

Ю.П. Ехлаков

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

**Учебник для студентов специальности
220200 — «Автоматизированные системы обработки
информации и управления»**

Томск 2001

УДК 658.012.011.56.01

ББК 22.181

Ю.П. Ехлаков

Теоретические основы автоматизированного управления. — Томск: Изд-во Томск. госуниверситета систем управления и радиоэлектроники, 2001. — 337 с.

В учебнике рассматриваются теоретические и практические вопросы проектирования автоматизированных систем и информационных технологий управления. Содержание учебника включает три крупных темы: системный анализ и его применение при проектировании систем, математические методы и модели планирования и принятия решений, методологические вопросы проектирования и внедрения автоматизированных систем и информационных технологий.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника»; специалистов, занимающихся проблемами проектирования и внедрения автоматизированных систем обработки информации и управления.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	7
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	14
1.1. Кибернетическая модель управления.....	14
1.2. Классификация систем по управлению.....	17
1.3. Основные функции управления.....	20
1.4. Организационные структуры системы управления.....	26
1.5. Основные модели управления организацией.....	34
1.6. Ключевые элементы управления.....	37
1.7. Основные положения по проектированию финансовых структур управления организацией.....	40
1.8. Производственно-технологические структуры объекта управления..	42
2. СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.....	49
2.1. Основные понятия и определения системного анализа.....	49
2.1.1. Система и среда.....	49
2.1.2. Проблемная ситуация.....	53
2.1.3. Цели системы.....	55
2.1.4. Показатели эффективности достижения целей.....	58
2.1.5. Функции системы.....	60
2.1.6. Стратегии развития организации.....	64
2.1.7. Структура системы.....	66
2.1.8. Внешние условия системы.....	69
2.1.9. Основные этапы системной деятельности.....	70
2.2. Содержательные модели системы.....	72
2.2.1. Определение и классификация моделей.....	72
2.2.2. Модель «черного ящика».....	75
2.2.3. Модель состава системы.....	77
2.2.4. Модель структуры системы.....	78
2.3. Технология структурного анализа и моделирования.....	81
2.4. Основные функциональные характеристики сложных систем.....	91
3. УПРАВЛЕНИЕ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ.....	99
3.1. Содержание и классификация задач принятия решений.....	99
3.2. Метод экспертных оценок.....	104
3.2.1. Постановка задачи.....	104
3.2.2. Формирование экспертной комиссии.....	107
3.2.3. Организация экспертного опроса.....	109
3.2.4. Формальные методы описания предпочтений объектов.....	111
3.2.5. Формальные методы определения предпочтений.....	113
3.2.6. Математические методы обработки результатов экспертизы... ..	115
3.2.7. Оценка согласованности экспертов.....	117
3.3. Формальное описание таблиц решений.....	119

4. СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	124
4.1. Содержательная модель декомпозиции сложных систем — метод «дерева целей».....	124
4.2. Модель последовательного синтеза автоматизированных информационных технологий управления.....	132
4.3. Содержательные методы построения информационных моделей системы.....	135
4.4. Содержательные модели проектирования организационного регламента деятельности.....	140
4.4.1. Определение и классификация организационных регламентов	140
4.4.2. Проектирование организационного регламента деятельности..	142
4.4.3. Моделирование организационного регламента деятельности...	149
5. ЛОГИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ.....	156
5.1. Основные понятия и функциональная структура логистики.....	156
5.2. Типовые логистические функции.....	164
5.3. Типовые логистические системы.....	168
5.4. Закупочная логистика.....	173
5.4.1. Основные функции и задачи закупочной логистики.....	173
5.4.2. Технология выбора поставщиков.....	175
5.4.3. Способы определения потребности в материальных ресурсах	179
5.4.4. Планирование и организация закупок.....	179
5.4.5. Организация функционирования систем снабжения.....	182
6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ.....	185
6.1. Общая постановка задачи.....	185
6.2. Построение многофакторных регрессионных моделей.....	187
6.2.1. Этапы построения регрессионных моделей.....	187
6.2.2. Выбор и обоснование факторов-аргументов.....	188
6.2.3. Выбор и обоснование формы уравнения регрессии.....	189
6.2.4. Определение параметров уравнения регрессии.....	191
6.2.5. Статистическое оценивание параметров.....	192
6.2.6. Оценка точности и надежности модели.....	193
6.3. Трендовые модели.....	194
6.4. Производственные функции.....	197
6.4.1. Основные факторы производства, производственные функции	197
6.4.2. Основные характеристики производственных функций.....	201
6.5. Функции производственных издержек (затрат).....	207

7. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ.....	210
7.1. Модели развития и размещения производств	210
7.1.1. Классификация моделей.....	210
7.1.2. Одноэтапные модели развития и размещения.....	212
7.1.3. Многоэтапные модели развития и размещения.....	215
7.1.4. Математическая модель определения.....	220
7.2. Модели определения оптимальной производственной программы предприятия.....	221
7.2.1. Анализ возможных секторов рынка предприятия.....	221
7.2.2. Анализ производственно-экономических возможностей.....	223
7.2.3. Формирование маркетинговой стратегии реализации продукции.....	227
7.2.4. Математическая модель формирования производственной программы.....	229
8. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ.....	233
8.1. Математический аппарат решения задач календарного планирования — теория расписаний.....	233
8.1.1. Классификация задач теории расписаний.....	233
8.1.2. Обобщенная постановка задачи С. Джонсона.....	234
8.2. Основные понятия теории расписаний.....	237
8.2.1. Основные элементы описания производственного процесса	237
8.2.2. Понятия и основные виды функций предпочтения.....	239
8.2.3. Способы оценки точности алгоритмов календарного планирования.....	241
8.2.4. Локальные процедуры улучшения качества расписания.....	243
8.3. Алгоритмы решения общей задачи календарного планирования	245
8.3.1. Задача календарного планирования участка с полным циклом изготовления изделия (сетевая технология).....	245
8.3.2. Задача календарного планирования участка с полным циклом изготовления изделий по линейно-последовательной технологии.....	250
8.4. Задача календарного планирования заготовительного участка.....	255
8.5. Задача календарного планирования участка однотипного взаимозаменяемого оборудования.....	259

9. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ	265
9.1. Основные понятия и определения АСОИУ.....	265
9.2. Понятие комплексности и интеграции в АСОИУ.....	272
9.3. Состав и функциональная структура автоматизированных учрежденческих систем.....	275
9.4. Основные положения по проектированию информационных систем обеспечения решений.....	277
9.5. Состав и функциональная структура гибких автоматизированных производств (ГАП).....	282
9.6. Основные принципы проектирования АСОИУ.....	286
10. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСОИУ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ.....	291
10.1. Проблемы использования готовых программных и информационных компонент при проектировании АСОИУ.....	291
10.2. Индустриальные методы проектирования АСОИУ.....	296
10.3. Отечественные и зарубежные стандарты на проектирование механизмов защиты и обеспечения безопасности функционирования программных средств.....	305
10.4. Стандартизация и обеспечение качества проектирования программных продуктов и информационных систем.....	309
10.4.1. Стандартизация основных этапов жизненного цикла создания, сопровождения и документирования АСОИУ...	309
10.4.2. Стандартизированные показатели качества программных систем и баз данных.....	327
10.4.3. Технология использования стандартов при проектировании программных комплексов и информационных систем.....	331
Список используемой литературы.....	335

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Теоретические основы автоматизированного управления» входит в состав общеобразовательных дисциплин Государственного образовательного стандарта по специальности 220200 — «Автоматизированные системы обработки информации и управления» (АСОИУ). Теоретической базой дисциплины являются два взаимосвязанных научных направления:

- 1) кибернетика как фундаментальная наука об управлении;
- 2) информатика как фундаментальная наука о методах, средствах и системах сбора, передачи и обработки информации.

Сопоставляя эти научные дисциплины, выделим прежде всего объекты и предметы их изучения, методы, средства и области применения.

Название кибернетика происходит от соединения двух греческих слов: «*кибер*» (в переводе «над») и «*наутис*» («моряк»), т.е. «кибернаутис» — старший над моряками, кормчий. Греческий философ Платон впервые использовал термин «кибернетика» как искусство управления обществом. В XVIII в. французский ученый Ампер, составляя классификацию наук, также назвал кибернетикой науку об управлении обществом. В 1948 году Н. Винер в своей книге «Кибернетика или управление и связь в животном и машине» применил этот термин в более широком современном смысле и изложил, по существу, программу развития кибернетики. Винер утверждает, что кибернетика как наука об управлении в живом и неживом мире основывается на математике и вычислительных машинах.

В нашей стране кибернетика как наука о наиболее общих законах управления начала интенсивно развиваться с 1955 года. Большую роль в период становления кибернетики сыграли советские ученые А.А. Ляпунов и В.М. Глушков. А.А. Ляпунов дает следующее определение: «*Кибернетика — это наука об общих закономерностях строения управляющих систем и течения процессов управления. Она изучает процессы хранения, передачи, переработки и восприятия информации*».

Большое влияние на развитие кибернетики в СССР оказал академик В.М. Глушков, работавший в основном в области теории цифровых автоматов, формальных языков и искусственного интеллекта. Ему же принадлежит идея создания первых автоматизированных систем управления предприятием (АСУП) «Кунцево», «Львов», а также общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАС). Данное им определение кибернетики, вошедшее в Советскую энциклопедию и ряд энциклопедий других стран, выглядит следующим образом: «*Кибернетика — это наука об общих законах получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах*». Следует отметить, что это определение раскрывает только теоретическую сторону проводимых исследований. В.М. Глушков вместе с тем отмечал, что кибернетика, как и физика, подразделяется на теоретическую и прикладную.

Основными категориями теоретической кибернетики являются «сложная система», «модель», «межсистемный изоморфизм», «черный ящик», «управление», «обратная связь», «наблюдатель», «внешние условия», «принцип необходимого разнообразия». В сочетании с общепознавательными методами «классификации», «обобщения», «абстрагирования», «анализа-синтеза» кибернетика добросовестно выполняет свою роль в разработке методологии изучения и проектирования сложных систем.

Области приложения кибернетики как прикладной науки достаточно обширны, появляются такие направления, как техническая кибернетика, экономическая кибернетика, биологическая кибернетика, медицинская кибернетика, нейрокибернетика и т.д. Кибернетика изучает проблемы анализа и синтеза сложных целенаправленных систем, законы управления и вопросы построения и исследования моделей этих систем и т.д. Применительно к организационно-технологическим системам кибернетика как наука об управлении включает следующие основные направления:

- системный анализ и общую теорию систем;
- теорию автоматического управления;
- теорию оптимального управления производством, экономикой, финансами и т.д.;
- теорию выбора и принятия решений;
- распознавание образов и искусственный интеллект;
- теорию расписаний;
- математическое моделирование;
- теорию массового обслуживания и т.д.

Основное прикладное назначение кибернетики — проектирование автоматических, автоматизированных и интегрированных систем различного класса и назначения. При этом с точки зрения управления в организационных системах можно выделить следующие уровни предметной области кибернетики:

- проведение предпроектного исследования объектов информатизации;
- выбор и обоснование оптимальной структуры объекта и системы управления;
- разработку математических моделей оптимального управления процессами и системами;
- проектирование основных бизнес-процессов функционирования организации;
- разработку отдельных устройств, гибких производственных модулей, автоматизированных систем управления технологическими процессами и установками;
- разработку индустриальных методов проектирования АСОИУ.

Многогранность направлений исследований, проводимых в рамках кибернетики, а также тот факт, что на Западе кибернетика трактуется значительно уже (наука о наиболее общих законах управления в биологии и медицине), являются основными причинами выделения информатики в отдельную область знаний. Авторы [1] отмечают, что становлению информатики как

фундаментальной научной дисциплины, оттесняющей (подменяющей) кибернетику, способствовало массовое появление персональных компьютеров, в обществе стало укореняться мнение: «там, где компьютер, там и информатика».

Прежде чем перейти к рассмотрению информатики как научной дисциплины, остановимся на термине «информация». Термин «информация» происходит от латинского слова «informatio», что означает разъяснение, изложение. Это нашло свое отражение и в определении информации как обозначения сведений, знаний о системе и среде ее функционирования. В этом смысле информация есть ни что иное, как средство реализации различных методов управления. Как правило, к информации, используемой для управления, предъявляют следующие требования: своевременность, доступность, ценность (полезность), полнота, достоверность, определенность, лаконичность, восприятие, глубина, убедительность.

Информатика как наука, интегрально связывающая воедино многочисленные проблемы сбора, передачи, переработки, отображения и хранения информации, начала формироваться в начале шестидесятых годов. Первые попытки создания рабочей программы по информатике как учебной дисциплине были предприняты в 1963 году профессором Московского энергетического института Темниковым. Им же впервые дано определение и формально-математическое описание информационного процесса и информационной системы. Первые определения информатики как науки связаны с решением проблем с оздания полнотекстовых баз данных при организации библиотечного дела, патентоведения, изобретательства и т.д. Определение, раскрывающее этот смысл, выглядит следующим образом: **«Информатика — научная дисциплина, изучающая структуру и общие свойства научной информации, а также закономерности всех процессов научной коммуникации»**. Это определение, кроме проблем сбора и распространения чисто научной информации, затрагивает вопросы ее эффективного использования в различных отраслях народного хозяйства.

В прикладной информатике в этот период времени развиваются теории проектирования автоматизированных информационных и информационно-поисковых систем, формирования баз данных и знаний. С бурным распространением персональных ЭВМ, интенсивным развитием систем и сетей передачи данных возникает принципиально новая возможность реализации технологий обработки информации. Появляется понятие информационной технологии, изменяется само понятие информатики как науки.

