прототипов.

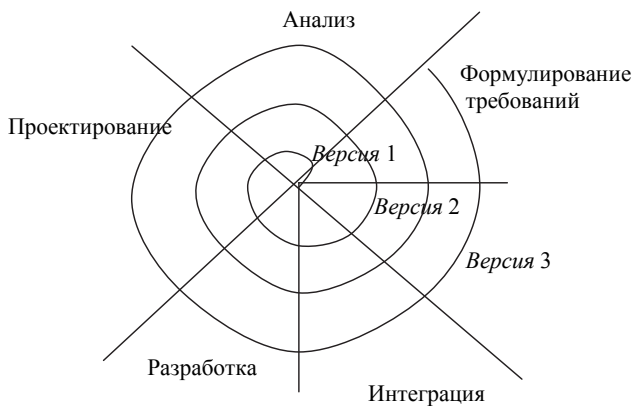


Рис. 2.6. Спиральная модель жизненного цикла ЭПС

Каждая итерация представляет собой законченный цикл разработки, приводящий к выпуску внутренней или внешней версии изделия (или подмножества конечного продукта), которое совершенствуется от итерации к итерации, чтобы стать законченной системой (рис. 2.6).

Использование спиральной модели позволяет осуществлять переход на следующий этап жизненного цикла, не дожидаясь полного завершения работ на текущем – недоделанную работу можно будет выполнить на следующей итерации. Главная задача каждой итерации – как можно быстрее создавать работоспособный продукт, который можно показать пользователям ЭПС, что существенно упрощает процесс внесения уточнений и дополнений.

Основные достоинства спиральной модели заключаются в следующем.

1. Итерационная разработка существенно упрощает внесение изменений в проект при изменении требований заказчика.

2. При использовании спиральной модели отдельные элементы ЭПС интегрируются в единое целое постепенно.

3. Уменьшение уровня риска.

4. Итерационная разработка обеспечивает большую гибкость управления проектом и дает возможность внесения тактических изменений в разрабатываемое изделие.

5. Итерационный подход упрощает повторное использование компонентов.

6. Спиральная модель позволяет получить более надежную и устойчивую ЭПС.

7. Итерационный подход позволяет совершенствовать процесс разработки – анализ, проводимый в конце каждой итерации, дает возможность производить оценку того, что должно быть изменено в организации разработки, и улучшить ее на следующей итерации.

Кроме достоинств спиральная модель имеет и некоторые недостатки.

1. Основная проблема спиральной модели – определение момента перехода на следующий виток.

2. Временные ограничения на каждом этапе жизненного цикла.

3. Трудности в планировании работ.

При этом следует обратить внимание на следующие аспекты.

1. Жизненный цикл производственных систем представляет собой непрерывный процесс, начинающийся с момента принятия решения о создании ЭПС и заканчивающиеся в момент полного изъятия ее из эксплуатации.

2. В общем случае жизненный цикл можно разбить на пять этапов: анализ, проектирование, разработка, внедрение и сопровождение.

3. Каскадная модель жизненного цикла ЭПС – это последовательный подход к разработке различных систем в любых прикладных областях.

4. Спиральная модель предполагает итерационный процесс разработки ЭПС.

5. Процесс разработки ЭПС представляет собой непрерывный процесс операций над единицами информации.

Контрольные вопросы

1. Что такое жизненный цикл информационных систем?

2. На каких группах процессов основывается структура жизненного цикла?

3. Приобретение, поставка, разработка, эксплуатация, сопровождение – это что?

4. Документирование, управление конфигурацией, обеспечение качества, верификация, аттестация, оценка, аудит, разрешение проблем – это?

5. Управление проектами, создание инфраструктуры проекта, определение, оценка и улучшение самого жизненного цикла, обучение.

6. Какие этапы включает в себя полный жизненный цикл информационной системы?

7. На каком этапе производится исследование проблемы, которая должна быть решена, четко формулируются все требования заказчика?

8. На каком этапе разрабатываются проектные решения, удовлетворяющие требованиям техническим заданием?

9. На каком этапе производится разработка программного обеспечения в соответствии с проектной документацией?

10. На каком этапе производится проверка ПП на предмет соответствия требованиям ТЗ и опытная эксплуатация позволяет выявить различного рода скрытые недостатки, проявляющиеся в реальных условиях работы информационной системы?

11. В чем состоит главная задача такого этапа – убедить заказчика, что все его требования реализованы в полной мере?

12. Какие модели жизненного цикла получили большее распространение?

13. Какая модель демонстрирует классический подход к разработке различных систем в любых прикладных областях?

14. Использование какой модели позволяет осуществлять переход на следующий этап жизненного цикла, не дожидаясь полного завершения работ на текущем?

15. Какая модель предусматривает последовательную организацию работ?

16. Назовите основные достоинства каскадной модели.

17. Перечислите основные недостатки каскадной модели.

18. В чем заключаются основные достоинства спиральной модели?

19. Каковы основные недостатки спиральной модели?

3. ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ

3.1. Детализация представлений производственных процессов и систем

Процесс научного отображения предметов, объектов и явлений первой природы через гносеологический образ, создаваемый в сознании исследователя, принято называть формализацией объекта исследования, а отображение предметов второй природы – моделированием [5, 6, 19–21]. Сразу же отметим, что термины «формализация» и «моделирование» являются синонимами и используются неравнозначно только тогда, когда речь идет об объектах первой и об объектах второй природы одновременно. В результате формализации создаются концепты и формализмы (абстрактные математические объекты), а в процессе моделирования – концептуальные, математические, проектные, физические и прочие модели. Научно-теоретической основой *умозрительных* концептов, формализмов и моделей является математика. Другими словами, *процессы формализации и моделирования есть процессы математизации.*

Изучение процессов формализации и моделирования дает полное представление о роли и значении математики в научно-теоретической и практической деятельности человека в области анализа, синтеза и создания различных систем, в том числе и экономических информационных систем.

Современная методология науки выделяет три способа математизации знаний: математическая обработка эмпирических данных, формализация или моделирование объектов исследования и создание фундаментальных и прикладных математических теорий (рис. 3.1).

Первый способ – это математическая (количественная) обработка эмпирических (экспериментальных) данных. Это способ выявления и выделения чисто функциональных феноменологических взаимосвязей (законов, корреляций) между входными сигналами (входами $\bar{X} = \{x_j : j = \overline{1, n}\}$) и выходными реакциями (откликами $\bar{Y} = \{y_i : i = \overline{1, m}\}$) на уровне объекта (процесса), которые наблюдают в природе или в экспериментах с объектами-оригиналами Σ^0 . Этот способ математизации имеет место в любой науке и может быть определён как способ первичной **обработки эмпирического материала**. Заметим, что эмпирический материал может быть детерминированным, стохастическим или нечетким.



Рис. 3.1. Методы аналитического процесса формализации

Второй способ математизации знаний определяется как модельный. При этом способе некоторые объекты и процессы выделяются (рас-

смаатриваются) в качестве основных, базовых (назовем их оригиналами), а свойства других объектов или процессов исследования (назовем их моделями) объясняются или выводятся исходя из значений первых. При модельном способе математизации знаний с помощью математического моделирования осуществляется теоретическое отображение (теоретическая реконструкция) некоторого исследуемого объекта-оригинала в другой объект – математическую модель оригинала. Построенная модель может выступать объектом-оригиналом для построения модели второго уровня декомпозиции и т. д. Сюда, например, можно отнести **информационные модели экономических систем**.

Третий способ – это способ создания относительно полной математической теории объектов и систем, процессов и явлений данного типа определенной предметной области знаний. Этот способ предполагает существование логически полной системы понятий аксиоматики, теорем и следствий. Математическая теория дает методологию и язык (алфавит и синтаксис), пригодные для описания объектов и систем, явлений и процессов различного назначения. Так, например, выглядит **теория экономических систем**.

Нетрудно заметить, что экономико-математические модели всегда выступают в качестве основы построения информационных моделей экономических систем. Другими словами, экономические информационные системы могут строиться только на базе абстрактных экономико-математических моделей реальных экономических систем.

С позиций теории моделирования экономические информационные системы – есть отображение в информационное пространство экономических систем, которые, в свою очередь, являются отображением в экономическое пространство реальных социотехнических систем. Попутно отметим, что к социотехническим (социально-техническим) системам относят концерны, крупные, средние и мелкие предприятия отраслей промышленности, транспорта, строительства, выпускающие продукцию, товары и оказывающие различные услуги.

Экономические системы всегда сложнее и содержательнее технических, поскольку в них на материальные и энергетические потоки накладываются финансовые потоки, документопоток и человеческий фактор. Любым из перечисленных потоков необходимо управлять. Однако управление невозможно без **информации** о протекании этих потоков. Поэтому в экономической системе тем или иным способом должен быть организован информационный поток, представляющий

собой знание (или незнание) ситуаций, свершившихся событий и наступивших состояний по каждому отдельно взятому потоку и в целом всей совокупности протекающих в системе потоков.

Отображение эмпирических потоков и ресурсов экономического пространства в информационном пространстве называется информационной моделью наблюдаемой экономической системы.

Информационные модели экономических систем служат базисом производственных систем и технологий, которые, в свою очередь, необходимы, например, для оптимального или адаптивного управления экономическими системами. В экономических системах, кроме управления функциональным техническим оборудованием, нужны еще менеджмент (оперативное управление экономикой предприятия), бизнес-планирование (краткосрочное, среднесрочное и стратегическое), маркетинг (снабжение сырьем, полуфабрикатами, энергией и управление запасами), коммерция (сбыт продукции, товаров и услуг), управление эксплуатационной надежностью оборудования, управление качеством выпускаемой продукции, управление персоналом, охрана и страхование имущества и недвижимости предприятия.

Необходимо отметить, что теория формализации и моделирования систем вообще и ***теория моделирования экономических систем*** в частности междисциплинарна и состоит из различных теорий и методов. Поскольку любая формальная (концептуальная, математическая, проектная или физическая) модель системы всегда ***дуальна*** (может выступать как результат или как средство исследования), то возникли и успешно развиваются два сравнительно самостоятельных научных направления: теория экономико-математического моделирования и теория принятия экономических решений.

Теория экономико-математического моделирования содержит основные методы создания систем управления во всех бизнес-сферах деятельности человека и является научно-обоснованным методом оценки характеристик (параметров) сложных экономических систем. Теория экономико-математического моделирования базируется на классификации методов математического моделирования. Среди этих методов наибольшей популярностью пользуются методы моделирования с помощью общей теории систем, методы формализации атрибутивных свойств концептуально представленных экономических систем и методы моделирования экономических систем с помощью теории шкал.

Теория принятия экономических решений, изначально возникшая как исследование операций в экономике, ныне называется математической теорией выбора. Теория принятия решений базируется на моделях задач научного исследования экономических систем. В ней в основном рассматриваются шесть типов моделей задач исследования систем. Это детерминированные, стохастические (вероятностные) и неколичественные (нечеткие) модели в разделах непрерывной и дискретной математики. Ниже будут рассмотрены некоторые методы решения задач, например задач оперативного управления, планирования и прогнозирования экономических процессов.

Как разновидность теории моделирования экономических систем в последнее время появилось новое научное направление – **компьютерное моделирование экономических систем**. Оно предполагает использование специализированного программного обеспечения, с помощью которого можно автоматизированно строить модели исследуемых экономических систем.

Рассмотрим некоторые другие категории теории формализации и моделирования.

Число – основное понятие математики, содержание которого менялось в разные исторические эпохи. Оно возникло в древнейшие времена как результат счета натуральных предметов. В итоге последовательных обобщений (целые, дробные, отрицательные, рациональные, иррациональные, мнимые числа и т. д.) возникло наиболее общее понятие комплексного числа, включающего в себя все предыдущие. Дальнейшие обобщения понятия числа приводят к **гиперкомплексным** (с конечным числом комплексных элементов), **трансфинитным** (порядковое число бесконечного множества) и **трансцендентным** (неалгебраическое число) числам. Когда речь идет просто о числе, то эти суперобобщения в виду не имеют. Подробно понятие числа, разнообразие чисел и их обобщение изучаются в теории чисел.

Множество – объединение в единое целое определенных вполне различных предметов (называемых элементами множества) либо объединение предметов по указанию их характеристического свойства. Изучением разнообразия множеств, их сходства и различий, а также отношений элементов внутри множеств занимается теория множеств (см. раздел 3.3.2).

Пространство – логически мыслимая структура, служащая средой, в которой создаются (осуществляются) другие логические структуры

или те или иные конструкции, а также фиксируются отношения между ними. Многообразие пространств, их содержание и процедуры, совершаемые в этих пространствах, изучаются в теории пространств. Из всего многообразия пространств нас будут интересовать аффинные (точечные пространства с присоединением векторных пространств), метрические (точечные множества с определенной на них метрикой) и нормированные (векторные пространства, в которых для любого элемента определена норма).

Информационное пространство – это форма существования информационных систем, характеризующаяся структурностью, протяженностью и дифференцированностью.

Связь между числами, множествами и пространствами. Наиболее интересный аспект стыка теории множеств и теории пространств устанавливает логический переход от множества качественных (неколичественных) свойств элементов к их количественному (численному) определению. В частном случае пространство есть множество, наделенное метрикой или нормой. При этом *метрика* есть неотрицательная функция $\varphi(x, y)$ двух точек множества, удовлетворяющая системе из трех условий:

$$\begin{cases} j(x, y) = 0 \text{ при } x = y, \\ j(x, y) + j(y, z) = j(x, z), \\ j(x, y) = j(y, x). \end{cases} \quad (3.1)$$

Норма – есть неотрицательное число $\|x\|$, сопоставляемое каждому элементу x векторного пространства и удовлетворяющее следующим условиям:

$$\begin{cases} \|x\| = 0 \text{ только при } x = 0, \\ \|kx\| = |k| \|x\|, \text{ где } k - \text{любой скаляр}, \\ \|x + y\| = \|x\| + \|y\|. \end{cases} \quad (3.2)$$

Модель – это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте. При моделировании используется аналогия между объектом-оригиналом и объектом-моделью.

Типы моделей:

- физическая (портретная);
- аналоговая (график, схема (рис. 3.2));
- математическая (формула).

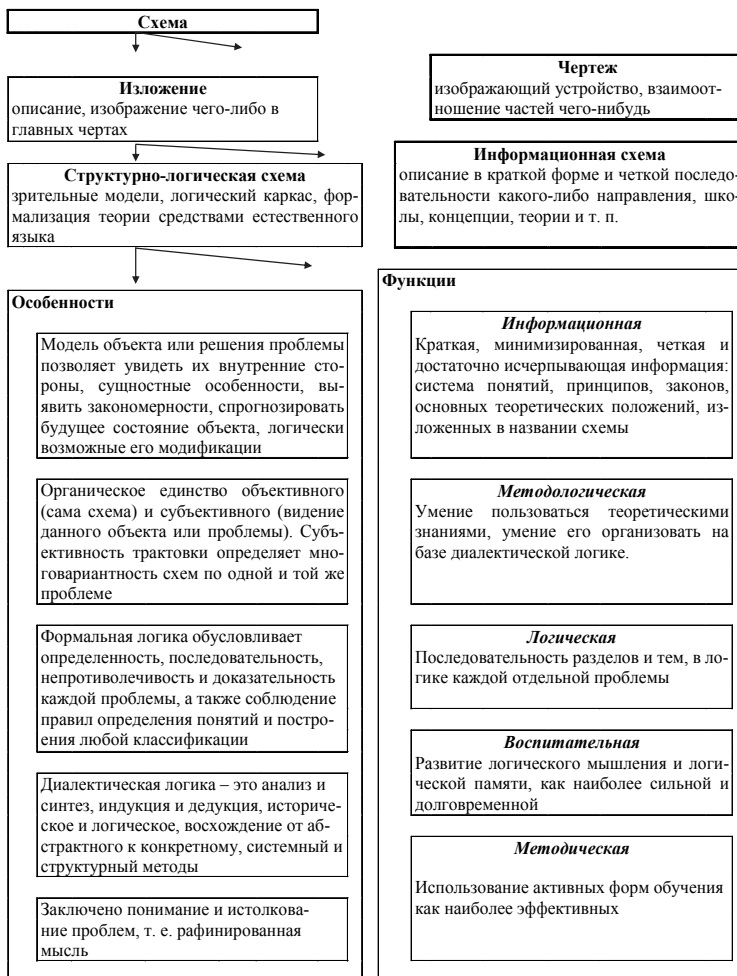


Рис. 3.2. Схема изложения материала в виде информационных и структурно-логических схем

Математическая модель – это формальная система, представляющая собой конечное собрание символов и совершенно строгих правил оперирования этими символами в совокупности с интерпретацией свойств определенного объекта некоторыми отношениями, символами или константами.

Как следует из приведенного определения, конечное собрание символов («алфавит») и совершенно строгие правила оперирования этими символами («грамматика» и «синтаксис») приводят к формированию **абстрактных математических объектов (АМО)**.

Интерпретация в математическом моделировании – это процесс преобразования абстрактного математического объекта (АМО) в математическую модель (ММ) конкретного объекта. Она осуществляется на основе отображения непустого информационного множества данных и знаний, определяющего АМО и называемого областью интерпретации, в кообласть – информационное множество данных, наделенное метрикой и/или нормой, определяемое предметной областью исследования объекта моделирования и называемое пространством значений интерпретантов. Именно интерпретация, придавая **численные значения** элементам абстрактного математического выражения, делает последнее математической моделью реального объекта.

Математические модели реализуются с помощью ЭВМ. Смысл математического моделирования заключается в том, что эксперименты проводятся не с реальной физической моделью объекта, а с его описанием, которое помещается в память ЭВМ вместе с программами, реализующими изменения показателей объекта, предусмотренные этим описанием.

С математической моделью производят машинные эксперименты: меняют те или иные показатели, т. е. изменяют состояние объекта и регистрируют его поведение в новых условиях. Часто поведение объекта с помощью ЭВМ имитируется во много раз быстрее, чем на самом деле. Математическую динамическую модель называют **имитационной моделью**.

Формальное описание исследуемого объекта является важнейшим звеном математического моделирования. Вначале исследуемый объект разбивается на отдельные части и элементы, определяются их показатели, связи между ними и взаимодействия (финансовые, механические, конструктивные, энергетические, информационные). В результате объект оказывается представленным в виде концептуальной модели си-

стемы. При этом очень важно учесть все, что имеет значение для той практической задачи, в которой возникла потребность в математическом моделировании, и вместе с тем не переусложнить модель системы.

3.2. Концептуальное моделирование

Разработка технических средств и программных комплексов экономических производственных систем требует математического моделирования всех ее компонентов. Обзор многочисленной научно-технической литературы по проблемам математического, в том числе концептуального, моделирования позволяет утверждать, что общего подхода в этом вопросе пока не существует, а проблемы концептуального моделирования систем решаются выборочно или не решаются вообще.

Однако многие ученые в области моделирования единодушны в том, что концептуальные модели как смысловые структуры компонентов систем и их отношений для любых предметных областей знаний весьма полезны и эффективны. Они позволяют существенно формализовать технологию разработки математических моделей, с помощью которых затем синтезируются основные элементы систем и разрабатываются комплексы программ, реализующие прикладные информационные технологии, например экономические информационные технологии.

Теоретические основы любых экономических систем предполагают обязательное существование **концепции** систем данного класса. И хотя главными компонентами концепции любой социотехнической системы являются цель ее создания и достигнутый или ожидаемый результат, все же анализ концепции системы, как первый этап ее исследования, всегда присутствует. Он касается конструкторских, технологических, информационных и других аспектов изготовления системы, а также климатических, экологических, организационных, производственных и прочих аспектов ее функционирования.

Концепции сложных экономических систем всегда **вербальны** и формализуются математическими или концептуальными и математическими моделями в зависимости от выбранного метода моделирования. В первом случае используются **субъективные** или эвристические методы моделирования, а во втором – научно обоснованные или **объективные** методы построения математических моделей (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Субъективный (слева) и объективный (справа) метод математического моделирования

Концептуальные модели (концепты или формализмы) в отличие от концепций всегда представляются на дескриптивном, в том числе блок-схемном уровне описания. Дескриптивное представление концептуальных моделей выполняется в форме символической записи, например, в терминах теории высказываний, теории отношений или теории множеств, в то время как блок-схемное представление выполняется в форме структуры функциональных подсистем, структуры функций, таблиц основных и вспомогательных функций и т. д. Концептуальные модели позволяют выделить наиболее значимые функции исследуемой системы, уточнить свойства взаимодействия и взаимосвязи ее элементов, выделить наиболее существенные из них и определить множества искомых и заданных параметров. *Концептуальная модель (концепт, формализм), с одной стороны, представляет собой формализованную концепцию, а с другой – абстрактный математический объект.*

3.3. Функции управления экономикой предприятий

Управление в социотехнических системах можно представить как последовательность функций управления, составляющих технологический процесс управления. *Под функцией управления понимают упорядоченную совокупность операций, основанную на разделении труда в управляющей системе.*

Основоположником функционального подхода в управлении считается А. Файоль. Он выделил пять функций управления: предвидение,

организация, распорядительская деятельность, координация (согласование) и контроль. Одновременно А. Файоль выделил шесть технологических процессов: производство, финансы, охрана, учет, администрирование, техника безопасности. В настоящее время к функциям управления относят:

- сбор данных;
- формирование сообщения;
- передачу данных по каналам связи;
- учет;
- контроль;
- анализ;
- прогнозирование;
- планирование;
- оперативное управление;
- организацию и координацию;
- доведение решений.

Для учета человеческого фактора в отдельную группу выделяют функции стимулирования и мотивации.

Рассмотрим определения и взаимосвязь основных функций экономических информационных технологий [6, 7], представленных в форме функциональной структуры предприятия (рис. 3.4).

Сбор данных – это функция измерения характеристик, выполняемая в объекте управления вручную, автоматизированно или автоматически. Модели процессов измерения изучаются в метрологии, квалитметрии или репрезентативной теории измерений.

Формирование сообщения (запроса) – это приведение информации к виду, пригодному для передачи по каналам связи в управляющую систему для последующей обработки. Модели функций формирования сообщений рассматриваются в теории информации, теории обработки информации.

Передача данных по каналам связи осуществляется разными способами, в том числе с использованием средств автоматизации. Главными требованиями к передаче данных являются: своевременность, достоверность и безопасность обмена информацией. Модели функций передачи данных рассматриваются в теории связи.

Учет – это система функций, обеспечивающих хранение информации. Она включает в себя операции ввода-вывода, регистрацию, пре-

образование форм, поиск, отображение, тиражирование, классификацию, статистическую обработку, выборку, получение агрегированных данных, обеспечение конфиденциальности и целостности информации. Модели функций учета изучаются в теории баз данных.

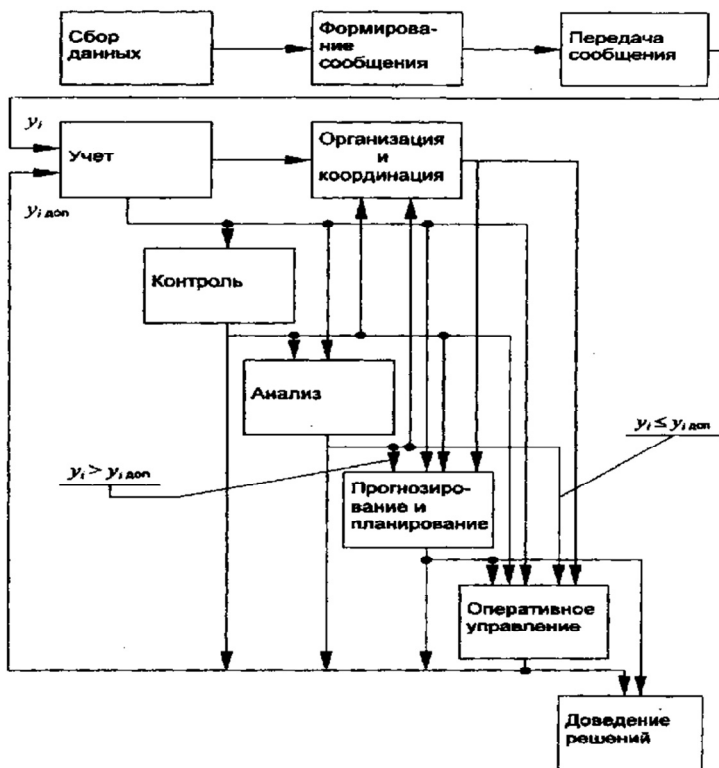


Рис. 3.4. Функциональная структура предприятия

Контроль – это система функций, обеспечивающих определение состояния объекта управления (измерение, сбор, уточнение данных об объекте управления) и оценку степени отклонения текущего состояния от требуемого по заданным критериям эффективности. Эти функции выполняют сравнение состояния системы с требуемым.

С английского языка слово «control» переводится как управление, и часто термин *контроль* ошибочно используется вместо термина *управ-*

ление. Это объясняется тем, что все функции управления, как правило, включают в себя элементы контроля. Здесь мы рассмотрим эту функцию отдельно, так как для ее автоматизации требуется формальная постановка задач наблюдения, классификации и идентификации состояния объекта управления.