Академик Шемякин отмечает, что **«информатика изучает информационные связи и соотносится с кибернетикой как информация с управлением»**. В этом случае, как и в кибернетике, следует, очевидно, различать биологическую, экономическую, медицинскую, юридическую информатику и т.д.

В.М. Глушков определяет информатику как **«дисциплину, связанную с процессами сбора, передачи, обработки, хранения и использования информации в различных областях человеческой деятельности»**.

По определению академика А.Л. Ершова «информатика представляет собой фундаментальную естественную дисциплину, изучающую законы и методы

накопления, обработки и передачи информации в природных, технических и социальных системах». Эта наука опирается на философское учение об информации в процессах отображения и состоит из таких конкретных областей, как теоретические основы вычислительной и коммуникационной техники, алгоритмика, программирование, искусственный интеллект, теория когнитивных процессов, включая вычислительный эксперимент, информология или учение об информационных процессах в обществе [2].

В настоящее время наиболее распространенное определение информатики выглядит следующим образом: *под информатикой следует понимать совокупность фундаментальных и прикладных научных направлений, изучающих технические, программные и алгоритмические аспекты процессов накопления, передачи и обработки информации, а также их использование в различных областях человеческой деятельности*. Если кибернетика изучает общие законы движения информации в целенаправленных системах и в основе кибернетики лежит моделирование, то информатика изучает вопросы информационного содержания этих моделей. В настоящее время информатика в прикладной области интерпретируется как наука об ЭВМ и их алгоритмическом и программном обеспечении и содержит основные дисциплины:

- математическую логику;
- комбинаторику;
- теорию графов;
- теорию дискретных автоматов;
- теорию формальных языков;
- программирование;
- теорию баз данных и знаний, хранилища данных;
- распределенные информационные системы и сети ЭВМ и т.д.

В то же время с точки зрения физических процессов переработки информации рядом авторов в разделах информатики рассматриваются следующие направления исследований:

- теория информационных систем;
- теория сигналов и кодирования;
- теория измерений;
- теория цепей;
- теория коммуникационных устройств;
- теория средств отображения;
- теория передачи и преобразования информации.

Имеются и другие трактовки предмета информатики как науки и как прикладной отрасли, связанной с созданием «индустрии информатики».

В период становления трудно, очевидно, перечислить все предметные области науки информатики, выделим лишь те, которые имеют непосредственное отношение к автоматизированным системам обработки информации и управления:

- разработку методов и средств создания дружественных интерфейсов пользователей;

- создание информационных моделей процессов, объектов и систем управления;
- проектирование территориально-распределенных баз данных, хранилищ данных, технологию их ведения и использования;
- проектирование неоднородных сетей ЭВМ;
- создание эффективных программных систем обработки информации и управления.

В последнее время появился термин «информационные национальные ресурсы». Этот термин исходит из общепринятого международного понятия информатики, которое охватывает области, связанные с разработкой, созданием, использованием и материально-техническим обслуживанием систем обработки информации, включая машины, оборудование, математическое обеспечение, организационные аспекты, а также комплекс промышленного, социального и политического воздействия, т.е. информатика рассматривается как отрасль общественно-полезной деятельности (информационной деятельности), охватывающая широкую область обработки информации на этапах возникновения, передачи, обработки и хранения.

Все эти вопросы в той либо иной степени отражаются в Федеральном законе «Об информации, информатизации и защите информации», а также «Концепции формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов» [3, 4].

К основным видам информационных национальных ресурсов относятся экономическая, производственная, военная, рыночная, банковская, финансовая, юридическая и научно-техническая информация. При этом следует отметить, что в экономических и юридических вопросах накопления, охраны и использования таких видов информации у нас в стране существует ряд проблем, основными из которых являются:

- разработка методов и средств эффективного создания и рационального использования информационных ресурсов, создание новых организационных структур управления информационной индустрией;
- определение экономической категории информации, информационной продукции, информационной услуги;
- определение стоимости информационных услуг и информационной продукции, номенклатуры информационной продукции, экономической эффективности информационного обслуживания;
- экономическое обоснование эксплуатации баз данных и знаний, сетей ЭВМ, средств передачи информационной продукции.

Особое внимание в последнее время уделяется проблемам информационной безопасности компьютерных систем.

В заключение отметим, что при внедрении методов и средств информатики пользователь, естественно, ожидает улучшения экономических показателей деятельности своей фирмы. Вместе с тем любая информационная система есть только средство, инструментарий переработки информации, и каких-либо экономических изменений следует ожидать только от эффективного сочетания

методов и средств математической кибернетики как науки о моделировании процессов управления и информатики как науки об информационной поддержке процессов управления.

Большинство вопросов, освещаемых в вышеперечисленных разделах информатики и кибернетики, в том или ином виде излагаются в типовом учебном плане специальности 220200 «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Задачей же учебного курса «Теоретические основы автоматизированного управления» является:

- формирование у студента теоретических знаний по основам системного анализа, современной теории управления организационными системами, индустриальным методам проектирования АСОИУ, математическим моделям и алгоритмам планирования в производственных системах;
- приобретение студентами практических навыков по предпроектному анализу объектов информатизации, выявлению множества функций и задач управления, выбору и обоснованию состава функциональных и обеспечивающих подсистем, использованию математических моделей и алгоритмов на всех стадиях планирования производства.

Содержание учебника и функциональные связи между его основными частями представлены на рис. 1.

В результате изучения курса студент должен освоить:

- основы системного анализа и теории управления организационными комплексами;
- содержательные модели системного анализа и их применение при изучении процессов функционирования сложных производственных систем, проектировании структур и технологий управления ими;
- методы получения и обработки экспертной информации и их применение при анализе слабоструктурированных проблемных ситуаций, разработке стратегий развития систем различного класса и назначения;
- методы построения математических моделей производственных функций и их применение при проведении количественного анализа в производственных системах;
- методы и модели производственного планирования (развития и размещения производства, формирования производственной программы, оперативно-календарного планирования);
- логистические методы управления материальными, финансовыми и информационными потоками в производственно-технологических системах.

Каждый раздел учебника содержит перечень контрольных вопросов для самопроверки теоретических знаний.

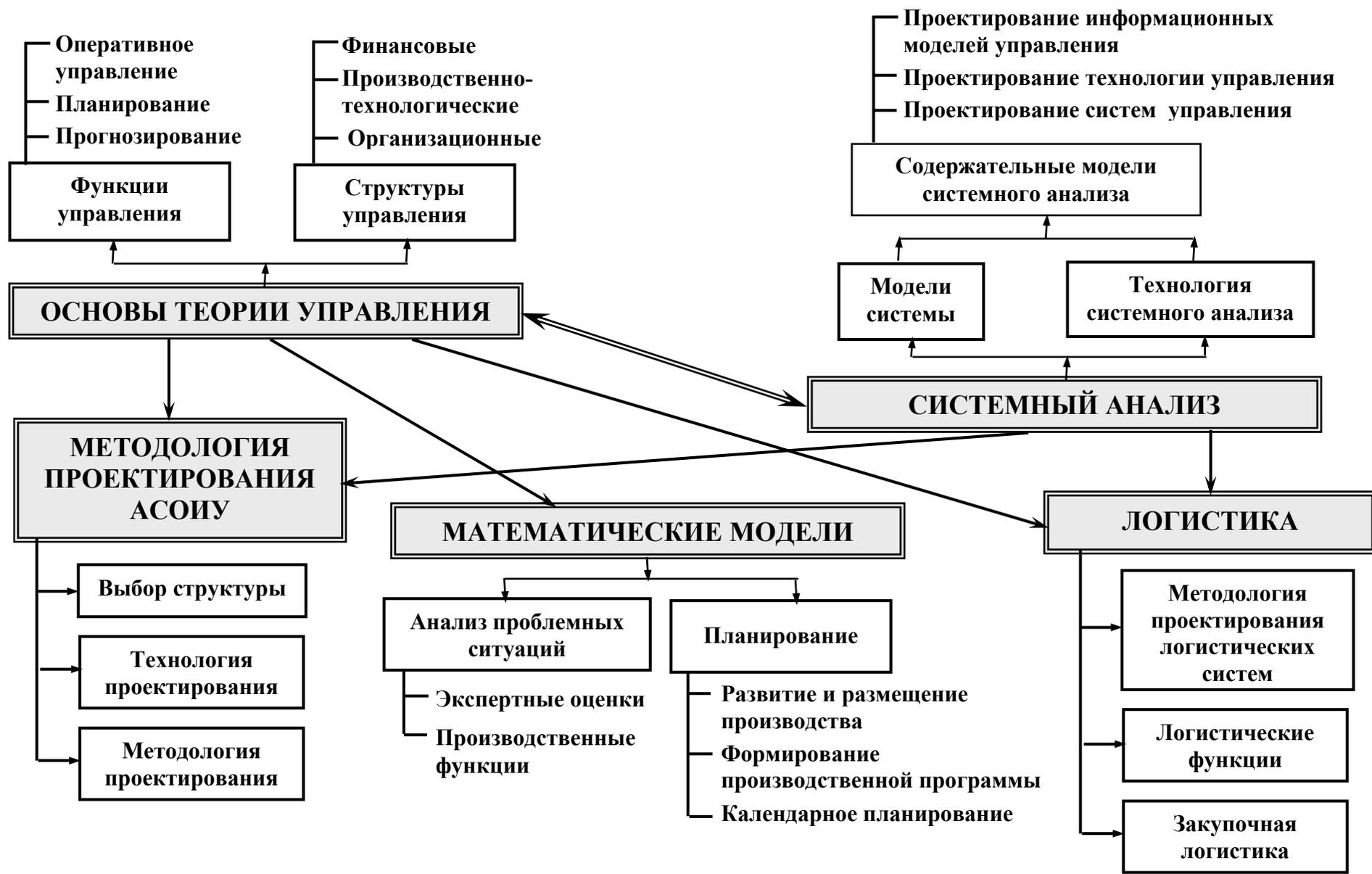


Рис. 1. Функциональные связи между основными разделами учебника

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ

1.1. Кибернетическая модель управления

Понятие «управление» корнями уходит в древние века и не имеет однозначного толкования. Так, еще древнегреческий историк Полибий с точки зрения управления государством выделял: царство (единовластие), аристократию (власть немногих), демократию (власть большинства) [5].

В то же время по форме властвования им выделялись *монархия* — власть, осуществляемая одним человеком, передаваемая, как правило, по наследству, *олигархия* — власть меньшинства, захваченная силовым путем, и, наконец, *охлократия* — власть народа, выраженная не как желание организованного большинства, а как желание стихийно действующей массы (толпы) людей.

Древнего китайского историка Сынь Цяня не интересовало, сколько человек представляет власть и кто именно. Власть в его понимании — управление людьми, поэтому правитель должен достаточно хорошо разбираться в психологии личности, учитывая такие качества характера, как прямоту, инстинкт почитания, стремление к творчеству, опираясь на которые можно осуществлять мотивацию деятельности отдельных членов общества и управлять развитием общества в целом.

При этом конкретная функция власти может быть реализована в следующих проявлениях [6].

Власть должности происходит не из самой должности, а делегируется ее обладателю теми, кому она принадлежит.

Личная власть основывается на уважительном и преданном отношении к ее обладателю со стороны подчиненных, на разумном сочетании личных и общественных целей организации.

Под *экспертной властью* понимают способность лидера влиять на подчиненных в силу своей образованности, опыта и таланта.

Власть примера основана на участии лидера в реализации ряда общественных функций, проявлении его личных привлекательных качеств.

Власть веры определяется единством руководителя и коллектива в религиозных воззрениях, ценностях, стереотипах поведения.

С тех древних времен сам термин «управление» и элементы, его определяющие, претерпели существенные изменения. На сегодняшний день основными особенностями процессов управления организацией в рыночной экономике являются:

- стихийное поведение рынка товаров и услуг;
- жесткая конкурентная борьба на рынке;
- участие в управлении большого количества людей;
- разрастание масштабов современного предприятия, усложнение технологических процессов и производств;

- кратчайшие сроки от возникновения идеи о создании нового продукта (технологии) до ее практической реализации.

Роль управления сводится не к тому, чтобы стоять на вершине пирамиды и контролировать людей, а к тому, чтобы вдохновлять их, придавать им новые силы, создавать условия для эффективного творческого труда.

Теодор Рузвельт высказывался по этому поводу следующим образом: «Лучший руководитель — это тот, у кого достаточно здравого смысла, чтобы найти подходящих людей, способных сделать то, что он хочет, и достаточно самообладания, чтобы не вмешиваться, когда они это делают».

В современных условиях термин **«управление»** также имеет различную трактовку с точки зрения его дальнейшей классификации. Например с точки зрения осуществляемых функций, управление можно декомпозировать на следующие составляющие: *< целеваяявление → выработка решения → организация исполнения → учет и контроль → регулирование >*.

С точки зрения элементов и механизмов управления в литературе выделяются *< структура → стратегия → системы и процедуры → совместное разделение ценностей → сумма навыков → стиль → состав персонала >* [7].

С точки зрения методов управление декомпозируется на *административное, экономическое, юридическое*.

В целом же все авторы сходятся к мнению, что «управление — это руководство коллективом людей для достижения определенных целей». Так, в производственной сфере управление рассматривается как целенаправленное воздействие на коллективы людей для организации и координации их деятельности в процессе производства.