В зависимости от свойств объекта контроля в эту функцию включают, например, операции измерения и оценки достоверности, точности, объема, своевременности представления данных, прохождения и исполнения документов, решение задач информационной безопасности.

Различают три вида контроля: предварительный, текущий и заключительный.

Предварительный контроль проводится до начала цикла управления для оценки ресурсов объекта управления и внешних воздействий.

Текущий, или оперативный, контроль осуществляется на протяжении всего цикла управления в целях обнаружения отклонений от требуемого состояния.

Заключительный контроль предназначен для оценки степени достижения цели в конце цикла управления.

Функция анализа в общем случае зависит от цели анализа. Мы будем понимать под этой функцией средства объяснения причин отклонений состояния системы от требуемого и обоснования решений на переход к оперативному управлению или планированию. Например, пусть объект управления характеризуется параметром y_i , который изменяется в некоторых допустимых пределах. Если в результате анализа выяснено, что $\Delta y_i \leq \Delta y_{i\text{доп}}$, где $\Delta y_{i\text{доп}}$ – есть допустимое отклонение, то в цикле управления осуществляется переход к оперативному управлению. Если $\Delta y_i > \Delta y_{i\text{доп}}$, то осуществляется переход к функции планирования. Анализ часто в отдельную функцию не выделяется, а рассматривается совместно с контролем или как составная часть других функций управления.

Функция прогнозирования – это средство снятия неопределенности относительно возможной структуры, свойств или закона функционирования системы в будущем. Типичными целями прогнозирования могут служить:

- замедление процесса *старения* принимаемых решений и предупреждение неблагоприятных ситуаций, в которых может оказаться организационно-техническая система. Решение по управлению, основан-

ное на правильном прогнозе, не потребуются изменять в ближайшем будущем, т. е. один вопрос не потребуются решать дважды;

– повышение производительности системы с управлением, адаптация к изменяющимся условиям (предсказание ветвлений в суперскалярных микропроцессорах ЭВМ, предсказание будущих значений сигнала в системах связи). Во всех случаях прогноз – это научно обоснованное суждение о возможных состояниях системы в будущем и/или об альтернативных путях и сроках достижения целевого состояния.

Прогноз позволяет получить совокупность возможных вариантов развития системы. Однако реализованные варианты зависят не от прогноза, а всегда определяются конкретными решениями, принимаемыми в системе управления, и имеющимися ресурсами. Так, оптимистический прогноз может не состояться, если ЛПР не предпринимает мер по его реализации. В свою очередь, правильные решения могут смягчить последствия пессимистического прогноза.

Прогнозы могут быть разделены на группы по периодам упреждения и по методам прогнозирования.

По периодам упреждения – промежутку времени, на который рассчитан прогноз, различают оперативные (текущие), кратко-, средне- и долгосрочные прогнозы. Оперативный прогноз, как правило, рассчитан на период времени, в течение которого объект управления существенно не изменяется; краткосрочный – на перспективу количественных изменений; среднесрочный прогноз охватывает период времени, когда количественные изменения преобладают над качественными, а долгосрочный – на перспективу качественных изменений системы.

Функция *планирования* состоит в последовательном снятии неопределенности относительно требуемой структуры, свойств, закона функционирования системы или внешней среды. Эта функция включает в себя задачу принятия решений по целеполаганию (ЗПР_ц) и задачу принятия решения по действиям (ЗПР_д).

Совокупность процедур по определению требуемого состояния системы и действий по достижению этого состояния обычно объединяют в единый процесс. Осуществляется этот процесс при изменении условий функционирования объекта управления с помощью изменения целей планирования, воздействий внешней среды, препятствующих оперативному управлению, и т. д.

В терминологии менеджмента ЗПР_ц называют стратегическим или перспективным планированием, а ЗПР_д – тактическим или текущим планированием.

На стадии стратегического планирования рассматривается необходимость и возможность изменения структуры, свойств или закона функционирования системы.

Тактическое планирование заключается в принятии решения по выбору траектории перевода системы в новое состояние. При этом определяются действия объекта управления, порядок использования ресурсов, решается задача оптимизации с учетом предполагаемых воздействий внешней среды. Детально прорабатываются средства и способы достижения целей, использования ресурсов, необходимые процедуры и технология. Характеристики системы считаются заданными и учитываются как ограничения.

Точную границу между стратегическим и тактическим планированием провести трудно. Обычно стратегическое планирование охватывает в несколько раз больший промежуток времени, чем тактическое; оно имеет гораздо более отдаленные последствия, шире влияет на функционирование управляемой системы в целом и использует более мощные ресурсы.

Оперативное управление обеспечивает функционирование системы в рамках действующего плана. Заключается оно в решении задач стабилизации, слежения или выполнения программы управления. Иногда в эту функцию включают задачу оптимизации.

Решения, принятые при планировании или оперативном управлении, учитываются в блоке учета и доводятся до объекта управления. После этого начинается новый цикл управления, в котором текущее состояние объекта управления анализируется, и в зависимости от величины отклонений управляемых характеристик Δy_i от допустимых отклонений $\Delta y_{i\text{доп}}$ осуществляется переход к оперативному управлению или планированию.

Планирование и оперативное управление являются содержательными задачами обработки экономической информации. Математические модели этих задач разрабатываются в теории математического моделирования экономических задач с использованием теории принятия решений.

Функция организации заключается в установлении постоянных и временных связей между всеми элементами системы, в определении

порядка и условий их функционирования, в объединении компонентов и ресурсов системы так, чтобы обеспечить эффективное достижение намеченных целей.

Функция организации выполняет:

- группировку функциональных элементов и ресурсов в организационные структуры;
- распределение степени ответственности ЛППР в иерархии подсистем управления.

Функция координации – это согласование действий подсистем в соответствии с целями системы с управлением и поддержание этого согласования на протяжении цикла управления. Наличие нескольких объектов и подсистем управления приводит к противоречию между их частными целями. Это, в свою очередь, приводит к разобщенности действий. Устранение этих противоречий – основная задача координации.

Функции координации и организации часто рассматривают в рамках задач оперативного управления. Модели координации и организации разрабатываются в рамках теории принятия решений, на основе теории расписаний с использованием методов сетевого планирования и управления. ***Совокупность выбранных исследователем функций представляет собой концепцию системы управления предприятием.***

Функция доведения решений – это итоговая функция системы поддержки принятия решений, в которых с помощью сложных запросов производится отбор и анализ данных (оперативная аналитическая обработка) или знаний (экспертные системы) в различных разрезах: временных, географических и по другим показателям.

С помощью функции доведения решений системы предприятия из различных источников (внешних и внутренних) собирается необходимая информация, обрабатывается и передается заинтересованным лицам, принимающим решения.

3.4. Информационная модель предприятия

Целью математического моделирования экономических производственных систем управления предприятием является использование методов математики для наиболее эффективного решения задач, возникающих в сфере экономики, с использованием, как правило, современной вычислительной техники. Для того чтобы задачу можно было

описать количественно и использовать при ее решении вычислительную технику, нужно произвести качественный и количественный анализ объектов (бизнес-сфер предприятий) и ситуаций, имеющих к ним отношение. Существует *эвристический (субъективный)* и *научный (объективный)* подход к решению экономико-математических задач. При субъективном подходе математическая постановка задачи происходит интуитивно. При объективном подходе процесс решения экономических задач осуществляется в несколько этапов. Рассмотрим эти этапы подробнее.

1. Этап содержательной (экономической) постановки задачи. Вначале нужно осознать задачу, четко сформулировать ее. При этом определяются объекты, которые относятся к решаемой задаче, а также ситуация, которую нужно реализовать в результате ее решения. Этот этап – этап содержательной постановки задачи. При этом сложные объекты разбиваются на части (элементы), определяются связи этих элементов, их свойства, количественные и качественные значения свойств, количественные и логические соотношения между ними. Результатом выполнения информационной постановки экономической задачи обычно является концепция автоматизации экономики (бизнес-сфер) предприятия.

2. Далее выделяют этап системного анализа задач, в результате которого объект управления оказывается представленным в виде описания объекта и системы управления с определением структуры и набора их функций (часто с использованием блок-схем или дескриптивных выражений взаимодействия и связей их элементов). Результатом выполнения системного анализа экономических задач обычно является концептуальная модель объектов и систем управления предприятия (рис. 3.5).

3. На третьем этапе решается математическая постановка задачи, в процессе которой осуществляется построение имитационной математической модели предприятия и определение методов и алгоритмов решения задач управления этим предприятием. Этот этап – этап системного синтеза (математической постановки) задачи. Следует заметить, что на этом этапе может оказаться, что ранее проведенный системный анализ привел к такому набору элементов, свойств и соотношений, для которого нет приемлемого метода решения задачи. Тогда приходится возвращаться к этапу системного анализа. Как правило, решаемые в экономической практике задачи стандартизованы,

системный анализ производится в расчете на известную математическую модель и алгоритм ее решения, а проблема состоит лишь в выборе подходящего метода решения.

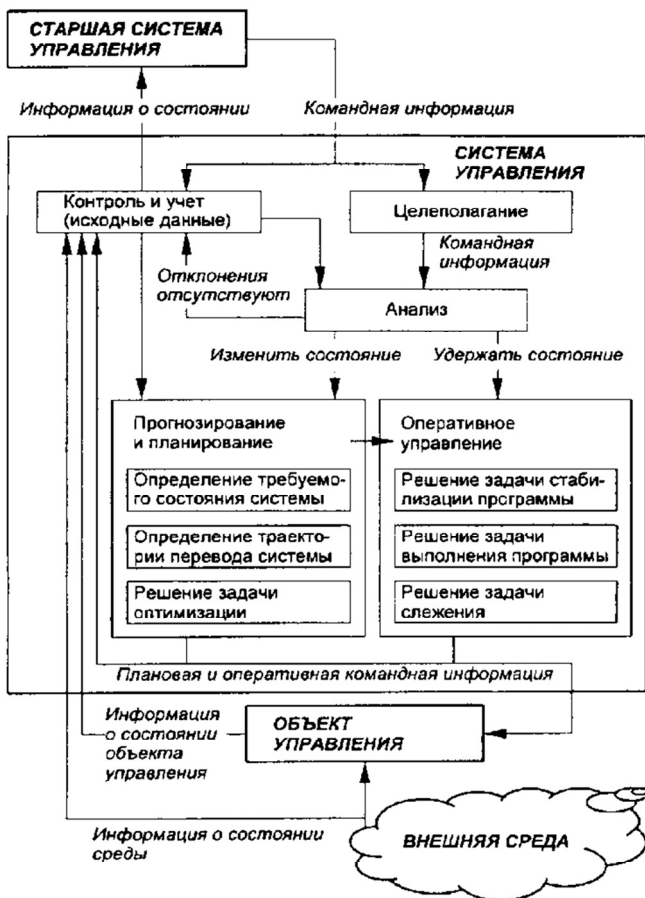


Рис. 3.5. Информационная модель предприятия

4. Следующим этапом является разработка программы решения задачи на ЭВМ. Для сложных предприятий, состоящих из большого числа элементов, обладающих большим числом свойств, может потребоваться разработка базы данных, средств управления базой данных,

средств извлечения данных, нужных для расчетов. Для стандартных задач осуществляется не разработка, а выбор подходящего пакета прикладных программ (ППП) и системы управления базами данных (СУБД).

5. На заключительном этапе производится выполнение работы с использованием ЭВМ и математической модели для получения результатов расчетов.

Такой подход в экономике весьма эффективен. Он не изменяет ранее открытых экономических законов, а только учит, как их лучше использовать.

Таким образом, решение экономических задач состоит из пяти основных этапов:

- 1) создание концепции (содержательной постановки) задач;
- 2) создание системного анализа (построения концептуальных информационных моделей);
- 3) создание системного синтеза (построения математических моделей).
- 4) разработка или выбор программного обеспечения.
- 5) решение задач на ЭВМ.

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ДОКУМЕНТЫ

4.1. Основные определения

Информационная модель предприятия [16] позволяет наиболее простым способом перейти к анализу и синтезу документопотока в ЭПС предприятия – *конечной цели создания любой ЭПС*.

Информация – стратегический ресурс автоматизированных систем управления и продукт производственных систем, обладающий потребительскими свойствами, которые превращают ее в средство труда и товар. Источником информации является объект управления. Сообщение о состоянии объекта в форме электрического сигнала передается по каналам связи и преобразуется аппаратно-программным способом в *электронный документ*. В ЭПС электронный документ является основным носителем информации. Он состоит из логически связанных реквизитов. Электронные документы в форме записей хранятся в *базах данных* конкретных прикладных информационных технологий конкретного предприятия.