Вместе с тем практически все определения рассматривают этот термин с двух принципиально различных точек зрения:

- понятия управленческого решения как специфического вида деятельности;
- понятия управления как специфического процесса (технологии).

В первом случае, рассматривая управление как **управленческую деятельность**, необходимо исходить из интересов, целей и задач управляющего по отношению к управляемому. Управленческая деятельность представляет собой отношение системы управления к объекту управления, который всегда и везде конкретно задан. Руководитель фирмы, принимая управленческое решение, должен знать технику и технологию производства, а также экономические механизмы управления; уметь ясно формулировать конечную цель, правильно определять цели для отдельных структурных подразделений; знать законы государства; быть хорошим воспитателем, психологом, организатором и т.д. В то же время сам он должен обладать рядом специфических качеств, основными из которых являются [5]:

- умение ориентироваться на коллективное мнение как сотрудников, так и клиентов;
- высокая исполнительская дисциплина;
- дух соперничества, способность противостоять конкурентной борьбе;

- умение найти поддержку в вышестоящих инстанциях;
- системность мышления;
- прагматизм, гибкость и способность иметь дело с неопределенностью («тупая последовательность — конек небольшого ума»);
- ориентация на перспективу.

Если же рассматривать управление как *процесс*, то содержание этого понятия можно выяснить с помощью общих законов управления. При этом исследуются структурные особенности процесса, последовательность этапов и т.д. В этом случае управление рассматривается независимо от конкретных характеристик объекта и системы управления, т.е. можно принимать управленческие решения, не познавая полностью объект управления. Можно не знать устройства телевизора, но управлять его работой, пользуясь ручным управлением.

Таким образом, управленческая деятельность представляет собой один из источников творческого начала человеческого познания. Управление же как процесс можно полностью формализовать, переводя его на адекватный язык содержательных и математических моделей.

Наука, в рамках которой рассматриваются наиболее общие законы управления, получила название *кибернетики*. С точки зрения кибернетического подхода управление как процесс предполагает существование объекта управления, системы управления, функций и технологий управления.

Под *объектом управления* понимаются производственно-технологические, организационно-экономические, социальные системы, обеспечивающие производство определенных конечных продуктов, благ, услуг. В свою очередь, *системой управления* будем называть совокупность людей, методов и механизмов, организованных в определенные структуры, обеспечивающие целенаправленное функционирование объекта управления при ограниченных ресурсах и времени.

Под *функцией управления* будем понимать множество целенаправленных воздействий системы управления на объект управления, обеспечивающих достижение системой поставленных целей при оптимизации заданных критериев эффективности и ограничениях. И, наконец, под *технологией управления* понимается последовательность и способы целенаправленного воздействия объекта управления на систему управления, а также их документальное оформление (документирование).

Очевидно, что последовательность целенаправленного воздействия будет определяться принятой моделью жизненного цикла управления, способы воздействия формируются и регулируются административными, экономическими и юридическими механизмами управления, документирование же описывает принятый документооборот после реализации первых двух этапов. На рис. 1.1 представлена обобщенная кибернетическая модель взаимодействия объекта и системы управления.

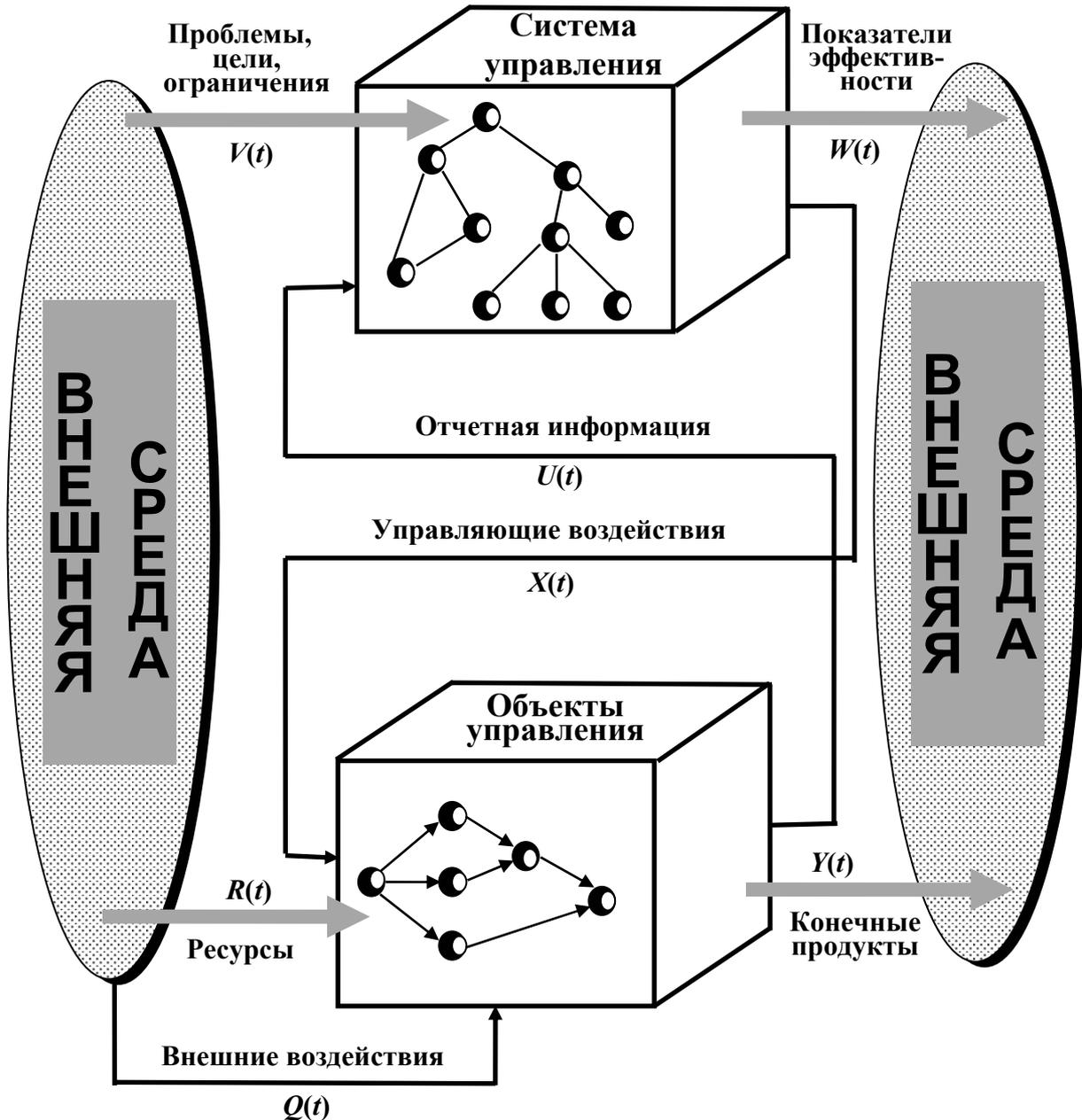


Рис. 1.1. Обобщающая кибернетическая модель управления

Задача управления состоит в том, чтобы исходя из целей управления, ограничений и возмущений со стороны внешней среды, выработать управляющие воздействия на объект управления и обеспечить их неукоснительное выполнение. Естественным стремлением системы управления является определение оптимального управленческого решения.

1.2. Классификация систем по управлению

В специальной литературе можно встретить различные подходы к классификации систем по управлению. Все эти подходы отражают, как

правило, одну из многих отличительных особенностей управления. На рис. 1.2 представлен один из вариантов классификации, основанный на материалах, изложенных в [8].

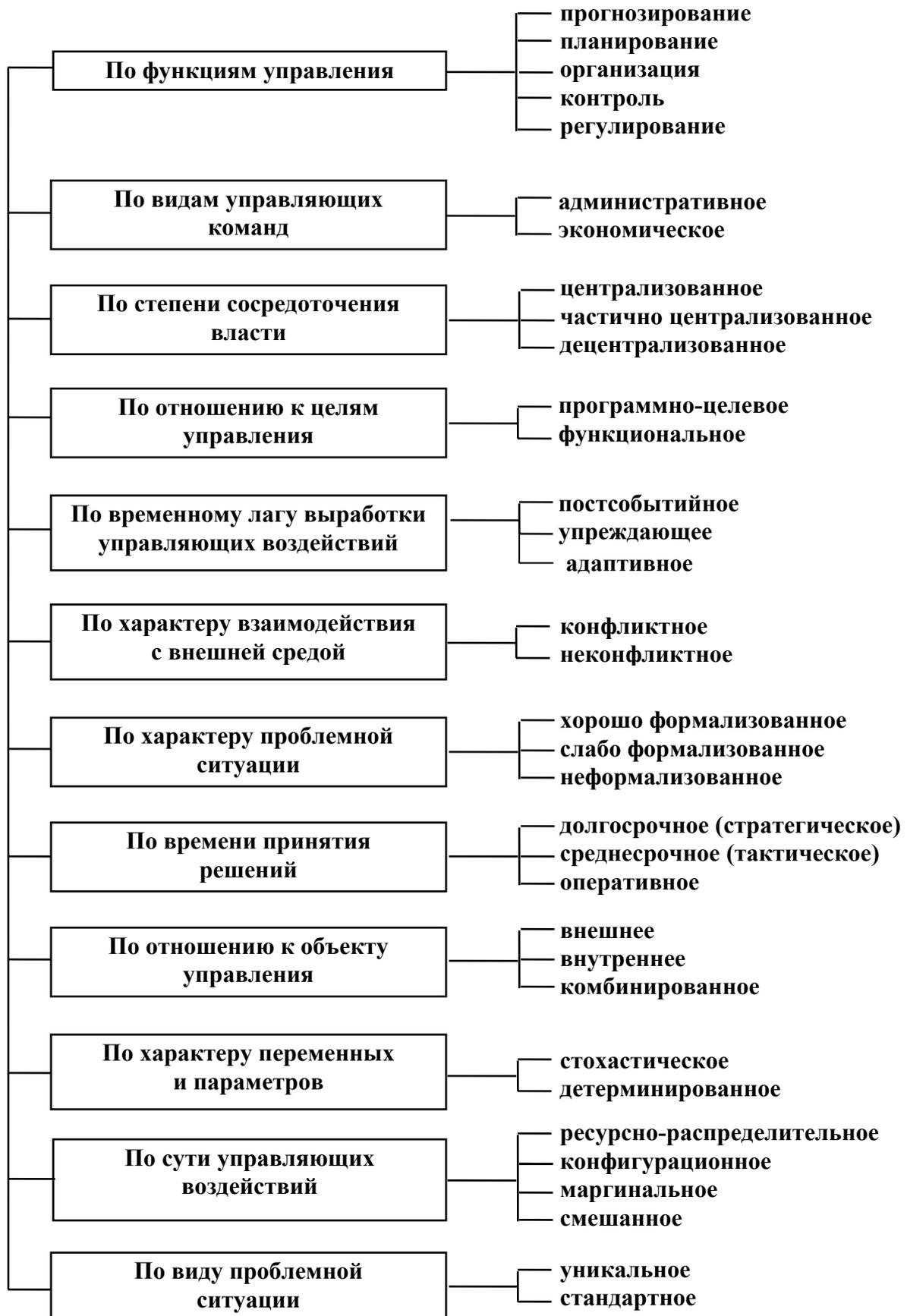


Рис. 1.2. Классификация функций организационного управления

Особенности управления по таким параметрам, как характер и вид проблемных ситуаций, время принятия решений, характеры переменных и виды функций и управляющих команд достаточно подробно описаны в соответствующих разделах учебника, поэтому в данном разделе кратко остановимся только на оставшихся классах.

Централизованное управление означает сосредоточение всей власти в одном органе управления, децентрализация означает разделение полномочий между несколькими структурами, не находящимися между собой в прямом подчинении, при этом каждая из структур несет равную ответственность за результаты деятельности. Частичная децентрализация предполагает наделение ряда органов управления конкретными полномочиями, при этом в целом решение принимается на коллегиальном уровне.

Безконфликтное управление ориентировано на достижение единства целей и интересов всех элементов системы, в то время как конфликтным ситуациям свойственны некоторые противоречия.

Внутреннее управление предполагает наличие единства объекта и системы управления, в то время как внешнее реализуется через управляющий орган, находящийся вне системы, и, наконец, комбинированное управление объединяет в себе рациональное сочетание обоих принципов.

Ресурсно-распорядительному управлению свойственны в основном задачи распределения ресурсов при заданных целевых установках и ограничениях системы.

Конфигурационными считаются решения, результатом которых является модернизация либо изменение внутреннего устройства системы (изменение структуры, перераспределение функций, отношений между элементами).

Маргинальными называются управляющие воздействия, направленные на изменение отношений между системой и элементами внешней среды.

Постсобытийное решение принимается в ситуациях, требующих корректировки деятельности при уже имеющихся отклонениях фактического и планового состояния системы, в то время как упреждающее управление ориентировано на недопущение этих ситуаций. Очевидно, что второй вид управления требует наличия соответствующих моделей прогнозирования и специальной подготовки персонала.

Функциональное управление предполагает рациональное выполнение нормативных функций системы, определенных ее назначением, при этом считаются постоянными и цели системы, и ее структура управления. Программно-целевое управление характерно для развивающихся систем, когда под определенные цели формулируется множество функций по их достижению, проектируется структура, определяется множество необходимых ресурсов и других условий.

1.3. Основные функции управления

В литературе имеется достаточное количество вариантов классификации основных функций управления, например вариант 1: *<планирование, организация, оперативное управление, связь>*.

Более подробное описание основных типов управленческого решения содержит вариант 2: *<прогнозирование проблемных ситуаций, выбор и обоснование нормативных целей, выработка управляющих воздействий, организация исполнения решений, оперативное управление>*.

Наконец, такая же подробная детализация функции управления содержится и в третьем варианте, хотя наименование и последовательность этапов несколько отличается: *<определение целей, обнаружение проблем, выявление причин, вызывающих проблемы, поиск решения, отбор наилучшего решения, согласование решения, утверждение решения, подготовка к вводу решения в действие, управление процессами реализации решения, оценка последствий от принятого решения>*. Однако большинство авторов сходятся во мнении, что при описании основных функций управления целесообразно выделять следующие этапы (рис. 1.3): предплановый анализ, планирование, оперативное управление, организация исполнения.



Рис. 1.3. Схема взаимодействия основных функций управления

На этапе *предпланового анализа* любая организация осуществляет анализ и прогноз собственных возможностей и состояния элементов внешней среды, выявляет и оценивает проблемные ситуации по основным видам деятельности, формирует целевые ориентиры развития. Этот этап может носить и другие наименования, например «выявление и оценка проблемных ситуаций». Некоторые авторы называют это «целеполаганием». Анализ и прогнозирование собственных возможностей производится, как правило, по следующим направлениям:

- производственно-технологические возможности предприятия;
- финансовое состояние и возможности предприятия;
- состояние трудовых ресурсов;
- место и роль предприятия на рынке товаров и услуг.

Изучение и анализ элементов внешней среды предполагает прогнозирование развития рынков товаров и услуг (цены, структуры рынка, поведения конкурентов); ценных бумаг, финансового и трудовых ресурсов.

В общем виде этап *планирования* следует рассматривать как совокупность методов и средств по определению целей функционирования и развития организации и разработке способов их реализации. При этом процедура планирования должна осуществляться путем сопоставления методов государственного регулирования производства со складывающейся в рассматриваемом периоде времени рыночной ситуацией. Чем большее влияние на производство оказывает государство, тем меньше оно подвержено влиянию рынка. В этой связи с точки зрения государственного регулирования *планирование* необходимо рассматривать как совокупность действий, направленных на безусловное выполнение плановых заданий при эффективном использовании выделенных ресурсов. Очевидно, что при любом политическом обустройстве общества государственное планирование целесообразно в тех отраслях, где требуется высокая гарантия достижения поставленных целей (военная и космическая промышленность, экология, развитие отраслей социальной сферы, планирование расходов и доходов (сбережений) населения). В свою очередь, с точки зрения рыночных отношений *планирование* следует рассматривать как совокупность действий организации, направленных на эффективное реагирование на изменения рынка, то есть постоянное приближение предложений производителей к спросу потребителей. По высказыванию одного из богатейших людей США Джона Поля Гетти, «планировать надо все, что идет не по плану» [5].

Основными рычагами *планирования* в этом случае являются номенклатура и объемы выпускаемой продукции и цены их реализации. При этом эффективность производства, в первую очередь, определяется величиной полученной прибыли.

В общем случае технология разработки и реализации процедур планирования определяется, с одной стороны, принятой схемой зарождения первичных планов, а с другой — временной иерархией процессов планирования. В первом случае речь должна идти о следующих схемах формирования планов:

- централизованное планирование «сверху вниз»;

- децентрализованное планирование «снизу вверх»;
- интерактивное планирование.

При централизованном планировании цели и задачи организации формируются в вышестоящих инстанциях. Основной задачей линейных подразделений является эффективное выполнение доведенных до них плановых заданий.

Планирование «снизу вверх» предполагает, что производственные планы зарождаются в низовых структурах. Задача центра заключается в координации деятельности подчиненных организаций, установлении стандартов единой плановой отчетности.

Интерактивное планирование представляет собой нечто среднее между двумя вышеописанными схемами. Цели и основные пути их достижения формулируются в процессе взаимодействия «центра» и подчиненных структур. Первичный анализ внешней среды, собственных производственных возможностей проводят первичные структуры; обработка поступающей информации позволяет «центру» сформулировать общие цели и плановые задания; тактические планы выполнения плановых заданий зарождаются во взаимодействии по вертикали.

Во втором случае необходимо выбрать соответствующие *горизонты планирования*. В целом горизонт планирования определяется временем от задания цели до достижения результатов, полученных от ее реализации. С этой точки зрения принято выделять следующие виды планов:

- долгосрочные (стратегические);
- среднесрочные (текущие);
- годовые (тактические);
- оперативные.

Долгосрочные планы определяют основные цели и стратегии организации, ее приоритеты на перспективу (5–7 лет). В них в основном отражаются решения относительно традиционных и новых сфер деятельности, укрупненные целевые показатели по каждой сфере деятельности и по компании в целом. Среди долгосрочных целей наиболее общими являются следующие группы целей:

- достижение определенных финансовых показателей (например, прибыли на вложенный капитал);
- достижение определенного положения на рынке (например, объема продаж, конкретной доли на рынке какого-либо вида продукции);
- изменение сферы деятельности в продуктивном отношении (например, диверсификация);
- изменение сферы деятельности в географическом плане.

Последняя из четырех целей особенно существенна для многонациональной корпорации, так как планирование деятельности в новом регионе должно непременно учитывать возможные проблемы.

Большое внимание на этапе долгосрочного планирования уделяется миссии организации. При этом разработка миссии предполагает определение предназначения организации прежде всего у собственников, руководства и персона-

ла (формирование представления о фирме с точки зрения ее сотрудников), затем уже — у населения, предприятий и организаций, имеющих с ней деловые контакты (формирование представления о фирме с точки зрения элементов внешней среды). При этом предполагается выделять следующие уровни описания, последовательно раскрывающие суть организации.

Миссия «Предназначение» — описание причин возникновения и смысла существования организации, краткое, но конкретное понимание и определение видов деятельности в различных секторах рынка, характера продукции и услуг, основных потребителей, отличия фирмы от конкурентов и т.д. Как правило, вышеперечисленные характеристики отражаются в уставе организации.

Ряд видов деятельности фирма может проводить только с разрешения государства, то есть после получения соответствующей лицензии. Любые изменения в деятельности, связанные с реакцией на поведение рынка, должны вноситься в устав и регистрироваться в соответствующих структурах власти.

Миссия «Ориентация» — развернутое представление о системе ценностей, которых придерживается руководство и персонал фирмы, особенности отношений с конкурентами, потребителями и партнерами, культура организации и т.д.

Миссия «Политика» — стратегия и тактика концентрации деятельности фирмы на реализацию основных целей и задач, четкое представление о линии поведения фирмы на ближайшее будущее и перспективу, взаимоотношения фирмы с органами власти и управления.

Ниже, в качестве примера, излагаются шесть основных принципов, определяющих деятельность фирмы IBM [9].

1. Уважение к человеку, его правам и достоинствам:

- развитие творческих способностей и эффективное использование сотрудников;
- оплата труда и продвижение по службе в зависимости от конкретного вклада в общее дело;
- обеспечение двухстороннего бесконфликтного контакта между руководителем и подчиненным.

2. Предоставление услуг, отвечающих требованиям потребителя:

- прогнозирование перспектив развития потребностей основных клиентов;
- оказание услуг по эксплуатации (использованию) продукции.

3. Обеспечение высокого качества продукции:

- занятие ведущих позиций в новых разработках;
- применение в деятельности фирмы передовых достижений науки и производства;
- производство высококачественной продукции при минимальных затратах.

4. Обеспечение высокой эффективности руководства на всех уровнях управления:

- стимулирование качественного выполнения заданий сотрудниками;

- привлечение сотрудников для решения производственных вопросов;
- знание возможностей и потребностей структурных подразделений фирмы, умение анализировать плановые задания и итоги их выполнения, наличие твердости в отстаивании своей точки зрения;
- умение работать на перспективу, воспринимать и воплощать новые идеи.

5. Своевременное выполнение обязательств перед акционерами:

- бережное отношение к собственности;
- обеспечение заданного уровня прибыли на вложенный капитал;
- стремление к непрерывному увеличению прибыли.

6. Обеспечение честных взаимоотношений с поставщиками продукции и услуг:

- выбор поставщиков в зависимости от качества их продукции, надежности и ценовой политики;
- признание законных интересов поставщиков при заключении контрактов и выполнение конкретных обязательств;
- достижение независимости компании от поставщиков путем наличия здоровой конкуренции между поставщиками.

Среднесрочные планы рассчитаны на два-три года. Это уже документы преимущественно количественного содержания, акцент в которых делается на эффективное использование ресурсов компании при достижении целевых показателей.

Важнейшими составляющими плана являются:

- детализация продуктовой стратегии;
- наличие инновационных и финансовых резервов.

Сокращение горизонта планирования обеспечивает компании большую достоверность достижения количественных целевых установок.

Годовые планы ориентированы на формирование конкретных программ деятельности по реализации стратегий в рамках заданных целевых установок и ресурсов.

Объектами принятия плановых решений в выделенных горизонтах планирования являются цели, стратегии, структуры, системы (процедуры). При этом все решения в зависимости от масштабов вызванных ими изменений можно классифицировать следующим образом:

- инновационные, направленные на развитие компании, разработку и внедрение базовых нововведений;
- улучшающие, ориентированные на модернизацию производства;
- поддерживающие, обеспечивающие функционирование компании в рамках заданных целевых показателей.

Оперативное управление производством предполагает прежде всего управление материальными потоками предприятия, для которого характерны относительно короткие сроки принятия решений (рабочая смена, сутки, неделя,

декада) и конкретизация основных производственных заданий (действие, срок, место действия, ресурсы).

Первой функцией оперативного управления является *календарное планирование*, которое состоит в разработке планов оптимального распределения материальных потоков в пространстве (по производственным подразделениям, технологическим операциям, оборудованию) и во времени (по принятым на данном производстве интервалам планирования: месяц, декада, сутки, смена, часы, минуты).

Вторая функция «*Учет, контроль и анализ*» ориентирована на определение отклонений фактического состояния производства от сформулированных плановых заданий и характеризуется следующими особенностями:

- формированием информации о текущем состоянии производственного процесса, используемой в дальнейшем для выработки управляющих воздействий. Такой вид управления получил название «управление обратной связью»;
- разделением учетной информации в зависимости от временной иерархии на две группы: информация по оценкам закономерностей функционирования объекта (например, сравнение с результатами работы в прошлом периоде времени) и информация по учету возмущений в производственном процессе и обстоятельствам их возникновения;
- использованием информации о закономерностях функционирования при очередной выработке (корректировке) целей и основных способов (траекторий) их достижения, а информация о возмущениях используется при реализации функций регулирования.

В литературе принято выделять следующие виды контроля:

- традиционный контроль (контроль по фактическим отклонениям);
- опережающий (упреждающий) контроль;
- предпринимательский контроль.

Методы традиционного контроля ориентированы на сопоставление и определение отклонений фактических значений достигнутых показателей от плановых заданий, нормативов и значений этого показателя в прошлые периоды времени.

Методы опережающего контроля основаны на применении процедур экстраполяции значений контролируемых параметров, что позволяет перенести акцент этой фазы на контроль и анализ степени достижения поставленных перед организацией целей. При этом предполагается, что политическая и социально-экономическая ситуации стабильны и сложившиеся закономерности в производстве будут сохраняться в будущем.

Методы предпринимательского контроля основаны на корректировке результатов упреждающего контроля за счет изучения и анализа поведения элементов внешней среды компании (спрос на продукцию, поведение конкурентов, ожидаемые социальные и политические изменения в обществе, научно-технические перспективы по продукции и технологиям и т.д.). При использовании предпринимательских методов контроля возможны неизбежные корректировки плановых производственных заданий.

Качество выполнения календарных планов гарантируется оптимальным регулированием производственных процессов. Задача *регулирования* ориентирована на выработку управленческих решений по ликвидации отклонений, выявленных на этапе контроля. При этом выделяются два принципиальных метода реализации этой фазы:

- проведение корректировки действий за счет реорганизации производственного процесса;
- корректировка плановых заданий и разработка дополнительных способов их достижения.

На практике это сводится к оперативному перераспределению производственных ресурсов под имеющиеся величины рассогласования:

- к поиску набора необходимых и достаточных мероприятий для устранения непредвиденных возмущений;
- в случае необходимости к реформированию календарных графиков производства при условии достижения заданных первоначально показателей.

Этап *«Организация исполнения»* включает в себя разработку организационных регламентов и экономических механизмов выполнения плановых заданий исполнителями, создание эффективных условий и мотиваций к исполнению плана.

1.4. Организационные структуры системы управления

Образно организационную структуру системы управления можно сравнить с оркестром. Оркестранты играют на разных инструментах разные партии. Но если мы хотим получить общее звучание, то область свободы каждого музыканта должна быть ограничена. Дирижер, согласуясь с партитурой, объединяет всех музыкантов для исполнения обязательного произведения.

В литературе существует несколько взаимодополняющих определений структуры управления, например:

- под организационной структурой системы управления понимается форма распределения задач и полномочий по принятию решений между лицами или структурными подразделениями, составляющими организационную систему;
- под структурой аппарата управления понимается количество и состав звеньев и ступеней управления, их соподчиненность и взаимосвязь;
- под структурой системы управления понимается пространственно-временное расположение ее элементов и взаимосвязей для достижения поставленных целей.

Очевидно, что все эти определения требуют решения следующих принципиальных вопросов:

- определения необходимого и достаточного количества элементов системы управления;
- определения целесообразного количества уровней управления;

- определения оптимального числа горизонтальных (функциональных) и вертикальных (административных) взаимосвязей между элементами системы управления.