Путь прохождения всех сообщений от источников информации до конечных пользователей называют *документопотоком*. Совокупность всего документопотока ЭПС предприятия называют *символьно-числовой (математической) информационной моделью ЭПС предприятия*.

Визуализированный средствами мультимедиа электронный документ представляет собой твердую бумажную, звуковую и/или зрительную копию электронного документа, или собственно *документ*. Документы бывают первичными или исходными, вторичными или выходными, отчетными или декларативными, приказными или директивными, а также длительного или краткого срока хранения.

Детальная классификация документов представляет собой отдельную предметную область научных знаний и в рамки рассматриваемого курса не входит.

4.2. Реализация документопотока в MRP-системах

Как уже было отмечено, реализацией информационной технологии конкретных предприятий является организация схемы всего документопотока (документооборота), «отражающего» материальные, энергетические и финансовые потоки и бизнес-сферы данного предприятия с помощью аппаратно-программных или логических компонентов ЭПС.

В начале 1960-х годов в связи с ростом популярности вычислительных систем возникла идея использования их возможностей для управления деятельностью предприятия, в том числе для планирования производственных и технологических процессов. Необходимость планирования обусловлена тем, что основная масса задержек в процессе производства связана с запаздыванием поступления отдельных комплектующих, в результате чего, как правило, параллельно с уменьшением эффективности производства на складах возникает избыток материалов, поступивших в срок или ранее намеченного срока. Кроме того, вследствие нарушения баланса поставок комплектующих возникают дополнительные осложнения с учетом и отслеживанием их состояния в процессе производства, т. е. фактически невозможно определить, например, к какой партии принадлежит данный составляющий элемент в уже собранном готовом продукте.

С целью предотвращения подобных проблем была разработана методология планирования потребности в материалах **MRP** (Material Requirements Planning). Реализация системы, работающей по этой методологии представляет собой компьютерную программу, позволяющую оптимально регулировать поставки комплектующих в производственный процесс и контролировать запасы на складе и саму технологию производства. Главной задачей MRP является обеспечение гарантии наличия необходимого количества требуемых материалов-комплектующих в любой момент времени в рамках срока планирования наряду с возможным уменьшением постоянных запасов, а следовательно, разгрузкой склада. Прежде чем описывать схему документопотока (структуру) MRP, рассмотрим некоторые определения.

- **Материалами** будем называть все сырье и отдельные комплектующие, составляющие конечный продукт. В дальнейшем мы не будем делать различий между понятиями *материал* и *комплектующий*.

- **MRP-система, MRP-программа** – компьютерная программа работающая по алгоритму, реализующему MRP-методологию. Как и любая компьютерная программа она обрабатывает файлы данных (входные элементы) и формирует на их основе файлы-результаты.

- **Статус материала** является основным указателем на текущее состояние материала. Каждый отдельный материал в каждый момент времени имеет статус в рамках MRP-системы, который определяет, имеется ли данный материал в наличии на складе, зарезервирован ли он для других целей, присутствует ли в текущих заказах или заказ на него только планируется. Таким образом, статус материала однозначно описывает степень готовности каждого материала быть пущенным в производственный процесс.

- **Страховой запас** материала необходим для поддержания процесса производства в случае возникновения непредвиденных и неустраняемых задержек в его поставках. По сути в идеальном случае, если механизм поставок полагать безупречным, MRP-методология не постулирует обязательное наличие страхового запаса и его объемы устанавливаются различными для каждого конкретного случая в зависимости от сложившейся ситуации с поступлением материалов. Подробней об этом будет сказано ниже.

- **Потребность в материале** в компьютерной MRP-программе представляет собой определенную количественную единицу, отображающую возникшую в некоторой момент времени в течение периода планирования необходимость в заказе данного материала. Различают понятия *полной потребности в материале*, которая отображает то количество, которое требуется пустить в производство, и *чистой потребности*, при вычислении которой учитывается наличие всех страховых и зарезервированных запасов данного материала. Заказ в системе автоматически создается по возникновению отличающейся от нуля чистой потребности.

Процесс планирования и управления производством с помощью MRP-системы базируется на документопотоке, который создается для каждого предприятия отдельно и включает в себя функции автоматического создания проектов заказов на закупку и/или внутреннее производство необходимых материалов-комплектующих. Другими словами,

схема документопотока MRP-системы *оптимизирует время поставки комплектующих*, тем самым уменьшает затраты на производство и повышает его эффективность.

4.3. Реализация документопотока в ЭПС «ПАРУС»

С конца 1980-х годов начали появляться корпоративные вычислительные сети ЭВМ, которые требовали новых подходов к созданию автоматизированных систем управления предприятиями. Одним из таких подходов является разработка ИТ системы «ПАРУС», выполняемой одноименной фирмой. Основными понятиями схемы документопотока информационной технологии системы ПАРУС являются следующие.

- **Маршрут** – порядок, правила и очередность исполнения бизнес-процедур, составляющих конкретный бизнес-процесс.

- Маршрут разбивается на **точки**, в каждой из которых фиксируется выполнение исполнителями определенной бизнес-процедуры.

- Основным учетным объектом факта исполнения работы во времени является **событие**.

- **Маршрутная карта** (карта точек и событий) содержит описание возможных событий перехода и определяет перечень исполнителей для каждой точки. Карта задает следование события из начальной точки к конечной и допускает разветвление пути в маршруте.

Внутри точки маршрута могут быть доступны **действия** из обширного набора функций системы ПАРУС (например: формирование счета, обработка оплаты счета в бухгалтерии, печать накладной), выполняемые **исполнителем**. Действие может быть разовым или периодическим, т. е. выполняемым N раз, пока оно разрешено специальным условием. Исполнитель выполняет определенное действие только при наличии соответствующих полномочий и при соблюдении определенных условий. Факт выполнения действия является событием и регистрируется в истории этого события.

Переход от точки к точке осуществляется сменой **статуса события** на очередной статус из определенного списка или адресацией события исполнителю другой точки автоматически. Подобный переход может регламентироваться условиями и полномочиями конкретного исполнителя.

В результате исполнения функции формируется **уведомление** (сообщение) участнику бизнес-процесса. В системе предусмотрен встроенный механизм доставки уведомлений при помощи электронной почты, сообщений на пейджер или мобильный телефон. Уведомление напоминает сотрудникам о необходимости проведения каких-либо работ (типа «проконтролировать оплату выставленного счета») – для менеджера, курирующего клиентов). Нахождение события в точке маршрута может регламентироваться по времени. По истечении заданного промежутка времени система автоматически вышлет соответствующее уведомление исполнителю и его руководителю.

Таким образом, схема документопотока ИТ системы «ПАРУС» **оптимизирует время протекания бизнес-процесса**, тем самым уменьшаются затраты на производство и повышается его эффективность.

4.4. Обработка эмпирического материала

Обработка эмпирического материала предполагает построение линейных и нелинейных математических моделей по эмпирическим данным и проверки их адекватности для формализации описания экономических процессов и систем. Последовательность решения задач показана на рис. 4.1.

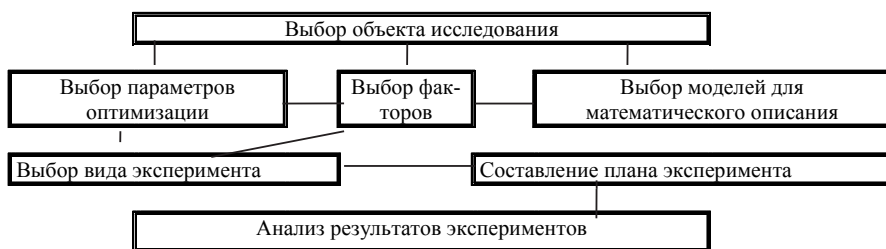


Рис. 4.1. Блок-схема последовательности решения задач при построении математической модели

Конечной целью экономического анализа является синтез оптимальных процессов и управление ими в конкретных условиях. Эта задача многовариантная, так как существует множество возможных комбинаций подсистем и возможностей управления ими. Параметры

процесса зависят от целого ряда факторов, причем характер их влияния неоднороден, и предсказать точный вид математической модели заранее очень трудно или невозможно из-за неполного знания механизма протекания процесса. Поэтому в основу закономерностей протекания процесса положен кибернетический принцип «черного ящика», представляющий собой систему связей групп переменных, участвующих в процессе (рис. 4.2):

- параметры оптимизации ($y_1, y_2, \dots, y_k$);
- факторы исходного состояния ($R_1, R_2, \dots, R_{[l+k]}$): измеряемые, но нерегулируемые в процессе ($x_1, x_2, \dots, x_l$); управляющие воздействия ($z_1, z_2, \dots, z_m$) – измеряемые и регулируемые в процессе реализации;

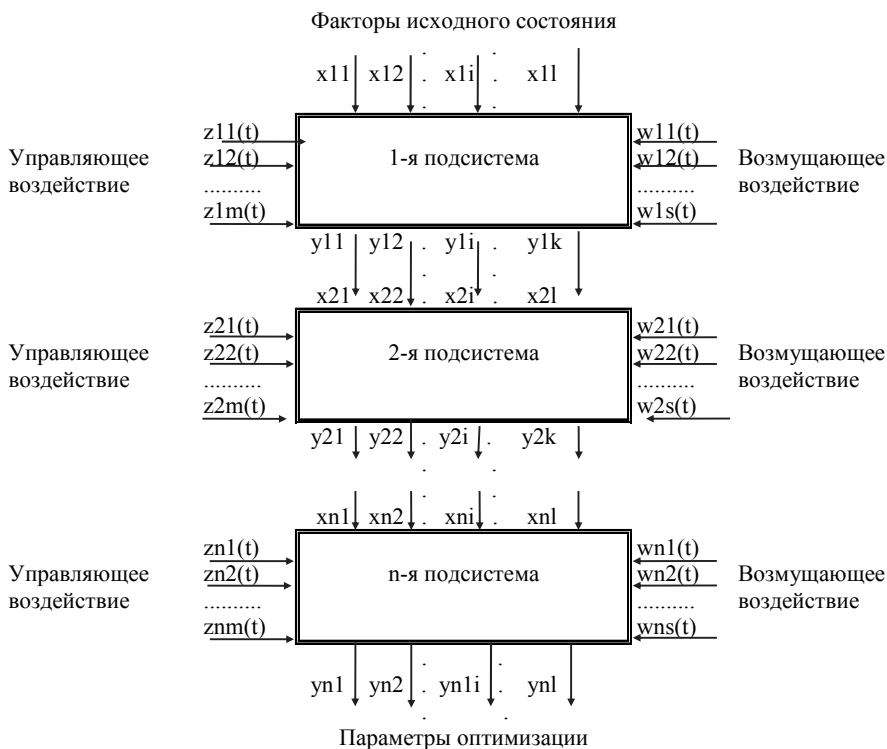


Рис. 4.2. Блок-схема исследуемого процесса

- возмущающие воздействия – нерегулируемые, случайным образом изменяющиеся переменные ($w_1, w_2, \dots, w_s$);
- группа неизвестных неучитываемых факторов, которые могут привести параметры оптимизации к отклонению от какого-либо закона или рассеиванию. Когда причины становятся известными, то факторы, характеризующие эти отклонения, становятся характерными для одной из вышеупомянутых групп.

Параметры оптимизации являются связующим звеном не только отдельных подсистем, но и всего процесса в целом. Параметры оптимизации после выполнения первой подсистемы являются частью подмножества факторов для второй операции, параметры оптимизации после выполнения второй подсистемы являются частью подмножества факторов для третьей операции и т. д. (рис. 4.2).

Анализ блок-схемы (рис. 4.2) показывает, что изменение даже одного фактора уже для первой подсистемы при сохранении неизменными остальных переменных и законов управляющих воздействий может привести к изменению параметров оптимизации во всех звеньях системы и параметров оптимизации на выходе процесса. При анализе выбранного объекта исследования выделяют параметры оптимизации, характеризующие процесс. Затем для каждого параметра оптимизации определяют влияющие на него факторы, а также, если это возможно, степень и закономерность (модель) этого влияния (см. таблицу).

Исследователь	Система	Регулируемые факторы	Нерегулируемые, но измеряемые факторы	Неизвестные факторы	Параметр оптимизации
Представитель любой профессии	Черный ящик	Входные кнопки	Внешний вид ящика	Устройство ящика	Выходные кнопки
Математик	Функция	Независимые переменные	Параметры	Случайные переменные	Зависимая переменная
Маркетолог	Товар	Цена	Качество	Спрос	Прибыль
Экономист	Товарооборот	Торговая сеть, общепит	Число обслуживаемого населения	Спрос	Объем
Технолог	Технологический процесс	Режимы работы	Оборудование	Мастерство рабочего	Точность и качество изделий

Параметры оптимизации должны отвечать следующим требованиям:

- измеряться при любом изменении (комбинации) факторов, т. е. показатель параметра должен находиться опытным путем в виде некоторого числа принятых для данной величины единиц измерения;
- быть статистически эффективным, т. е. измеряться с наибольшей точностью, что позволит сократить до минимума дублирование опытов;
- быть информационным, т. е. всесторонне характеризовать процесс;
- иметь физический смысл, т. е. должна быть возможность достижения полезных результатов процесса;
- быть однозначным, т. е. должно максимизироваться или минимизироваться только одно свойство процесса.

Параметры оптимизации делятся на следующие основные группы:

- экономические (прибыль, производительность и т. д.);
- качественные (внешний вид, состояние и т. д.);
- пространства и времени (длина, площадь, объем, линейная и угловая скорость, ускорение и т. д.);
- механические (вес, масса, работа, энергия, мощность и т. д.);
- тепловые (температура, количество теплоты и т. д.);
- акустические (звуковое давление, акустическое сопротивление, объемная скорость звука, интенсивность звука и т. д.);
- электрические и магнитные (количество электричества, магнитный поток, напряженность магнитного поля и т. д.);
- световые (освещение, яркость, световой поток и т. д.);
- радиоактивности и ионизирующих излучений.

Любой параметр должен быть ограничен пределами допусков, в которых проводится оптимизация.

Параметры оптимизации обозначают символом «Y».

Состав факторов определяется разработчиком или действующим процессом. При определении величин количественных оценок во внимание должны приниматься только те факторы, которые имеют четкий метрологический смысл. Факторы должны соответствовать следующим требованиям:

- быть управляемыми, независимыми, совместимыми и однозначными;
- должны непосредственно воздействовать на параметр оптимизации и быть определены операционально;

- должна быть максимально высокой точность установления граничных значений факторов, а отклонение не должно превышать погрешность измерения.

Факторы, как и параметры оптимизации, могут быть качественными, экономическими, механическими, пространства и времени и т. д.

Факторы обозначаются символами: «X», «R», «Z».

Факторы, оказывающие несущественное влияние на параметр оптимизации, отсеиваются путем априорного или экспериментального ранжирования. Отсеивание факторов значительно сокращает объем и трудоемкость исследовательских работ, при этом уменьшается также стоимость эксперимента.

На основании априорной информации возможного вида функциональной зависимости между параметрами оптимизации и факторами выбираются конкурирующие математические модели, которые в общем случае можно записать следующим образом:

$$\bar{Y} = f(\bar{X}, \bar{Z}, t), \quad (4.1)$$

где t – время; $\bar{Y}$ – множество параметров оптимизации; $\bar{X}$ – множество факторов исходного состояния; $\bar{Z}$ – множество факторов управляющих воздействий.

Если уровень априорной информации недостаточен для выбора математической модели, то в качестве конкурирующих моделей анализируются полиномиальные, гиперболические, показательные, логарифмические, степенные, тригонометрические или смешанные модели. Наиболее оптимальная модель выбирается путем дискриминации из заданного набора моделей.

Экспериментальные исследования проводятся методами активного, пассивного или последовательного эксперимента. При сборе экспериментальных данных необходимо учитывать транспортное запаздывание объектов. Для динамических объектов следует фиксировать моменты времени, когда произведены измерения. Число измерений должно быть больше числа оцениваемых коэффициентов регрессионной модели.

Полный факторный эксперимент целесообразно проводить в том случае, если он по времени непродолжителен и требует небольших затрат. Согласно традиционным методам планирования для получения математической модели, описывающей параметры оптимизации в за-

зависимости от $(l + m)$ различных факторов, каждый из которых варьируется на L уровнях, необходимо провести следующее число опытов:

$$N = ML^{(l+m)}, \quad (4.2)$$

где M – число параллельных опытов; l – число факторов исходного состояния; m – число факторов управляющего воздействия.

Если априорно точно известен один единственно возможный вид математической модели, то для определения коэффициентов регрессии достаточно варьирования факторов на двух уровнях. В противном случае для определения коэффициентов регрессии и дискриминации моделей необходимо задавать не менее четырех-пяти уровней.

Кроме того, точность эмпирических формул, определенных по пяти точкам, значительно выше, чем по двум. По числу факторов и уровней их варьирования строится матрица плана.

Дробный факторный эксперимент следует проводить при числе факторов более двух при условии, что полный эксперимент по экономическим соображениям проводить невыгодно. Для дробного эксперимента необходимо провести следующее число опытов:

$$N = ML^{(l+m-p)}, \quad (4.3)$$

где p – показатель дробности, причем $p \leq l + m - 2$.

Выбор числа уровней и построение матриц плана и дублирования производятся так же, как при полном факторном эксперименте.

Для записи априорных сведений, уровней факторов, интервалов варьирования, плана матрицы планирования, результатов эксперимента, промежуточных и конечных результатов расчета, для проверки воспроизводимости эксперимента, значимости коэффициентов, адекватности описания процесса готовят журналы планирования.

Перед реализацией плана эксперимента на объекте опыты, предусмотренные в плане матрицы планирования, следует рандомизировать при помощи датчика случайных чисел для каждой серии опытов.

По каждой точке плана матрицы планирования устанавливают действительные значения факторов. Требуемые фактические значения факторов следует поддерживать постоянными в течение опыта.

Получают действительные значения ожидаемого показателя параметра оптимизации по всем точкам плана матрицы планирования. Эти значения замеряют одним и тем же прибором и данные замеров заносят в журнал.

При решении экономических и управленческих задач возможны следующие основные типы функциональных зависимостей:

- между неслучайными величинами;
- между случайными величинами – корреляционная или стохастическая связь;
- случайной величины от неслучайных переменных.

Коэффициенты функциональной зависимости между неслучайными величинами определяются аппроксимацией по методу наименьших квадратов. Оптимальная модель выбирается путем дискриминации из заданного набора моделей.

Существование функциональной зависимости между случайными величинами определяется на основании корреляционного анализа.

Коэффициенты функциональной зависимости случайной величины от неслучайных переменных определяются при помощи дисперсионного анализа.

5. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

5.1. Методика имитационного моделирования

Прогнозировать результаты управленческих решений с помощью компьютерных технологий целесообразнее всего осуществлять с помощью имитационного моделирования [6]. Имитационное моделирование на ПЭВМ позволяет экономить время, материальные и денежные ресурсы для организаций всех форм собственности.

Цель моделирования экономических процессов и систем заключается в проектном расчете производительности и основных показателей экономической эффективности с учетом рассмотрения различных вариантов структуры, степени риска, возмущающих воздействий внешней и внутренней среды. При этом решаются следующие задачи моделирования:

- прогнозирование основных характеристик экономических систем;
- получение статистических характеристик и других показателей экономической эффективности;
- использование результатов моделирования для выбора оптимального варианта экономической системы;
- исследование возможных вариантов структуры операций с помощью имитационной модели.

С помощью имитационной модели и моделирования можно, например, описать работу киоска, магазина, кухни, столовой, прачечной, магазина, цеха промышленного предприятия или всей организации в целом. Имитационная модель и моделирование процессов и систем позволяют воспроизводить параллельную, последовательную или параллельно-последовательную схему функционирования, учитывать

стохастические события и их влияние на процесс. Это дает возможность детально анализировать спроектированные варианты структуры операций и влияние различных параметров на производительность, коэффициент загрузки и другие экономические показатели, необходимые для принятия управленческих решений с учетом непредвиденных рисков.

Моделирование процесса конкретной структуры производится на этапе выбора оптимальной операции. Экономическая система может содержать одну, две или более рабочих позиций. Работа также может производиться одновременно на всех позициях. Модель рассматривается как процесс функционирования сложных экономических систем.

Реальные сложные экономические системы функционируют в условиях действия большого количества случайных возмущающих факторов, приводящих к нарушению нормального хода работы. Источниками возмущающих факторов являются воздействия внешней среды, а также отклонения, возникающие внутри системы во время выполнения планового задания.

При моделировании экономических процессов на ПЭВМ имеет место воспроизведение происходящих явлений с сохранением их логической структуры и расположения во времени. Это позволяет получать наиболее точные характеристики процесса обработки (техническую производительность, время обработки или сборки, коэффициенты использования или загрузки и др.).

В основу имитационного моделирования положена структура операций, определяющая, какие переходы на какой позиции и в какой последовательности выполняются (табл. 5.1).

Производственный процесс является дискретным стохастическим процессом. Его дискретность заключается в том, что элементарные акты (переходы, переналадки, мероприятия восстановления работоспособности и др.) выполняются не мгновенно, а имеют определенную длительность (задержку), причем следующий акт выполняется только после полного окончания предыдущего.

В процессе эксплуатации экономической системы принимает участие большое число элементов (инструменты, оборудование), которые в случайные моменты времени могут выходить из строя и требуют замены или ремонта. Это приводит к нарушению нормального хода обработки. Величины, оценивающие появление отказов и затраты времени

на выполнение восстановительных работ, носят случайный характер. Случайными величинами являются: время работы каждого инструмента до отказа, время бесперебойной работы отдельных систем между последовательными отказами, время восстановления работоспособности.

Таблица 5.1

Графическая структура экономических систем при моделировании

Наименование		Графика	Представление	Комментарий
T	Событие		Конечное множество переходов: $T = (T1, T2, ..., Ti)$, где i – число переходов	Сборка, обработка, загрузка, выгрузка
P	Условие		Конечное множество позиций: $P = (P1, P2, ..., Pj)$, где j – число позиций	Устройства, операторы, накопители, оборудование
A	Связи		Конечное множество связей: $A = (A1, A2, ..., Ak)$, где k – число связей	Последовательность реализации технологического процесса
M	Метки (фишки)		Метка (фишка) в условии означает его выполнение	Маркировка множества позиций
I	Функция входов	$P(A) \rightarrow T$	Конечное множество входов: $I(j, k)$	Сколько раз позиция $P(j)$ является входом перехода $T(k)$
O	Функция выходов	$T \rightarrow P(A)$	Конечное множество выходов: $O(j, k)$	Сколько раз позиция $P(j)$ является выходом перехода $T(k)$
Z	Запуск переходов		$T(k) \rightarrow P(j)^* M(i) \rightarrow A$	Переход разрешен тогда, когда в нем есть места для меток и если для всех позиций число меток больше или равно числу связей

5.2. Пакет программ для имитационного моделирования

Пакет программ [21] предназначен для использования в любых отраслях народного хозяйства в торговле, при производстве товара или оказании услуг. Он позволяет моделировать экономические процессы при их реализации на системах (С) конкретной структуры: отдельных модулей, отделов, участков, линий и цехов. Экономические системы состоят из одного или нескольких загрузочных устройств на входе, разгрузочных устройств на выходе и любого количества последовательно расположенных модулей, связанных между собой накопителями заданной емкости. Модуль может состоять из одного или нескольких единиц оборудования и рабочих мест операторов (роботов, манипуляторов или людей). Оператор может обслуживать любое количество оборудования. Математическое представление имитационной модели в пакете программ полностью соответствует ее графическому изображению, условные обозначения которого приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Структура экономической системы

№ п/п	И м и т а т о р
1	Ввод структуры сети Петри
2	Ввод приоритетов переходов
3	Ввод задерживающих стрелок
4	Ввод задержек на позициях
5	Ввод задержек на переходах
6	Ввод маркировки по позициям
7	Ввод времени моделирования
8	Общий ввод
9	Печать результатов на АЦПУ
10	Продолжение рабочего режима
11	Рабочий режим
12	End - конец работ

Пакет программ разработан на основе теории имитационного моделирования как модель последовательностей событий (T) при выполнении необходимых условий (P) в соответствии с установленными связями (A). Сделан анализ пакета программ с помощью теории сетей

Петри, чем доказана правильность логики имитационного моделирования, оптимизировано содержание событий, исключены дублирующие отношения событий и состояний. Структура экономической системы представляет собой сеть Петри, заданная четырьмя основными параметрами (табл. 5.2):

$$C = (P, T, I, O).$$

В пакет программ для формирования структуры сети вводятся параметры в следующем порядке: число позиций (P), число переходов (T), все входы и выходы для всех переходов (табл. 5.1). Имитатор показывает сформированную по исходным сеть и требует утверждения. После этого пользователь устанавливает режим работы. Порядок запусков переходов осуществляется при прочих равных условиях у имеющих наивысший приоритет, значение которого всегда должно быть целым и больше нуля. В первую очередь выполняется тот из возможных переходов, который имеет большее значение приоритета (Pr). Меняя значения приоритетов, можно на модели подбирать лучший вариант.