В первом случае речь идет о наличии объективно существующих процессов специализации и разделения управленческого труда. Это приводит, с одной стороны, к разукрупнению функций управления, повышению квалификации исполнителей и, как следствие, к улучшению качества управления, с другой стороны, увеличивает количество элементов структуры и их взаимосвязей, что также косвенно может привести к ухудшению качества управления.

В качестве основных видов специализации в литературе рассматриваются [9]:

- специализация по видам управленческой деятельности (производственная, экономическая, технологическая, научно-исследовательская, маркетинговая, управление персоналом, ресурсное обеспечение производства и т.д.);

- специализация по элементам жизненного цикла производственного процесса (исследование и разработка, производство, маркетинг);

- предметная (продуктовая) специализация по основным видам конечных продуктов либо по основным этапам жизненного цикла конкретного конечного продукта (продукт **A**, продукт **B**, продукт **C**; разведка и обустройство месторождений, нефтедобыча, нефтепереработка, реализация нефтепродуктов);

- региональная специализация управления фирмой (управление по региону **A**, управление по региону **B**, управление по региону **C**).

Первые два вида специализаций порождают различные функциональные структуры управления, два последующих — линейные структуры управления.

Кратко остановимся на достоинствах и недостатках отмеченных выше *классических* структур управления.

Линейная структура управления (рис. 1.4, 1.5). Во главе каждого производственного или управленческого подразделения находится руководитель, наделенный всеми полномочиями и осуществляющий единоличное руководство подчиненными ему работниками и сосредотачивающий в своих руках все функции управления. Его решения, передаваемые по цепочке «сверху вниз», обязательны для выполнения всеми нижестоящими звеньями. Сам руководитель, в свою очередь, подчинен вышестоящему руководителю. На этой основе создается иерархия руководителей данной системы управления (например, мастер участка, начальник цеха, директор предприятия).

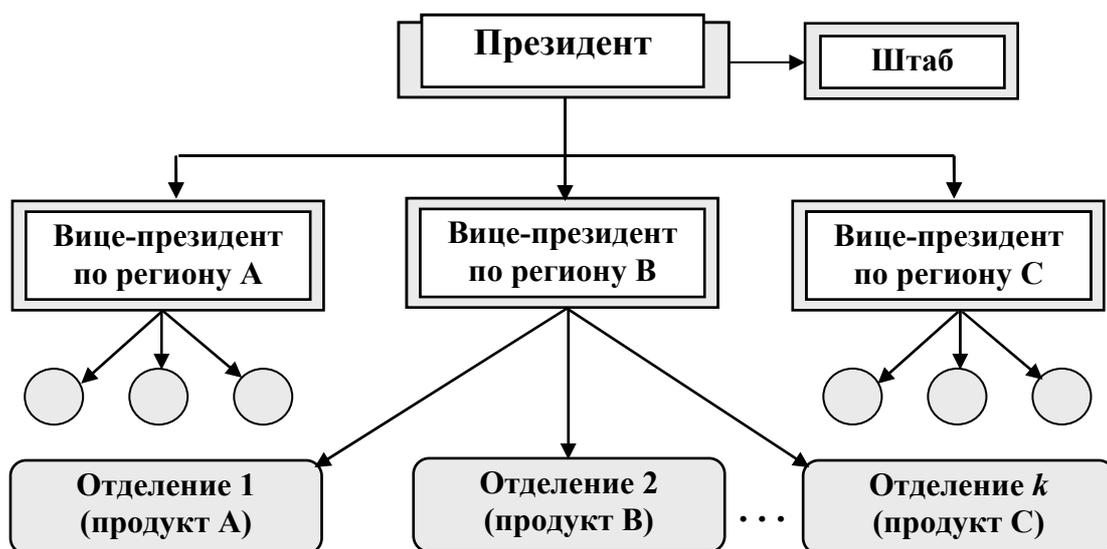


Рис. 1.4. Линейно-региональная структура управления

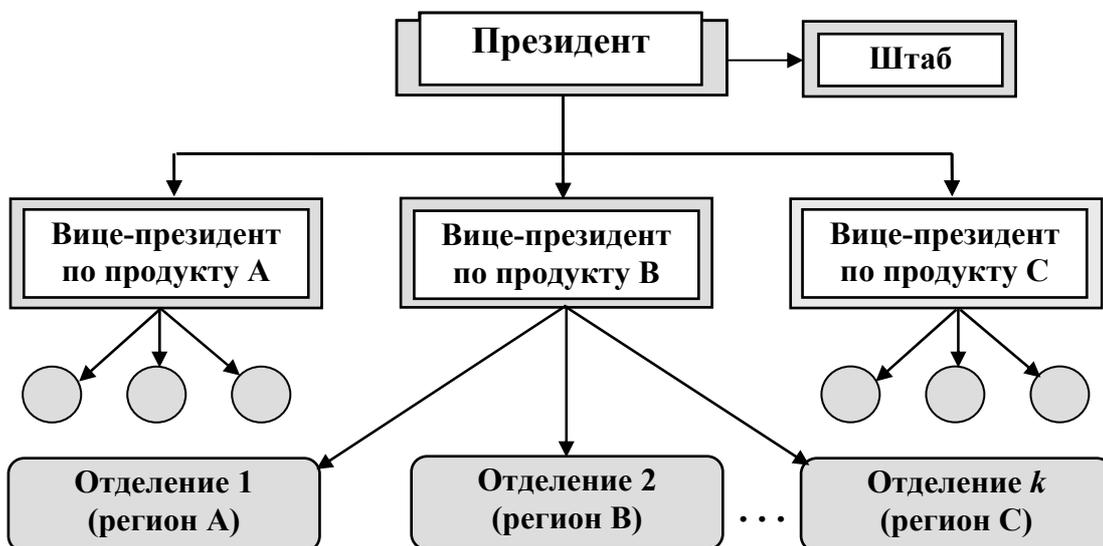


Рис. 1.5. Линейно-продуктовая структура управления

Принцип единоначалия предполагает, что подчиненные выполняют распоряжения только одного руководителя. Вышестоящий орган управления не имеет права отдавать распоряжения каким-либо исполнителям, минуя их непосредственного руководителя.

Отдельные специалисты или функциональные отделы помогают линейному руководителю в сборе и обработке информации, в анализе хозяйственной деятельности, подготовке управленческих решений, контроле за их выполнением, но сами указаний или инструкций управляемому объекту не дают.

Преимущества линейной структуры управления:

- единство и четкость распорядительства;
- согласованность действий исполнителей;
- оперативность в принятии решений;

- получение исполнителями увязанных между собой распоряжений и заданий, обеспеченных ресурсами;
- личная ответственность руководителя за конечные результаты деятельности своего подразделения.

Недостатки линейной структуры управления сводятся к следующему:

- высокие требования к руководителю, который должен иметь обширные разносторонние знания и опыт по всем функциям управления и сферам деятельности организации, что, в свою очередь, ограничивает масштабы возглавляемого подразделения и возможности руководителя по эффективному управлению им;
- большая перегрузка информацией, множественность контактов с подчиненными, вышестоящими и смежными организациями.

Разновидность линейной структуры управления — *линейно-штабная* структура. В этом случае при линейных руководителях из высококвалифицированных специалистов создаются специальные подразделения, выполняющие отдельные функции управления либо готовящие варианты решений.

Создание штабных структур — первый шаг к функциональной специализации в системах управления. В ряде случаев штабные подразделения не только творчески выполняют отдельные функции управления, но и наделяются правами функционального руководства отдельными участками деятельности (группы координации, служба ученого секретаря, различные комиссии при органах власти и управления).

Основным недостатком такой структуры является резкое увеличение состава штабных служб при усложнении функций управления, наделение их все большими правами (полномочиями), при этом в ряде случаев непосредственный руководитель становится формальной фигурой.

Функциональная структура управления (рис. 1.6) предполагает, что каждый орган управления (либо исполнитель) специализирован на выполнении отдельных видов управленческой деятельности (функций). Выполнение указаний функционального органа в пределах его компетенции обязательно для производственных подразделений. Функциональная организация существует наряду с линейной, что создает двойное подчинение для исполнителей. Решения по общим вопросам принимаются коллегиально. Функциональные подразделения (отделы планирования, маркетинга, производственно-технические службы и т.д.) получают право давать указания и распоряжения (в пределах своих полномочий) нижестоящим подразделениям.

Преимущества функциональной структуры управления:

- высокая компетентность специалистов, отвечающих за осуществление конкретных функций;
- расширение возможностей линейных руководителей по оперативному управлению производством в результате их высвобождения от подготовки сведений по вопросам функциональной деятельности.

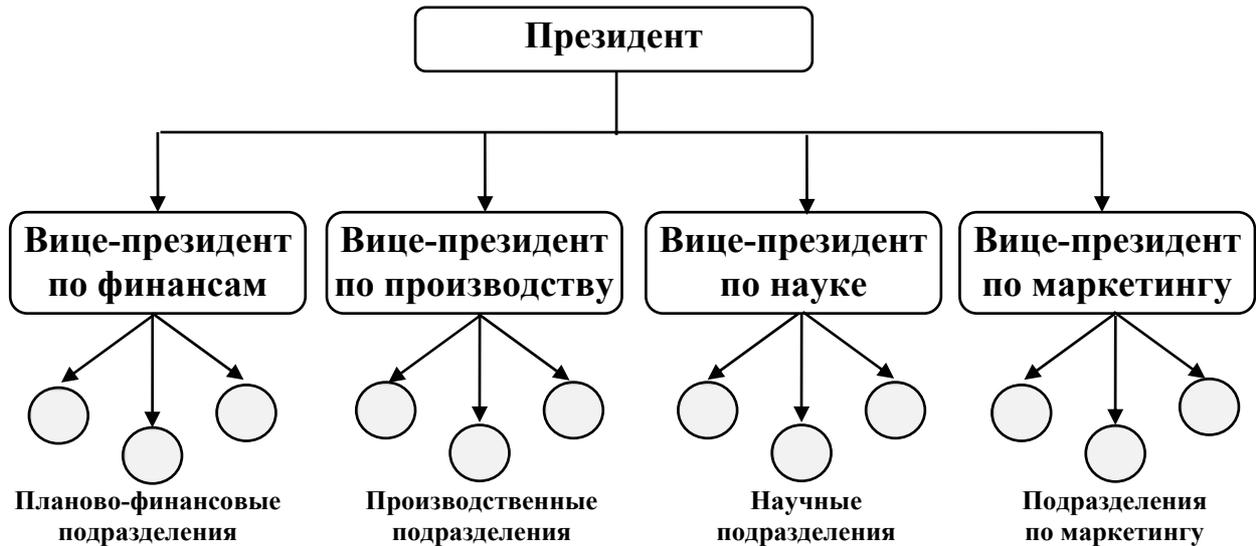


Рис. 1.6. Функциональная структура управления

Функциональная структура управления производством нацелена на выполнение постоянно повторяющихся рутинных задач, не требующих оперативного принятия решений. Функциональные службы обычно имеют в своем составе специалистов высокой квалификации, выполняющих в зависимости от возложенных на них задач конкретные виды деятельности. К числу **недостатков** функциональных структур управления можно отнести следующие:

- трудности поддержания постоянных взаимосвязей между различными функциональными службами при комплексном решении проблемы;
- длительную процедуру принятия решений;
- отсутствие формальных взаимосвязей между работниками функциональных служб разных производственных подразделений;
- дублирование и несогласование указаний и распоряжений, получаемых работниками «сверху», поскольку каждый функциональный руководитель и специализированное подразделение ставят свои вопросы на первое место;
- нарушение принципов единоначалия и единства распорядительства.

Наиболее часто на практике встречаются **линейно-функциональные структуры** управления, основанные на линейных и функциональных связях в аппарате управления (рис. 1.7).

В этом случае функциональные службы управления присутствуют в каждом дивизионном (продуктовом) подразделении и специализируются по основным видам деятельности. Как правило, эти структуры не имеют право самостоятельно отдавать распоряжения производственным подразделениям. Их основная задача — подготовка обоснованных планов для производственных подразделений по соответствующему разделу деятельности. Такие структуры получили наибольшее распространение в крупных промышленных фирмах, так как они обеспечивают оптимальное распределение труда (администрирование и специализация по функциям управления) между управленческим персоналом (сочетание принципа единоначалия с профессиональной компетенцией).



Рис. 1.7. Линейно-функциональная структура управления

Вместе с тем предоставление широких полномочий производственным подразделениям, с одной стороны, выдвинуло на первый план проблему сочетания самостоятельности подразделений и их ответственности за общие конечные результаты, а с другой — привело к появлению естественных противоречий интересов «низов» и «верхов», к увеличению управленческого аппарата, дублированию определенных функций. Поэтому в качестве основных *недостатков* линейно-функциональных структур управления можно отметить:

- отсутствие тесных взаимосвязей и взаимодействия на горизонтальном уровне между производственными отделениями;
- чрезмерно развитую систему взаимодействия по вертикали, а именно подчинение по иерархии управления.

Матричная структура управления создается путем совмещения функциональной структуры с программно-целевыми методами управления (рис. 1.8). В соответствии с функциональной структурой (по вертикали) строится управление по отдельным сферам деятельности организации: НИОКР, производству, маркетингу. В соответствии с программно-целевыми методами управления (по горизонтали) организуется управление программами (проектами, темами).