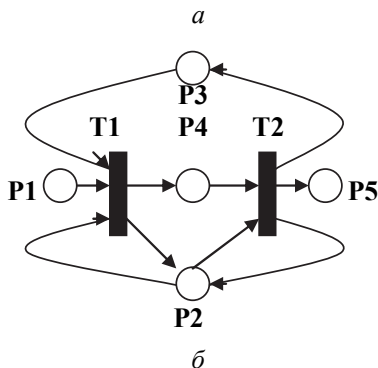
В пакете программ учитываются возможные сбои устройств и организационные особенности производства с помощью датчика случайных чисел. Продолжительность работы устройств и операторов до сбоя и время восстановления описываются случайными числами (математическим ожиданием ($AO[I]$) и среднеквадратическим отклонением ($ZO[I]$) задержек в позициях и переходах).

Емкости накопителей или других позиций могут быть ограничены при помощи задерживающих стрелок, начало которых выходит из позиции и упирается в переход, выполнение которого задерживается с указанием величины ограничения. При вводе задерживающих стрелок указываются позиция и величина ограничения (максимальное число меток в позиции), выше которого выполнение данного перехода задерживается, а выполняется другой возможный переход. Позиция и ограничение при вводе разделяется запятой. Если в переходе нет ограничений, то вводится ноль.

5.3. Последовательность имитационного моделирования

На первоначальном этапе строятся графические модели модулей (рис. 5.1, *а*), математическая модель в виде графа, представленного матрицей бинарных отношений (рис. 5.1, *б*) и картеж (рис. 5.1, *в*).

	T1	T2	P1	P2	P3	P4	P5
T1	0	0	0	1	0	1	0
T2	0	0	0	0	1	0	1
P1	1	0	0	0	0	0	0
P2	1	1	0	0	0	0	0
P3	1	0	0	0	0	0	0
P4	0	1	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	0	0	0



$M1 = (\langle P1, T1 \rangle, \langle P2, T1 \rangle, \langle P3, T1 \rangle, \langle T1, P4 \rangle, \langle P4, T2 \rangle, T2, P2 \rangle, \langle T2, P3 \rangle, \langle T2, P5 \rangle)$

в

Рис. 5.1. Имитационная модель модуля:

а – графическая интерпретация; б – матрица бинарных отношений;
в – картеж.

На основании имитационной модели (рис. 5.1) формируется таблица для ввода исходной информации (табл. 5.3). Исходная информация обрабатывается с использованием пакета прикладных программ (ППП) «Имитатор» [21].

Для анализа модели необходимо рассчитать модель как минимум в пяти точках. Результаты расчетов должны быть представлены в сводной (табл. 5.4), на основании которой для наглядности строится график (рис. 5.2). Анализируя результаты расчета, по исходным данным производится оптимизация структуры модуля и вырабатываются рекомендации по его модернизации – сокращение или увеличение единиц оборудования, операторов; изменении их технических характеристик –

увеличение или уменьшение производительности (продолжительность задержек на рабочих позициях и в переходах); изменении емкости накопителей (задерживающие стрелки) и т. д.

Таблица 5.3

Таблица ввода исходной информации

1. Формирование структуры сети											
Режим работы			1 – распечатка структуры сети					2 – формирование структуры сети,			
			Число переходов,					число позиций.			
			2					5			
Номер перехода			Номер позиции входа					Номер позиции выхода			
1			1	2	3	0	4 2 0				
2			4	2	0	2 3 5 0					
Режим работы			1 – структуры сети устраивает					0 – не устраивает структуры сети			
2. Формирование приоритетов переходов сети											
Режим работы			1 – ввести новые значения					0 – сохранить имеющиеся			
Номер перехода			Приоритет								
1			7								
2			4								
3. Формирование задерживающих стрелок											
Режим работы			1 – ввести новые значения					0 – сохранить имеющиеся			
Номер перехода			Номер позиции					Ограничение накопителя			
1					0						
2					5		10				
2					0						
4. Формирование задержек в позициях											
Номер позиции			Математическое ожидание					Среднеквадратическое отклонение			
1					0						
2					10		1				
3					0						
4					100		5				
5					0						
5. Формирование задержек в переходах											
Номер перехода			Математическое ожидание					Среднеквадратическое отклонение			
1					10		1				
2					7		1				

Окончание табл. 5.3

6. Маркировка в позициях											
Номер позиции			Число меток (фишек) в позиции								
		1			20						
		2			1						
		3			2						
		4			0						
		5			0						
7. Ввод времени моделирования											
			Время работы системы				Число параллельных видов работы				
					60					2	
8. Общий ввод (включает все перечисленные пункты с 1 по 7 в том же порядке)											
9. Печать результатов на принтере											
10. Продолжение рабочего режима											
11. Рабочий режим.											

Таблица 5.4

Результаты моделирования модуля

№ п/п	Маркировка	Позиции	Переходы
Системное время моделирования: $T_c = 250$			
1	16	$Fo(1,1) = 0$ $Fo(1,2) = 0$	$F_1(1,1) = 43$ $F_1(1,2) = 0$
2	0	$Fo(2,1) = 69$ $Fo(2,2) = 0$	$F_1(2,1) = 24$ $F_1(2,2) = 0$
3	1	$Fo(3,1) = 0$ $Fo(3,2) = 0$	$F_1(3,1) = 0$ $F_1(3,2) = 0$
4	0	$Fo(4,1) = 192$ $Fo(4,2) = 210$	$F_1(4,1) = 0$ $F_1(4,2) = 0$
5	3	$Fo(5,1) = 0$ $Fo(5,2) = 0$	$F_1(5,1) = 0$ $F_1(5,2) = 0$
Системное время моделирования: $T_c = 720$			
1	9	$Fo(1,1) = 0$ $Fo(1,2) = 0$	$F_1(1,1) = 110$ $F_1(1,2) = 0$
2	0	$Fo(2,1) = 199$ $Fo(2,2) = 0$	$F_1(2,1) = 61$ $F_1(2,2) = 0$

№ п/п	Маркировка	Позиции	Переходы
3	0	$Fo(3,1) = 0$ $Fo(3,2) = 0$	$F_1(3,1) = 0$ $F_1(3,2) = 0$
4	0	$Fo(4,1) = 601$ $Fo(4,2) = 501$	$F_1(4,1) = 0$ $F_1(4,2) = 0$
5	9	$Fo(5,1) = 0$ $Fo(5,2) = 0$	$F_1(5,1) = 0$ $F_1(5,2) = 0$
Системное время моделирования: $T_c = 1400$			
1	0	$Fo(1,1) = 0$ $Fo(1,2) = 0$	$F_1(1,1) = 202$ $F_1(1,2) = 0$
2	1	$Fo(2,1) = 399$ $Fo(2,2) = 0$	$F_1(2,1) = 145$ $F_1(2,2) = 0$
3	2	$Fo(3,1) = 0$ $Fo(3,2) = 0$	$F_1(3,1) = 0$ $F_1(3,2) = 0$
4	0	$Fo(4,1) = 1010$ $Fo(4,2) = 1000$	$F_1(4,1) = 0$ $F_1(4,2) = 0$
5	20	$Fo(5,1) = 0$ $Fo(5,2) = 0$	$F_1(5,1) = 0$ $F_1(5,2) = 0$

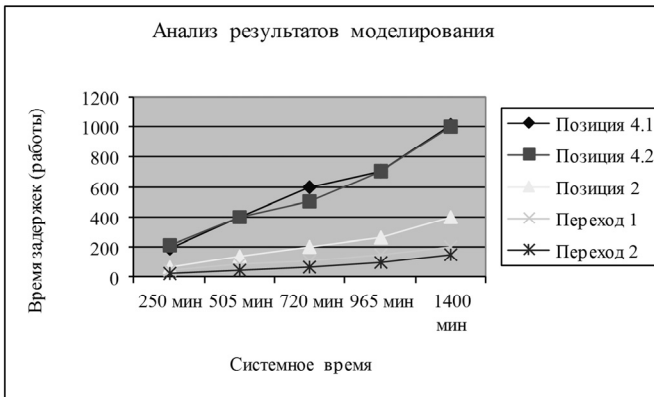


Рис. 5.2. График моделирования по пяти точкам

После модернизации модуля просчитывается оптимальный вариант и делается заключение по его эффективности в сравнении с базовым, представленным заказчиком в техническом задании.

Далее оптимизируется работа всех участков, состоящих из одного, двух или более модулей, затем систем, состоящих из одного, двух или более участков, и в итоге – работа всей организации, состоящая из одной, двух или более систем.

В заключение анализируется работа всех модулей, участков, систем и организации в целом и даются окончательные выводы по эффективной эксплуатации модернизированного варианта. Доказывается, что компьютерное моделирование является правильным, если не единственным, путем совершенствования структуры экономических процессов и систем, а также управления ими. Этот путь позволяет снижать риски, экономить время, повышать качество, усиливать контроль, уменьшать степень влияния многофакторности, многокритериальности, распределенности, неопределенности, противоречивости, разновременности и многое другое, что помогает точнее и быстрее достигать целевых результатов.

5.4. Модели данных и знаний и методы их организации в памяти компьютера

Информационная модель задачи должна быть описана для представления в компьютере [11, 14]. Это описание делается средствами моделей данных и знаний.

Средствами *модели данных* строится логическая внутренняя схема информационной модели предметной области, данные которой хотят разместить в базе данных, и таким образом ***моделируется предметная область в памяти компьютера***. Пользователь должен работать в терминах *модели данных* системы управления базами данных (СУБД). Каждая СУБД ориентирована на определенную *модель данных*.

Модель данных определяется тремя компонентами.

1. Допустимая структура данных. Каждая модель характеризуется определенными свойствами и методами структурирования.
2. Множество допустимых операций над данными, которые основаны на информационном языке, описывающем технологию обработки данных.
3. Ограничения для контроля целостности с целью сохранения непротиворечивости данных и обеспечения (достоверного) отображения предметной области в базе данных.

СУБД для поддержки модели должна выполнять следующие три основные функции.

1. *Определение данных* – задание вида хранимой в базе данных информации, ее структуры, ограничений при вводе в базу данных и связей между различными элементами информации.

2. *Обработка данных* – выборка необходимых данных и выполнение над ними различных операций: сортировка, фильтрация, преобразование, объединение, группировка.

3. *Управление данными* – разграничение прав доступа к информации базы данных.

Построение информационной модели (см. рис. 3.5) во многом определяется моделью данных и, следовательно, СУБД, которая используется для ее решения. Эта связь является двусторонней.

Современные инструментальные продукты поддерживают в настоящее время ограниченное количество типов моделей:

- *иерархические*;
- *сетевые*;
- *реляционные*;
- *объектно-ориентированные*.

Соответственно различают иерархические, сетевые, реляционные и *объектно-ориентированные* СУБД.

В истории развития и совершенствования систем управления базами данных (СУБД) выделяют три этапа.

Первый этап был связан с созданием первого поколения СУБД, опиравшихся на *иерархическую* и *сетевую модель данных*.

Иерархическая структура и соответствующая *модель* родились в недрах больших вычислительных машин. Объекты и модели связаны с иерархическими отношениями и образуют ориентированный граф в виде перевернутого дерева. Основными понятиями *иерархической модели данных* являются:

- *уровень*;
- *элемент* (*узел, вершина, точка, позиция, переход*);
- *связь* (*ветвь, дуга, ребро*).

В сетевой структуре при тех же основных понятиях каждый элемент может быть связан с любым другим элементом.

К основным достоинствам *иерархического* и *сетевого подхода* к управлению базой данных относятся:

- наличие развитых средств управления данными во внешней памяти на низком уровне;

- возможность построения эффективных прикладных систем вручную;

- возможность экономии памяти за счет совместного использования объектов (в *сетевых* системах).

Первое поколения СУБД имело массу недостатков, из которых наиболее существенными были следующие:

- сложность использования;
- необходимость знать физическую организацию базы данных;
- сильная зависимость прикладных систем от физической организации базы данных;
- перегрузка логики прикладных систем деталями организации доступа к базе данных;
- отсутствие средств автоматизации проектирования баз данных;
- очень высокая стоимость.

Несмотря на свои недостатки, СУБД первого поколения используются по сей день, и большие ЭВМ по-прежнему хранят огромные массивы актуальной информации из-за значительных сложности и затрат для переноса их на компьютеры нового поколения.

Второй этап был связан с появлением реляционных СУБД. *Реляционная модель данных* была предложена в 1970 году Е. Коддом, известным американским специалистом в области данных. *Реляционная модель* позволила решить одну из важнейших задач в управлении базами данных – обеспечить независимость представления и описания данных от прикладных программ, что упростило проектирование баз данных.

Реляционная модель ориентирована на организацию данных в виде отношений, возможность использования формального аппарата алгебры отношений и реляционного исчисления для обработки данных.

Основными понятиями реляционной модели данных являются:

- реляционная модель данных – совокупность взаимосвязанных таблиц, которые принято называть отношениями или реляциями (от английского relation – отношение);
- тип данных – полностью эквивалентно соответствующий понятию в алгоритмических языках (целочисленные, вещественные, строковые, дата/время, логические, специальные);
- домен – допустимое, потенциальное множество значений данного типа;
- атрибуты – столбцы отношений имеют имена, по которым к ним производится обращение;

- схема отношений – список имен атрибутов отношения с указанием имен доменов;
- степень отношения – это число его атрибутов;
- кортеж – это набор именованных значений заданного типа;
- мощность отношения (кардинальное число) – это число его кортежей;
- ключ – атрибут (или набор атрибутов), однозначно определяющий каждый кортеж отношения и обеспечивающий уникальность строк таблицы;
- простой ключ – ключ, содержащий только один атрибут;
- сложный (составной) ключ – ключ, содержащий несколько атрибутов;
- суперключ – сложный (составной) ключ, содержащий избыточное число атрибутов;
- искусственный (суррогатный) ключ – ключ, созданный самой СУБД или пользователем с помощью некоторой процедуры, который сам по себе не содержит информации;
- естественный ключ – ключ, в который включены значимые атрибуты и который, таким образом, содержит информацию.

К основным достоинствам *реляционного подхода* к управлению базой данных относятся:

- наличие небольшого набора абстракций, которые позволяют сравнительно просто моделировать и допускают точные формальные определения, оставаясь понятными;
- наличие простого и мощного математического аппарата (см. раздел 3.3), обеспечивающего теоретический базис реляционного подхода к организации баз данных;
- возможность манипулирования данными без необходимости знания конкретной физической организации баз данных во внешней памяти.

К основным недостаткам *реляционного подхода* к управлению базой данных относятся:

- нет достаточных средств для представления смысла данных (ограничение целостности);
- предметную область трудно моделировать на основе плоских таблиц;
- нет средств для представления зависимостей;
- нет аппарата для разделения сущностей и связей.

Третий этап связан с появлением *объектно-ориентированных СУБД*. Для преодоления ограничений *реляционной модели* и обеспечения потребностей проектировщиков баз данных в более удобных и мощных средствах моделирования предметной области проектирование баз данных обычно выполняется не в терминах *реляционной модели*, а с использованием *концептуальных моделей* (см. раздел 3.2) предметной области.

Различают *концептуальные модели* двух видов.

1. *Объектно-ориентированные модели*, в которых сущности реального мира представляются в виде объектов, а не записей реляционных таблиц.

2. *Семантические модели*, отражающие значение реальных сущностей и отношений.

Объектно-ориентированную модель можно рассматривать как результат объединения *семантической модели* и *объектно-ориентированного языка программирования*.

Семантическая модель, как и реляционная, включает в себя структурную, манипуляционную и целостностную составляющие. Главным назначением *семантических моделей* является обеспечение возможности выражения *семантики* данных. Цель *семантического моделирования* – обеспечение наиболее естественных для человека способов сбора и представления информации, поэтому ее строят по аналогии с естественным языком. Основными конструктивными элементами *семантических моделей* являются *сущности*, *связи* между ними и их свойства (*атрибуты*).

Одной из наиболее популярных *семантических моделей* данных является *модель «сущность–связь»* (*ER-модель*, где **Entity**-сущность и **Relation**-связь).

Сущность – это реальный или виртуальный объект, имеющий существенное значение для предметной области, информация о которой подлежит хранению (реляционная таблица). Каждая *сущность* должна обладать следующими свойствами:

- иметь уникальный идентификатор;
- содержать один или несколько *атрибутов*, которые либо принадлежат сущности, либо наследуются через связь с другими сущностями;
- содержать совокупность *атрибутов*, однозначно идентифицирующих каждый экземпляр сущности.

Любая *сущность* может иметь произвольное количество *связей* с другими *сущностями*.

Связь – это соединение двух *сущностей*, при котором, как правило, каждый экземпляр одной *сущности*, называемый *родительской сущностью*, ассоциирован с произвольным (в том числе нулевым) количеством второй *сущности*, называемый *сущностью-потомком*, а каждый экземпляр *сущности-потомка* ассоциирован в точности с одним экземпляром *сущности-родителя*. Для каждой *связи* между *сущностями* указываются правила, обеспечивающие ее поддержание.

Атрибут является характеристикой *сущности*, значимой для предметной области (поле таблицы).

Стремление избавиться от недостатка традиционного структурного подхода привело к развитию идей, основанных на объектной декомпозиции, который получил название объектно-ориентированного. В основе его лежат понятия «объект» и «класс», причем в качестве объектов могут рассматриваться конкретные предметы, а также абстрактные или реальные сущности. Объект обладает индивидуальностью и поведением, имеет атрибуты, значения которых определяют его состояние. Каждый объект является представителем некоторого класса однотипных объектов. Класс определяет общие свойства для всех его объектов. К таким свойствам относятся:

- состав и структура данных, описывающие атрибуты класса и соответствующих объектов;
- совокупность методов-процедур, определяющих взаимодействие этого класса с внешней средой.

Объекты и классы обладают характерными свойствами, которые активно используются при объектно-ориентированном методе и определяют его преимущество.

Средствами *модели знаний* строится логическая внутренняя схема информационной модели предметной области, знания которой хотя и размещены в базе знаний, и таким образом ***моделируется предметная область в памяти компьютера***. Пользователь должен работать в терминах *модели знаний* системы управления базами знаний, которые именуются экспертными системами (ЭС).

Основными компонентами информационных технологий, используемых в ЭС (рис. 5.3), являются:

- интерфейс пользователя;
- база знания;

- интерпретатор (механизм принятия решений);
- модуль создания системы.

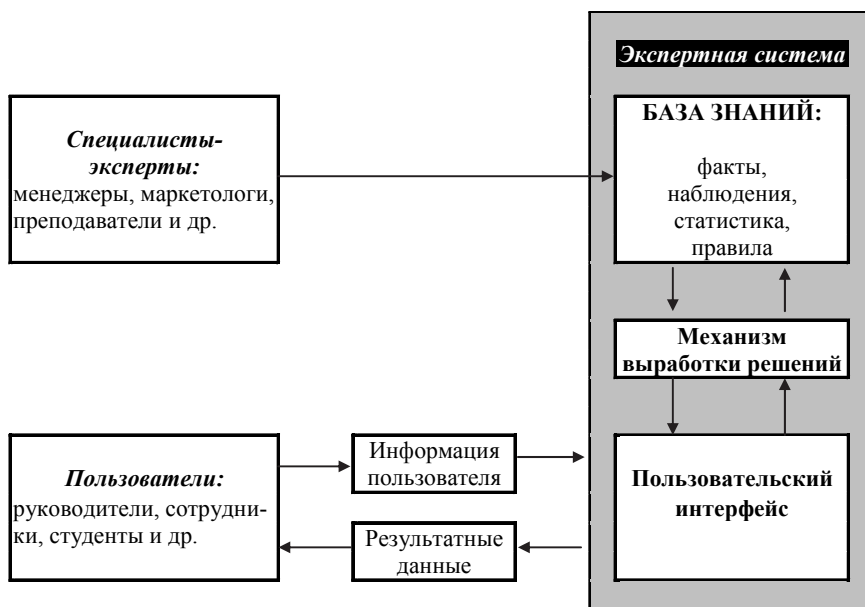


Рис. 5.3. Экспертная система

Модели представления знаний могут быть:

- *логические* (раздел 3.1);
- *сетевые* (раздел 3.3);
- *продукционные* (логическо-сетевые);
- *фреймовые* (сетевые по принципу матрешки).

Во *фреймах* знания организуются по принципу «вокруг объектов и явлений». Это позволяет выделять содержательные сущности, описывать их взаимоотношения, устанавливать «роли» отдельных элементов данных при решении задач («ролевые» фреймы).

Обычно *фрейм* имеет иерархическую организацию построения, в которой выделяются специальные образования слоты. На рис. 5.3 приведен пример использования *фреймового* представления знаний для построения базы знаний, которая использовалась при решении

задачи определения уровня конкурентоспособности продукции предприятия.

Базы знаний используются также при разработке систем искусственного интеллекта, в частности нейроноподобные сети, моделирующие работу мозга. При моделировании нейронов пользуются упрощенным описанием, поэтому такие модели называют нейроноподобными сетями. Различают два типа нейроноподобных сетей:

- узлами сети являются формальные элементы, описывающие *отдельные нейроны*;
- узлами сети являются формальные элементы, соответствующие совокупностям нейронов – *нейронным ансамблям*.

Под нейронным ансамблем понимается такая совокупность взаимосвязанных нейронов, которая возбуждается полностью при возбуждении некоторой ее части. Как объект модельного описания нейронный ансамбль отличается от нейрона двумя особенностями:

- ансамбль может быть описан как нелинейный преобразователь аналоговой информации, задаваемый набором статистических и динамических характеристик;
- ансамбль может быть поставлен в соответствие некоторой содержательной единице – понятию, образу и подобному элементу, принимающему участие в процессе мыслительной деятельности.

Следовательно, нейроноподобные сети, узлы которой соответствуют ансамблям, становятся *сетью с семантикой (семантической сетью)*. Это обстоятельство во многом изменяет подход к проблеме синтеза сетей и содержательной интерпретации протекающих в них процессов.

Результаты исследований моделирования в области нейроноподобных сетей позволили решать широкий класс задач, включая комбинаторные и оптимизационные, а также создание нейрокомпьютеров, которые смогут осуществлять параллельную обработку информации.

Следует обратить внимание на следующие аспекты.

1. Детализация представлений ЭПС – это процессы формализации и моделирования, т. е. процессы математизации.
2. Модель – это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследова-

дования, способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте.

3. Концептуальные модели (концепты или формализмы) в отличие от концепций всегда представляются на дескриптивном, в том числе блок-схемном уровне описания.

4. Математическая модель – это формальная система, представляющая собой конечное собрание символов и совершенно строгих правил оперирования этими символами в совокупности с интерпретацией свойств определенного объекта некоторыми отношениями, символами или константами.

5. Информационная модель предприятия позволяет наиболее простым способом перейти к анализу и синтезу документопотока в ЭПС предприятия – ***конечной цели создания любой ЭПС.***

6. Обработка эмпирического материала предполагает построение линейных и нелинейных математических моделей по эмпирическим данным и проверки их адекватности для формализации описания экономических процессов и систем.

7. Математическая динамическая модель, которую называют ***имитационной моделью.***

8. Средства *модели данных* – с их помощью строится логическая внутренняя схема информационной модели предметной области, данные которой хотят разместить в базе данных, и таким образом ***моделируется предметная область в памяти компьютера.***

9. Современные инструментальные продукты поддерживают в настоящее время ограниченное количество типов моделей данных: иерархические; сетевые; реляционные; объектно-ориентированные.

10. Во *фреймах* (сетевые по принципу матрешки модели) знания организуются по принципу «вокруг объектов и явлений».

11. Нейроноподобные сети, узлы которой соответствуют ансамблям, становятся ***сетью с семантикой (моделью знаний с семантической сетью).***

12. Основы теории моделирования позволяют осуществлять моделирование предметных областей в экономике.

Контрольные вопросы

1. Построение линейных и нелинейных математических моделей по эмпирическим данным и проверки их адекватности для формализации описания процессов и систем.
2. Задачи, реализуемые в процессе вычислительного моделирования.
3. Что из себя представляет основа выявления закономерностей протекания процессов при вычислительном моделировании?
4. Что следует отнести к параметрам оптимизации черного ящика?
5. Что следует отнести к регулируемым факторам черного ящика?
6. Что следует отнести к нерегулируемым, но измеряемым факторам черного ящика?
7. Что следует отнести к неизвестным факторам черного ящика?
8. Что следует отнести к регулируемым факторам?
9. Что следует отнести к нерегулируемым, но измеряемым факторам?
10. Что следует отнести к неизвестным факторам?
11. Что следует отнести к параметрам оптимизации?
12. Какой метод используется для выбора наилучшей модели?
13. Какие виды эксперимента существуют?
14. Какие планы эксперимента существуют?
15. Каким способом определяются коэффициенты функциональной зависимости между неслучайными величинами?
16. Каким способом определяются коэффициенты функциональной зависимости между случайными величинами?
17. Каким способом определяются коэффициенты функциональной зависимости между случайными и неслучайными величинами?
18. Какие типы функциональных зависимостей возможно получить в результате вычислительного моделирования?
19. Моделирование процессов и систем на ЭВМ с воспроизведением происходящих явлений, близких к реальным, с сохранением их логической структуры и расположения во времени.
20. Какие подходы используются в имитационном моделировании?