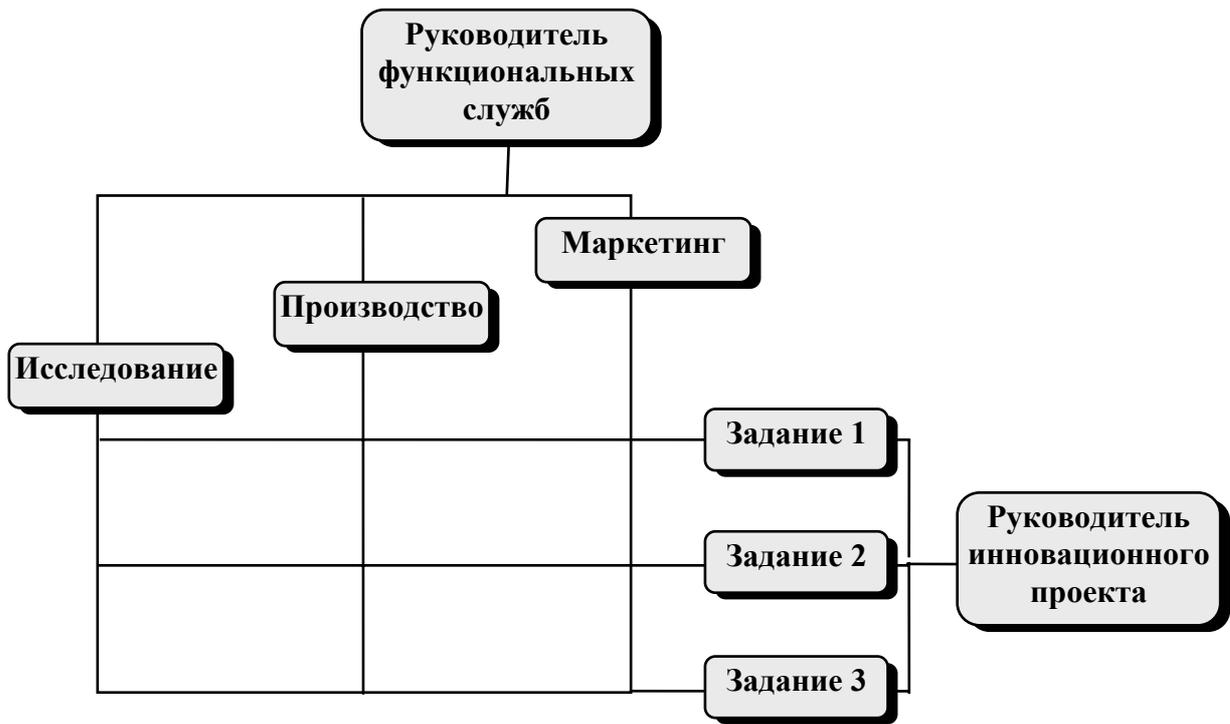


Рис. 1.8. Матричная структура управления

При определении горизонтальных связей необходимо реализовать следующие задачи:

- подбор и назначение руководителя программы (проекта), его заместителей по подсистемам (темам) в соответствии со структурой программы;
- определение и назначение ответственных исполнителей в каждом специализированном подразделении;
- организацию специальной службы управления программой.

При матричной структуре управления руководитель программы (проекта) ставит задачи, определяет, что и когда должно быть сделано по конкретной программе. Линейные же руководители выполняют административные функции и решают, кто и как будет выполнять ту или иную работу. В этой связи проблемы, возникающие при установлении приоритетов заданий и распределении времени работы специалистов над проектами, могут нарушать стабильность функционирования фирмы при выполнении ее основных функций. Поэтому для обеспечения координации работ в условиях матричной структуры управления центр управления программами призван увязывать выполнение управленческих процедур отдельными функциональными и линейными подразделениями.

Преимущества матричной системы управления:

- значительная активизация деятельности руководителей и работников управленческого аппарата за счет формирования программных подразделений, активно взаимодействующих с функциональными подразделениями, усиление взаимосвязи между ними;

- разделение функций управления между руководителями, ответственными за обеспечение высоких конечных результатов (руководители проектных и программных групп и управлений), и руководителями, ответственными за обеспечение наиболее полного использования имеющихся производственных, материальных и трудовых ресурсов (начальники функциональных подразделений). Такие руководители совместно контролируют работы по составлению оперативных производственных планов и их выполнению;

- вовлечение руководителей всех уровней и специалистов в сферу активной творческой деятельности по ускоренному техническому совершенствованию производства.

Матричная структура позволяет решать следующие задачи:

- сокращение нагрузки на руководителей высшего уровня управления путем передачи полномочий принятия решений на средний уровень управления при сохранении единства координации и контроля за ключевыми решениями на высшем уровне;

- обеспечение гибкости и оперативности маневрирования ресурсами при выполнении нескольких программ в рамках одной фирмы;

- ликвидацию промежуточных звеньев при оперативном управлении программами;

- усиление личной ответственности руководителя как за программу в целом, так и за ее элементы;

- организацию четкого взаимодействия на базе рационального перераспределения задач в системе управления;

- применение современных методов управления;

- сокращение сроков создания новой техники и технологии, уменьшение стоимости работ, улучшение качества создаваемых технических систем, где сама специфика производства требует быстрого совершенствования выпускаемой продукции и технологии ее производства.

Матричные структуры управления получили наиболее широкое применение и развитие прежде всего в отраслях промышленности с наукоемкими технологиями, где возникла объективная необходимость в координации деятельности большого числа отдельных промышленных фирм для осуществления уникальных крупномасштабных проектов и программ в пределах ограниченных временных рамок и выделенных финансовых средств.

Обобщая вышеизложенное, следует привести несколько практических рекомендаций по анализу и проектированию организационных структур управления [10].

1. Все функции организации должны быть закреплены за соответствующими службами, при этом для больших фирм эта задача должна быть обязательно доведена до логического конца.

2. Каждая функция должна быть закреплена только за одной службой, в противном случае возникает не только дублирование, приводящее к росту накладных расходов на содержание аппарата, но и просчеты в управлении.

3. Процесс распределения функций по службам структуры носит динамический характер, поэтому корректировка структур под цели и задачи организации должна быть постоянной.

4. Процесс проектирования организационных структур не должен заканчиваться процедурой распределения функций по структурам, необходима разработка регламентных информационных технологий управления (принятие решений), ориентированных на достижение конкретных целевых результатов.

1.5. Основные модели управления организацией

В общем случае принятая в организации модель управления определяет роль и место руководителя и подчиненных, правила выработки и реализации управленческих решений. С этой точки зрения в литературе описываются две модели управления: «бюрократическая модель» и «модель участия». Остановимся кратко на каждой из них [5].

Бюрократическая модель управления, возникшая в начале XX столетия, характеризуется четкой иерархией правил, жесткой регламентацией должностных инструкций для каждого подразделения, исполнителя. Личные качества исполнителей используются слабо, а зачастую игнорируются вообще. Для этого типа организации управления характерны следующие предположения:

- средний человек не любит работу и насколько возможно ее избегает;
- большинство людей необходимо принуждать к исполнению ролей, необходимых для достижения целей организации;
- средний человек в основном пассивен, предпочитает скорее быть руководимым, чем принимать на себя ответственность и риск.

В этом случае, очевидно, необходима жесткая регламентация деятельности сотрудников, которая автоматически приводит к эффективной работе всей организации. Основные отличительные черты бюрократической модели управления могут быть определены следующим образом:

- рутинная деятельность по достижению целей организации должна быть определена в виде зафиксированных формальных обязанностей;
- деятельность всегда должна соответствовать организационным принципам иерархии;
- управленческие и производственные операции должны выполняться одинаковым образом в соответствии с заранее утвержденным регламентом;
- управляющие должны действовать строго формально, максимально избегая эмоциональных факторов при принятии решений.

Несомненным достоинством этой модели является четкая организация труда, разграничение полномочий, хорошо организованная система контроля. Основным недостатком связан с игнорированием активной роли сотрудников в деятельности фирмы, с отсутствием мотиваций человека к творческому труду.

Модель участия ориентирована на развитие творческих способностей исполнителя. На ее основе получил распространение комплекс методов «управ-

ления с помощью компромисса целей», когда, выполняя ту или иную управленческую функцию, сотрудник достигает личных целей, направляя при этом усилия на достижение целей организации. В качестве исходных предположений в модели участия рассматриваются такие положения:

- работа естественна для человека, как игра или отдых, поэтому он ее не избегает;
- стремление к труду и удовлетворенность им наступают, когда человек причастен к целям организации, следовательно, принуждение — не единственная форма, которая может использоваться для мотивации;
- наиболее важным фактором мотивации активного участия сотрудника в деятельности фирмы является степень его вовлеченности;
- средний человек склонен принимать и даже искать ответственность, которую ему предоставляет его окружение;
- способность к творчеству и новаторству в решении организационных проблем присуща людям чаще, чем об этом принято думать.

Очевидно, не должно существовать общих рецептов по выбору той или иной модели организации, кроме того, в различных структурных подразделениях одной фирмы могут использоваться и различные модели. Например, производственные подразделения из-за регламентного характера выполняемых функций могут использовать бюрократические модели; подразделения маркетинга более динамичны, постоянно сталкиваются с конкуренцией, для них эффективнее будет модель участия. В этой связи отметим лишь несколько общих характеристик, которые определяют выбор модели организации управления:

1) **используемые производственные технологии.** Очевидно, что для единичного и мелкосерийного производства, где работа носит в основном индивидуальный характер, целесообразно использовать модель участия. При массовом, поточном производстве, где технология жестко задана и заранее определена, более эффективной будет бюрократическая модель;

2) **характер поведения внешней среды.** Если потребности неизменны, специальные ценности стабильны, рынок предсказуем, то фирма может уверенно использовать бюрократическую модель организации управления. Для большинства же предприятий (фирм) динамичные, быстро изменяющиеся потребности внешней среды требуют гибкой, быстро приспособляемой организации управления производством;

3) **размер организации.** Условно, в зависимости от количества сотрудников, можно выделить следующие виды организаций: малые — до 250 служащих; средние — до 1000 служащих; большие — свыше 1000 служащих.

Как правило, чем крупнее фирма, тем сильнее проявляется тенденция к использованию формальной, бюрократической модели управления;

4) **используемые персональные и корпоративные стратегии компании.** На принимаемую структуру сильно влияют и положение компании на рынке, и управленческий «темперамент» ее служащих. Например, компания хочет добиться наибольшего успеха на рынке агрессивным управлением, она будет стремиться создать нестабильность на рынке и захватить себе большую его

часть. Очевидно, в этом случае целесообразнее всего использовать принцип участия. С другой стороны, лидер на рынке испытывает большое давление со стороны конкурентов и хочет добиться относительной стабильности. В этом случае управление должно быть более ориентировано на сохранение «статус-кво», которое может быть обеспечено только четкой регламентацией действий всех сотрудников и организации в целом.

Отдельной проблемой при проектировании организационных систем управления является выбор «*оптимальной нормы управляемости*» — определение количества служащих, непосредственно подчиняющихся одному руководителю, и «*оптимального количества уровней управления*». В современной литературе описываются 3 возможных подхода к решению этой проблемы:

- **эмпирическое определение** оптимального количества подчиненных (например, от трех до шести человек), причем на нижних уровнях управления их должно быть больше, чем на верхних;

- **эвристические правила** определения некоторых свойств этой проблемы, например количество возможных взаимодействий между руководителем и подчиненными (рис. 1.9).

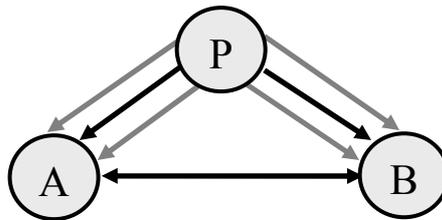


Рис. 1.9. Схема возможных взаимодействий

Пусть у руководителя в штате имеются два сотрудника. Руководитель может работать с А, с А в присутствии В, с В, с В в присутствии А, кроме того, А и В могут взаимодействовать между собой. Как видно из рисунка, количество взаимосвязей равно шести. Очевидно, что при росте числа подчиненных количество возможных связей стремительно возрастает: при трех — 18, при четырех — 44, при пяти — 100. Если количество подчиненных возрастает до восьми, то руководитель находится в центре сети из 1080 потенциальных взаимоотношений. Наличие таких правил говорит о сложности социальных процессов в управлении, кроме того, предупреждает руководителя о возникновении сложностей при расширении круга подчиненных;

- **учет физиологических ограничений человека** при выполнении своих служебных обязанностей (ограниченный объем внимания, ограниченное количество энергии, ограниченное время общения с подчиненными).

В общем случае «оптимальное количество уровней управления» зависит от принятой в организации «оптимальной нормы управления». Проблема заключается в том, что при большом количестве уровней служащие считают себя оторванными от участия в реальной деятельности организации и эффективность их труда значительно снижается.

В заключение выделим общие черты, присущие «эффективно управляемым» компаниям. Они компактны, в их основе лежит простая структура. Они небольшие по размеру, разбиты на подразделения с численностью работающих не более пятисот человек. Они также ориентированы на людей и признают, что работники, ощущающие свою значимость, будут с большим энтузиазмом и гордостью отдаваться своей работе.

1.6. Ключевые элементы управления

С точки зрения практической важности широкое признание в зарубежной литературе получили следующие элементы управленческой деятельности: стратегия, структура, системы и процедуры, стиль, состав персонала, сумма навыков, совместно разделяемые ценности [9]. Условное название эта технология получила по первым буквам вышеперечисленных элементов — система «7-С» (рис. 1.10). В таблице 1.1 представлены характеристики каждого из этих элементов. При этом элементы данной технологии могут быть условно распределены на две группы: «жесткие» и «мягкие».

Жесткие элементы управления отражают формальную структуру управления компанией и закрепляются в соответствующих организационно-распорядительных документах. В состав этой группы входят *стратегия, структура* и *системы управления*.

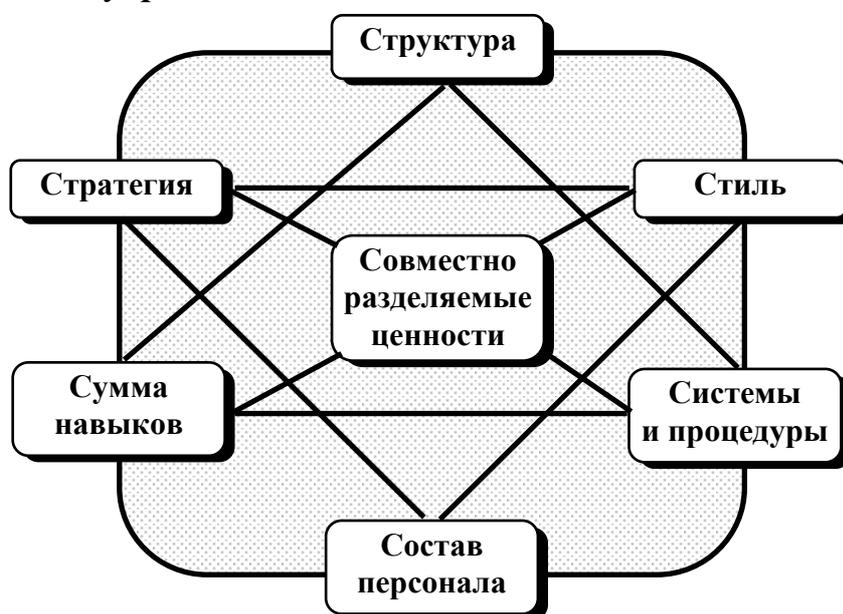


Рис. 1.10. Система «7-С»

До последнего времени эти элементы были объектами основного внимания руководителей, пока не была осознана необходимость и целесообразность управления посредством «мягких» элементов. Активное использование «мягких» элементов свойственно для японского предпринимательства. В

табл. 1.2 приведены сравнительные характеристики американского и японского подходов к реализации «мягких» элементов управления в модели «7-С».

Таблица 1.1

Характеристика элементов системы «7-С»

Элементы управления	Характеристика элементов
Стратегия	Курс на эффективное использование ограниченных ресурсов для достижения намеченных целей
Структура	Описание организационной схемы взаимодействия подразделений
Системы и процедуры	Описание процессов и технологических процедур в производстве и управлении
Состав персонала	«Демографическая» характеристика важнейших категорий персонала в компании
Стиль	Характер взаимодействия структур управления при достижения целей фирмы
Сумма навыков персонала	Способности, отличающие персонал и фирму в целом
Совместно разделяемые ценности	Важнейшие ценности или основополагающие концепции, которые доводятся до сознания всех сотрудников фирмы

Таблица 1.2

Сравнительные характеристики американского и японского подходов

Японская организация	Американская организация
Пожизненный найм	Краткосрочный найм
Постепенная, медленная оценка и продвижение	Быстрая оценка и продвижение
Неспециализированная деятельность	Специализированная деятельность
Неформальные, тонкие механизмы контроля	Формальные, количественные механизмы контроля
Коллективное принятие решений	Индивидуальное принятие решений
Коллективная ответственность	Индивидуальная ответственность
Повышенное внимание к подчиненным (человеческому фактору в управлении)	Второстепенное значение использования человеческого фактора в управлении

Американский подход. Найм на работу, как правило, краткосрочный, текучесть кадров технического персонала составляет до 50 % в год, до 25 % составляет иногда текучесть кадров среди высококвалифицированных сотрудников. Текучесть кадров в американских компаниях в 4–8 раз выше, чем

в японских. Высокая текучесть кадров обуславливает и быстрое продвижение по службе. При этом путь по служебной лестнице носит, как правило, специализированный (узкопрофильный) характер. Повышение квалификации служащих проводится по схеме краткосрочных курсов. Все это создает, с одной стороны, предпосылки для большей мобильности при развитии и расширении производства, а с другой — приводит к слишком конкретным и формальным знаниям, что не позволяет сотрудникам работать в других направлениях деятельности фирмы.

Японский подход. Самой важной сферой японской системы управления является «система пожизненного найма» — «все в одной лодке». При этом, несмотря на обоюдную заинтересованность рабочих и работодателей, данной системой охвачено примерно 35 % рабочей силы Японии.

Не все фирмы могут добиться стабильности положения, необходимого для внедрения системы. Найм на работу происходит один раз в год — весной, когда молодежь заканчивает учебные заведения. Продвижение по службе происходит преимущественно только из числа сотрудников своего учреждения. Лица, проработавшие в одной компании более 5 лет, как правило, не принимаются в другую. Работник не может быть уволен ни при каких обстоятельствах, если только он не совершил уголовного преступления. Привлекательными чертами японской модели по этому направлению, кроме того, являются:

- обязательный уход на пенсию по достижению пенсионного возраста;
- выплата крупных денежных вознаграждений:
 - а) при уходе на пенсию (суммарный заработок за 5–6 лет);
 - б) два раза в год по результатам деятельности компании в целом (сумма определяется пропорционально зарплате);
- направление пенсионера (по его желанию) на работу в другую фирму;
- рост заработной платы происходит в зависимости от стажа работы и удваивается через 15 лет.

По японской модели первое продвижение по службе может произойти только по истечении первых 10 лет работы. Поэтому при постоянном росте зарплаты молодым работникам нецелесообразно участвовать в краткосрочных проектах. Вместе с тем такие периоды продвижения по службе часто приводят к несоответствию между занимаемой должностью и выполняемой работой. Ответственную должность занимает работник со стажем, а фактически же проектом руководит молодой, но нетитулованный сотрудник.

Важной характерной чертой японских организаций является траектория карьеры сотрудника. Для каждого сотрудника характерно перемещение из одной предметной области деятельности в другую (проектирование → производство → обслуживание).

Наиболее известной и характерной чертой японской организации труда является групповой метод принятия решений. Понимание принятого решения и согласие с ним имеет большее значение, чем существо самого решения (при условии, что имеется несколько вариантов близких, но альтернативных решений). Японцы долго и досконально изучают проблемы и вырабатывают реше-

ния, однако в кратчайшие сроки исполняют их. Коллективизм в принятии решений не требует организации контроля за их исполнением. Результативность «японской модели» управления персоналом может быть представлена следующей схемой [5] (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Влияние «японского стиля» на конечные результаты деятельности фирмы

1.7. Основные положения по проектированию финансовых структур управления организацией

При проектировании организационных структур управления немаловажное значение должно уделяться финансовым структурам, которые имеют иное разбиение организации, ориентированное на выделение служб, связанных с управлением финансовыми потоками.

Это объясняется тем, что эффективность работы подразделений должна определяться не только качеством выполнения закрепленных за ними функций, но и в большей степени полученными финансовыми результатами. Таким образом, деятельность любой организации должна быть ориентирована на максимальное получение прибыли, а, следовательно, вопросы эффективного бухгалтерского учета, финансового анализа деятельности предприятия, управления финансовыми потоками приобретают особую актуальность.

Автономные финансовые структуры могут создаваться как по продуктовому принципу, например подразделение, ведущее какой-либо бизнес-проект

(программу) и полностью отвечающее за его финансовые результаты, так и по функциональным обязанностям, когда выделяются несколько служб, которые отвечают за одну из статей прямых затрат фирмы (например, «закупка и эффективное использование сырья») и объединяются в один центр финансовой ответственности.

В [10] приводится следующий состав структурных подразделений фирмы, обеспечивающих ее эффективную финансовую деятельность:

- центр финансового учета (ЦФУ) — структурное подразделение (группа подразделений), осуществляющее определенный набор хозяйственных операций и способное оказывать непосредственное воздействие на прибыльность данной деятельности;

- центр финансовой ответственности (ЦФО) — структурное подразделение (группа подразделений), осуществляющее операции, конечная цель которых — максимизация прибыли, и способное оказывать непосредственное воздействие на прибыльность, а также отвечать перед вышестоящим руководством за реализацию установленных перед ними целей и соблюдение уровней расходов в пределах предоставленных лимитов;

- профит-центр — структурное подразделение (группа подразделений), деятельность которого непосредственно связана с реализацией одного или нескольких бизнес-проектов фирмы, обеспечивающих получение прибыли;

- венчур-центр — структурное подразделение (группа подразделений), непосредственно связанное с организацией новых бизнес-проектов, прибыль от которых ожидается в будущем;

- центр затрат — структурное подразделение (группа подразделений), которое, как правило, обеспечивает поддержку и обслуживание функционирования профит-центров или венчур-центров и непосредственно не приносит прибыли.

Выделенные структурные подразделения должны органично вписываться в функциональные, линейно-функциональные либо матричные схемы управления.

Вместе с тем в [10] предлагается создаваемые финансовые структуры сделать определяющими при выборе системы управления и постепенно переходить от административных методов управления, ориентированных на управление материальными потоками предприятия, к финансовым, ориентированным на эффективное управление финансовыми ресурсами компании, от единой компании как целостной организационной структуры к группе предприятий, ориентированных на совместное комплексное ведение бизнеса.

Как правило, этот переход может быть реализован в несколько этапов:

- выделение в структуре организации центров финансового учета, ориентированных на хозяйственную самостоятельность;

- переход наиболее рентабельных ЦФУ в статус Центров финансовой ответственности, с полной хозяйственной самостоятельностью, в том числе и по управлению финансовыми ресурсами;

- вывод ЦФО из организационной структуры компании и придание им статуса дочерних предприятий, переход от дивизионной (линейной) структуры управления к холдинговой.

В этом контексте холдинговая структура — это линейная структура управления, в которой некоторые центры финансовой ответственности являются юридическими лицами и управление которыми происходит через *систему участия*.

В зависимости от вариантов передачи полномочий дочерним структурам различают следующие типы объединений:

синдикат — имеет общую структуру управления продвижением товаров и услуг на рынок сбыта продукции, осуществляет общее бизнес-планирование в части сбыта и маркетинга;

картель — имеет координационные бизнес-планы, соглашение о разделе рынка товаров и услуг;

консорциум — временное объединение предприятий, создаваемых под реализацию конкретных целей и задач, с необходимым перечнем общих функций управления;

промышленная (коммерческая) группа — объединение предприятий, связанных между собой производственно-технологическими целями, имеющих общее линейное управление и управление общими финансовыми ресурсами;

финансово-промышленная группа — совокупность предприятий, взаимосвязанных между собой производственно-технологическими связями и имеющих в структуре специальный финансовый институт (банк), управление которым реализуется через систему участия.

1.8. Производственно-технологические структуры объекта управления

Многообразие существующих в природе объектов управления не позволяет предложить единую методологию, методы и модели исследования систем такого класса. В данном разделе остановимся на специфике системного описания и исследования производственно-технологических систем, ориентированных прежде всего на выпуск материальных конечных продуктов. Такие системы характеризуются следующими специфическими особенностями:

- наличием определенной последовательности получения материальных конечных продуктов, описываемых содержательными моделями жизненного цикла производства и потребления;

- наличием определенной материальной структуры, посредством которой происходит последовательное преобразование материального потока из исходного сырья в готовую продукцию, доведенную до потребителя. При этом каждый элемент этой структуры может быть представлен в виде четырех взаимосвязанных компонент: предметов труда, средств труда, трудовых ресурсов и технологий как способа взаимодействия первых трех элементов;

- объективным существованием в системах такого класса физического закона сохранения веществ, выраженного через балансовые уравнения материального потока.

Остановимся кратко на содержании каждой из выделенных особенностей. Как правило, исследуемая производственно-технологическая система может быть представлена в виде совокупности взаимосвязанных функций по преобразованию исходного сырья, материалов в готовую конечную продукцию. Пример одного из возможных вариантов такой последовательности функций представлен на рис. 1.12.

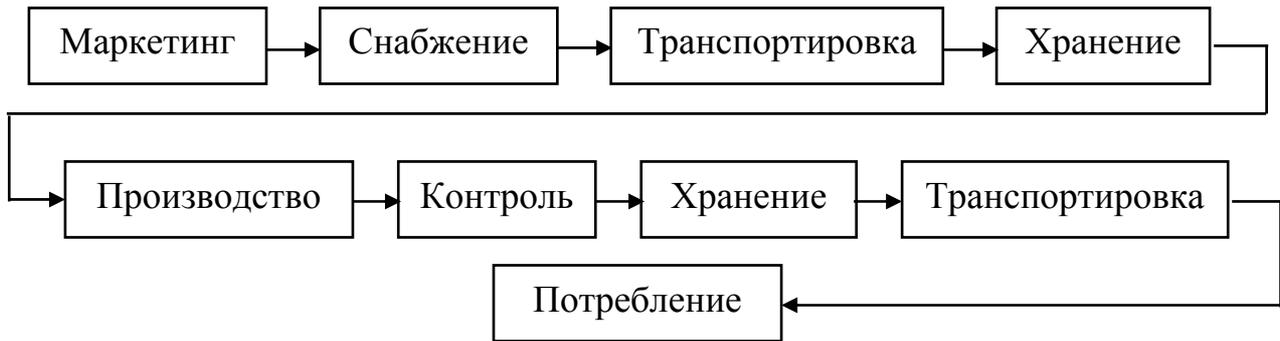


Рис. 1.12. Нормативная последовательность функций по получению конечных продуктов

Содержательные модели такого типа получили название моделей «жизненного цикла» конечных продуктов. Очевидно, что эта последовательность может иметь и более сложную разветвленную схему, структура которой определяется целями и задачами исследований, стоящими перед экспертом.