21. Какой подход заключается в использовании временных задержек в виде математического ожидания и его среднеквадратического отклонения для значимых переходов и позиций?

22. Какой подход реализует модульный принцип?

23. Какой подход учитывает возможность возникновения случайных ситуаций?

24. Каковы задачи имитационного моделирования?

25. Что входит в состав элементов имитационной модели?

26. Как описываются события в имитационной модели?

27. Как описываются условия в имитационной модели?

28. Какой пакет не относится к технологиям стратегического корпоративного планирования?

29. Какие пакеты реализуют технологию автоматизации управления в масштабах всего предприятия?

30. Как называются основные информационные технологии в экономике и управлении?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке ЭПС важно хорошо представлять современные подходы, существующие в этой области, и основные сложности этого процесса. Экономическая производственная система (ЭПС), как и любая другая техническая или социальная система, определяется как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, объединенных в некоторую структуру с целью обеспечения экономической деятельности наилучшим способом. Классификацию ЭПС осуществляют по следующим критериям: масштабу, сфере применения, способу организации, степени сложности системы и ее детерминированности. Основу построения и функционирования ЭПС составляют: компоненты представления клиента, прикладные компоненты приложения (сервиса), компоненты управления ресурсом. ЭПС характеризуется архитектурой (статикой аппаратно - программных компонентов) и информационной технологией (динамикой или технологиями обработки информации). ЭПС как особая модель объекта экономики характеризуется логической структурой конкретной системы, т. е. представляет совокупность ее взаимосвязанных и взаимодействующих логических элементов, объединенных с определенной целью. Как динамическая структура в своем становлении ЭПС проходит через ряд этапов жизненного цикла.

Жизненный цикл производственных систем представляет собой непрерывный процесс, начинающийся с момента принятия решения о создании ЭПС и заканчивается в момент полного изъятия ее из эксплуатации. В общем случае жизненный цикл можно разбить на пять этапов: анализ, проектирование, разработка, внедрение и сопровождение. Каскадная модель жизненного цикла ЭПС – это последовательный подход к разработке различных систем в любых прикладных областях.

Спиральная модель предполагает итерационный процесс разработки ЭПС. Процесс разработки ЭПС представляет собой непрерывный процесс операций над единицами информации.

В качестве меры неопределенности состояния объекта и меры недостатка информации о системе в теории информации принимается энтропия. Бит – наименьшая единица измерения информации и является мерой неопределенности, связанной с наличием всего двух возможных состояний, таких как истинно – ложно или да – нет. Количество информации, передаваемой за единицу времени, есть скорость передачи информации или скорость информационного потока. Имена – «символические заменители» каких-либо объектов. Именованное – это связь между именем и замещаемым им объектом. Составное имя – способ прямого именования элемента сложного объекта, непосредственно учитывающий структуру объекта и положение в нем элемента. Операции над единицами информации осуществляются с использованием элементов математической логики, теорий множеств и графов. Аппарат математической логики применяется в тех случаях, когда взаимосвязь между единицами информации анализируется путем логических рассуждений. При рассмотрении наиболее общих свойств объектов используются элементы теории множеств. Экономические процессы, системы и ситуации могут быть графически интерпретированы при помощи теории графов. Операции над единицами информации составляют собой математическую базу теории моделирования ЭПС.

Детализация представлений ЭПС – это процессы формализации и моделирования, т.е. процессы математизации. Модель – это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте. Концептуальные модели (концепты или формализмы) в отличие от концепций всегда представляются на дескриптивном, в том числе блок-схемном уровне описания. Математическая модель – это формальная система, представляющая собой конечное собрание символов и совершенно строгих правил оперирования этими символами в совокупности с интерпретацией свойств определенного объекта некоторыми отношениями, символами или константами. Информационная модель предприятия позволяет наиболее простым способом перейти к анализу и синтезу документопотока в ЭПС предприятия – конечной цели создания любой ЭПС. Обработка эмпирического материала пред-

полагает построение линейных и нелинейных математических моделей по эмпирическим данным и проверки их адекватности для формализации описания экономических процессов и систем. Математическую динамическую модель называют имитационной моделью. Средствами модели данных строится логическая внутренняя схема информационной модели предметной области, данные которой хотят разместить в базе данных, и таким образом моделируется предметная область в памяти компьютера. Современные инструментальные продукты поддерживают в настоящее время ограниченное количество типов моделей данных: иерархические, сетевые, реляционные, объектно-ориентированные. Во фреймах (сетевые по принципу матрешки модели) знания организуются по принципу «вокруг объектов и явлений»). Нейроноподобные сети, узлы которой соответствуют ансамблям, становятся сетью с семантикой (моделью знаний с семантической сетью).

Основы теории моделирования позволяют осуществлять моделирование предметных областей в экономике. Моделирование предметных областей в экономике с использованием деловой игры «Дельта» позволяет теоретически освоить и применить на практике рациональное поведение организации в зависимости от ситуации на рынке. Определять оптимальные цели и методы реализации стратегического управления и реализовывать их с использованием инструментов маркетинга, планирования производства совершенствования управления и использования финансовых ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Антамошкин О. А.* Программная инженерия. Теория и практика [Электронный ресурс]: учебник / О. А. Антамошкин. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2012. – 247 с.
2. *Афонин А. М.* Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации: учебное пособие / А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев, А. М. Петрова и др. – Москва: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 192 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=424277>.
3. *Бухтояров В. В.* Поддержка принятия решений при проектировании систем защиты информации: монография / В. В. Бухтояров, В. Г. Жуков, В. В. Золотарев. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 131 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=445551>.
4. *Власов М. П.* Моделирование экономических систем и процессов: учебное пособие / М. П. Власов, П. Д. Шимко. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 336 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=344989>.
5. *Кобелев Н. Б.* Вопросы теории имитационного моделирования открытых систем [Электронный ресурс] / Н. Б. Кобелев // Вторая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – Санкт-Петербург: Технологии судостроения, 2005. – С. 116–121.
6. *Кобелев Н. Б.* Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Электронный ресурс] / Н. Б. Кобелев. – Москва: Вузовский учебник, 2015. – 139 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=514320>.
7. *Кобелев Н. Б.* Теория глобальных систем и их имитационное управление: монография / Н. Б. Кобелев. – Москва: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 278 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=411720>.
8. Компьютерные технологии в образовании и предпринимательстве / под ред. М. К. Чернякова. – Чита: ЗИП СибУПК, 1997. – 447 с.
9. *Лантiev В. Н.* Информатика: программа, методические указания и задания для контрольных и самостоятельных работ / под ред. В. А. Аксенова. – Новосибирск: СибУПК, 2005. – С. 65–78.

10. *Малышевская Л. Г.* Основы моделирования в среде автоматизированной системы проектирования «Компас 3D»: учебное пособие / Л. Г. Малышевская. – Железногорск: ФГБОУ ВО СПСА ГПС МЧС России, 2017. – 72 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=912689>.
11. *Масленникова О. Е.* Основы искусственного интеллекта [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. Е. Масленникова, И. В. Гаврилова. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2013. – 282 с.
12. *Мешалкин В. П.* Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: учебное пособие / В. П. Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаук. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 357 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=560753>.
13. *Серенков П. С.* Методы менеджмента качества. Методология организационного проектирования инженерного состава системы / П. С. Серенков. – Москва : НИЦ Инфра-М; Минск : Нов. знание, 2014. – 491 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=389952>.
14. *Серенков П. С.* Методы менеджмента качества. Методология организационного проектирования инженерного состава системы / П. С. Серенков. – Москва : НИЦ Инфра-М; Минск : Нов. знание, 2014. – 491 с.
15. *Тарасик В. П.* Математическое моделирование технических систем: учебник / В. П. Тарасик. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2017. – 592 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=773106>
16. *Тимохин А. Н.* Моделирование систем управления с применением MatLab: учебник / А. Н. Тимохин, Ю. Д. Румянцев; под ред. А. Н. Тимохина. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 256 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=590240>
17. *Черняков М. К.* Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие / М. К. Черняков; Центросоюз Рос. Федерации, Сиб. ун-т потреб. кооп. – Новосибирск : СибУПК, 2005. – 127 с.
18. *Черняков М. К.* Инвестиционная привлекательность малого предпринимательства Новосибирской области / М. К. Черняков. – Новосибирск : Сибирский университет потреб. кооп., 2016. – 127,
19. *Черняков М. К.* Информационные системы маркетинга: [учеб.-метод. пособие] / М. К. Черняков. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. – 155 с.
20. *Черняков М. К.* Информационные системы маркетинга: учебно-методическое пособие / М. К. Черняков. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. – 156 с.
21. *Черняков М. К.* Информационный менеджмент: учебное пособие. Лабораторный практикум / М. К. Черняков; Сиб. ун-т потреб. кооп. – Новосибирск : СибУПК, 2016. – 184 с.
22. *Черняков М. К.* Методология создания компьютерных учебников / М. К. Черняков; Сиб. ун-т потреб. кооп. – Новосибирск : СибУПК, 2013. – 71 с.

23. *Черняков М. К.* Модели дистанционного обучения / М. К. Черняков; Технологии в образовании // Материалы международной научно-методической конференции (20–28 апреля 2017 г.). – Новосибирск: НОУ ВПО Центросоюза РФ СибУПК, 2017. – С. 6–12.
24. *Черняков М. К.* Моделирование систем управления: учебное пособие / М. К. Черняков. – Чита : ЗИП СибУПК, 1999. – 64 с.
25. *Черняков М. К.* Моделирование систем: учебное пособие / М. К. Черняков. – Новосибирск: СибУПК, 2006. – 132 с.
26. *Черняков М. К.* Моделирование экономических процессов и систем / М. К. Черняков / Информационные технологии и математическое моделирование. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции (11-12 декабря 2004 года). – Ч. 2. – Томск: Изд-во Том.ун-та, 2004. – С. 164–166.
27. *Черняков М. К.* Модельное прогнозирование управленческих решений / М. К. Черняков, М. М. Чернякова / Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках. Четвертая Всероссийская научная internet-конференция. – Вып. 17. – Тамбов, 2002. – С. 56–58.
28. *Черняков М. К.* Оценка степени экономического риска: учебное пособие для экон. специальностей / М. К. Черняков; Сиб. ун-т потреб. кооперации. – Новосибирск: [б. и.], 2009. – 214 с.
29. *Черняков М. К.* Реинжиниринг бизнес-процессов: учебное пособие / М. К. Черняков; Сиб. ун-т потреб. кооп. – Новосибирск: СибУПК, 2014. – 111 с.
30. *Черняков М. К.* Ситуационное моделирование и идентификация производственных систем лекций / М. К. Черняков, Л. В. Галицкая; Идентификация, измерение характеристик и имитация случайных сигналов (состояние, перспективы развития) // Сборник материалов конференции. – Новосибирск: Изд-во ЗАО «Кант», 2009. – С. 97–101.
31. *Черняков М. К.* Совершенствование системы управления организацией методом «Управление по целям» / М. К. Черняков, В.М. Черняков; Математические методы и модели в исследовании государственных и корпоративных финансов и финансовых рынков: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (10-11 декабря 2015 г., г. Уфа). В 2-х ч. Ч.I / отв. ред. И. У. Зулъкарнай. – Уфа : Аэтерна. – 2015. С. 129–132.
32. *Черняков М. К.* Теория экономических производственных систем: учебное пособие / М. К. Черняков; Сиб. ун-т потребит. кооп. – Новосибирск : СибУПК, 2006. – 127 с.
33. *Черняков М. К.* Управление рисками: курс лекций / М. К. Черняков; Центросоюз Рос. Федерации, Сиб. ун-т потребит. кооп. – Новосибирск : СибУПК, 2013. – 122 с.
34. *Черняков М. К.* Модельное прогнозирование в экономике / М. К. Черняков, Н. Н. Шаланов. – Новосибирск : СибУПК, 1997. – 123 с.
35. *Чикуров Н. Г.* Моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Москва : ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392652>.

Черняков Михаил Константинович

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ**

Учебное пособие

Редактор *Л.Н. Ветчакова*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*
Компьютерная верстка *Н.В. Гаврилова*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 28.09.2020. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная
Тираж 50 экз. Уч.-изд. л. 5,58. Печ. л. 6,0. Изд. № 65. Заказ № 885
Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20