Вопрос о том, в виде какой совокупности элементарных объектов представить исследуемую производственную систему, также не является тривиальным. Так, например, производственное объединение может быть представлено в виде агрегированной модели, производящей единый материальный продукт, измеряемый через стоимостной показатель объема продаж и использующий в производстве основные фонды, трудовые ресурсы и материальные ресурсы, поступающие в систему извне.

С другой стороны, это объединение может быть представлено в виде совокупности взаимосвязанных предприятий, реализующих вполне конкретные функции по преобразованию единого материального потока. Тогда экспертно-аналитику необходимо описать как производственные возможности каждого подразделения, так и распределение материального потока между ними. Очевидно, что уровень и степень агрегирования зависит от целей, стоящих перед исследователем. Если эксперта интересуют параметры конечных продуктов, выпускаемых организацией, и потребляемые при этом ресурсы, то исследуемая система может рассматриваться как единое целое. Если же ставится вопрос об анализе структуры издержек производства, то предварительно требуется представить систему в виде совокупности взаимосвязанных подсистем.

В формальном виде производственно-технологическая структура может быть представлена в виде графа $G(\bar{X}, \bar{U})$, где множество вершин \bar{X} — «элементарные» подразделения, реализующие преобразования материального потока, а множество дуг \bar{U} — материальные потоки между подразделениями.

Процесс производства на каждом элементарном объекте не возможен без участия трудовых ресурсов, описываемых в виде следующих показателей: численности работающих; фонда рабочего времени, выраженного в человеко-часах; фонда заработной платы.

В качестве предметов труда в материальном производстве рассматриваются сырье, материалы, комплектующие изделия и т.д. Как правило, предметы труда описываются в натуральном выражении (штуки, тонны и т.д.) либо в денежном выражении как оборотные средства производства. К средствам производства относятся соответствующие машины, механизмы, оборудование, здания и сооружения. Эти характеристики материального потока также могут быть выражены как через натуральные, так и стоимостные показатели.

С учетом вышеизложенного представим функциональную модель описания «элементарного» производственно-технологического объекта в виде следующей схемы (рис. 1.13).

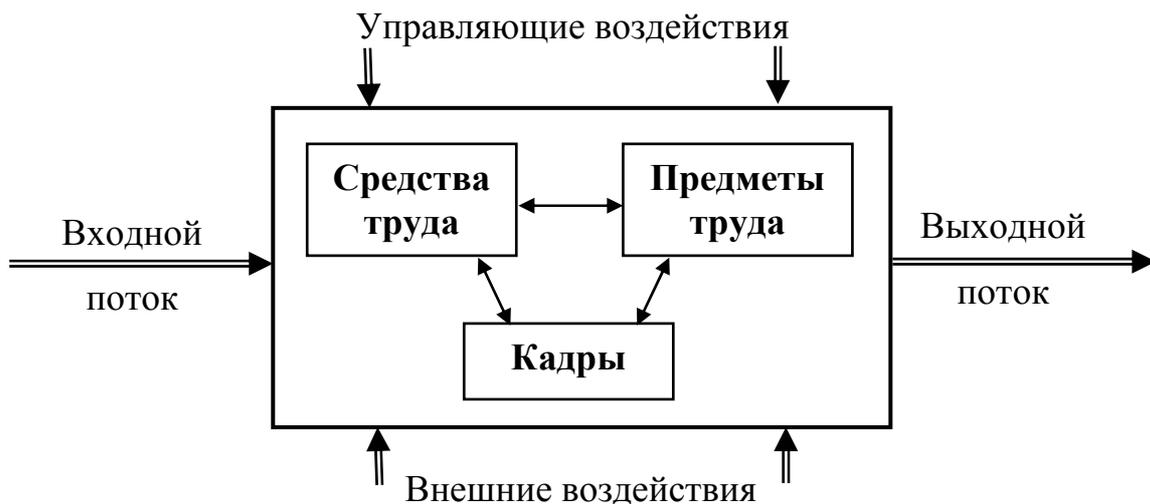


Рис. 1.13. Содержательное описание «элементарного» производственно-технологического объекта

Управляющие воздействия направлены на задание плановых показателей функционирования объекта, внешние воздействия определяются ограничениями, накладываемыми на объект элементами внешней среды.

Следующим шагом исследования производственно-технологических систем является определение моделей описания материальных потоков между элементарными подразделениями и закономерностей преобразования этих потоков. Очевидно, что в общем случае движение материальных потоков между подразделениями должно подчиняться физическому закону сохранения веществ, который выражается обычно в виде балансовых соотношений [11].

Например, если в системе имеются только две производственно-технологические структуры, причем первая из них производит некоторый про-

дукт y , который используется как сырье для второй и вывозится за пределы системы в количестве w , то уравнение материального баланса выглядит следующим образом: $y \geq w + x$. В более общем виде движение материальных потоков в системе можно представить в виде следующей системы уравнений:

$$y_i \geq y_i^k + \sum_{j \in \Gamma_i} y_{ij}^p, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1.1)$$

где y_i — общий объем производства i -го подразделения;

y_i^k — объем продукции i -го подразделения, покидающего систему;

y_{ij}^p — объем продукции i -го подразделения, идущего на потребление в j -ом подразделении;

n — количество элементарных производственных подразделений.

Как правило, на выбор параметров материального потока в производственно-технологической системе существенно влияют различные ограничения технологического характера, например объемы хранимых запасов, пропускная способность транспортной сети и т.д. В качестве примера рассмотрим схему движения материальных потоков, представленную на рис. 1.14.

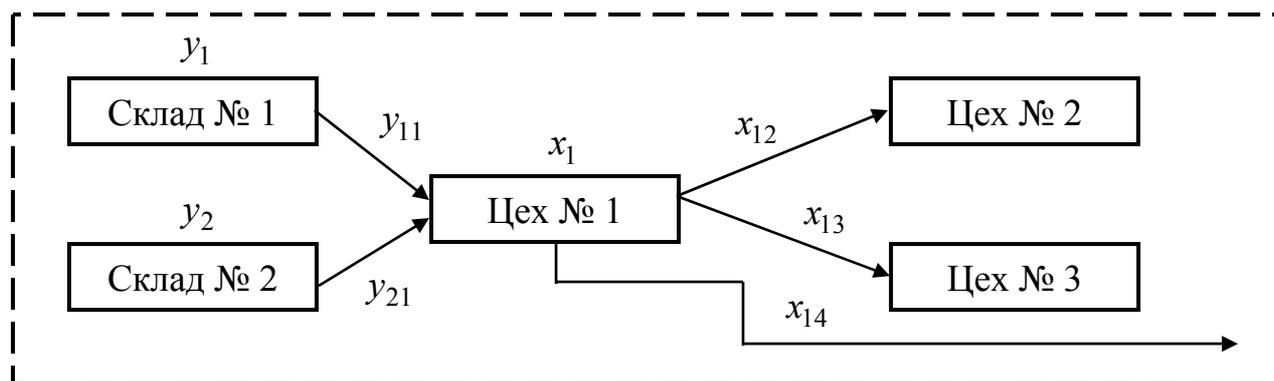


Рис. 1.14. Схема движения материальных потоков

В этом случае уравнения, описывающие движение материальных потоков, выглядят следующим образом:

$$\begin{cases} y_1 \geq y_{11}; \\ y_2 \geq y_{21}; \\ \frac{y_{11}}{k_1} + \frac{y_{21}}{k_2} \geq x_1; \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq x_{12} + x_{13} + x_{14}; \\ \frac{x_{12}}{k_3} \geq z_2; \\ \frac{x_{13}}{k_4} \geq z_3, \end{cases}$$

где $\{y_1, y_2, x_1, z_1, z_2\}$ — объемы материальных потоков, выходящие из соответствующих подразделений;

$\{y_{11}, y_{21}, x_{12}, x_{13}, x_{14}\}$ — параметры материальных потоков между подразделениями;

$\{k_1, k_2, k_3, k_4\}$ — коэффициенты преобразования материальных потоков.

Закономерности, описывающие преобразования материальных потоков в конечную либо промежуточную продукцию, принято называть производственными возможностями, которые выражаются в виде

производственных функций (функции выпуска);
 функции производственных затрат (функции издержек);
 производственных способов [11].

Производственной функцией (в широком смысле) называют соотношение между используемыми в системе ресурсами и объемами выпускаемой продукции — $y = f(x, a)$, где a — параметры производственной функции. В свою очередь, **функция производственных затрат**, однозначно определяющая требуемое количество ресурсов для выпуска заданного объема конечного продукта, может быть представлена следующим выражением: $x = h(y, a)$.

Принципиальное отличие функции выпуска от функции издержек состоит в том, что в функции выпуска допускается возможность взаимозаменяемости ресурсов, что позволяет говорить о существовании некоторого множества комбинаций ресурсов для получения одного и того же выпуска.

В функции издержек задание определенного объема выпуска соответствует вполне определенному значению затрат ресурсов. В этой связи функциями производственных издержек можно описать только те производственно-технологические элементы, где возможность замещения одного ресурса другим отсутствует и дефицит одного из ресурсов не позволяет эффективно использовать другие.

Отмеченное выше свойство производственной функции позволяет ввести понятие множества производственных способов, которое в общем случае определяется как множество всех возможных сочетаний затрат ресурсов и выпусков продукции: $\{x, y\} \in G(\bar{a})$,

где $G(\bar{a})$ — некоторое множество в пространстве ресурсов и продуктов, зависящее от вектора параметров a .

Например, пусть 1-й производственный способ задается следующим вектором затрат $\bar{x} = \{x_i\}$, где $x_i > 0$, $i = \overline{1, 2}$ (табл. 1.3), и объемом выпуска $y = 10$.

Таблица 1.3

x_1	6	3	2	1
x_2	1	2	3	6

Все остальные возможные варианты производства описываются с помощью скалярного показателя интенсивности λ следующим образом: считается, что каждому значению $\lambda \geq 0$ соответствует свой способ производства, определяемый соотношением $\{x = \lambda x, y = \lambda y\}$, $\lambda = \overline{1, n}$.

На рис. 1.15 графически представлено множество производственных способов получения четырех вариантов объемов выпуска при различных комбинациях двух видов ресурсов.

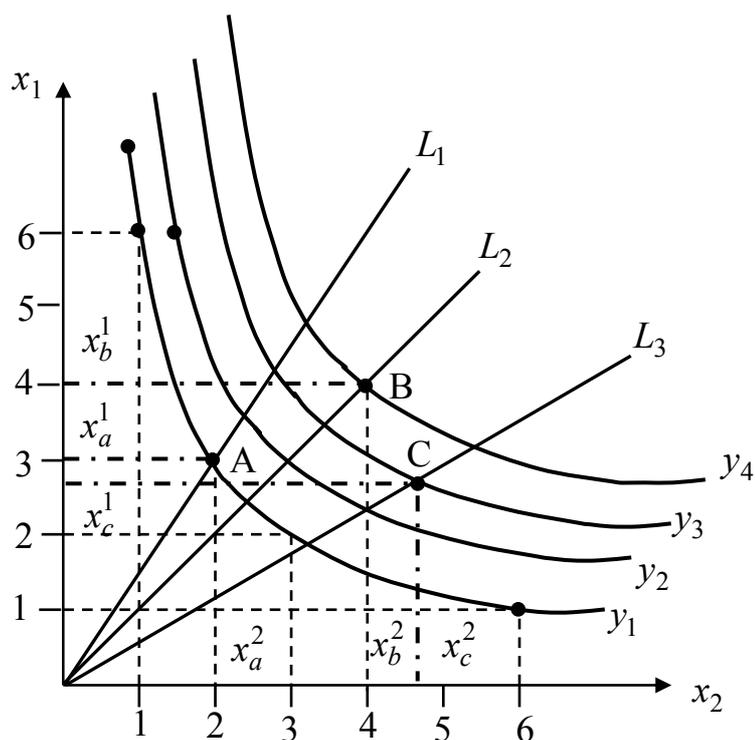


Рис. 1.15. Функции различных способов производства

Зависимости $y_i, i = \overline{1,4}$, называются изоквантами. Произвольные лучи $L_j, j = \overline{1,3}$, в пространстве ресурсов $\{x_1, x_2\}$, исходящие из начала координат и пересекающие пространство продуктов $y_i, i = \overline{1,4}$, позволяют определить множество фиксированных производственных способов $\{(x_1^a, x_2^a, y_1^a), (x_1^b, x_2^b, y_4^b), (x_1^c, x_2^c, y_3^c)\}$.

Более подробно способы построения производственных функций, их основные свойства, а также технология исследования производственно-технологических систем будут рассмотрены в разделе 6.

Контрольные вопросы

1. Приведите основные понятия термина «управление».
2. Поясните сходство и различие управления как специального вида деятельности и как процесса, приведите конкретные примеры.
3. Конкретизируйте кибернетическую модель управления с точки зрения деканата как системы управления и студенческих групп как объектов управления.
4. Приведите основные особенности понятий: «управление извне», «самоуправление», «комбинированное управление», приведите примеры систем с такими видами управления.
5. Поясните временную и логическую взаимосвязь основных функций управления.

6. Приведите конкретные примеры роли государственного регулирования в условиях наличия рыночных механизмов управления производством.

7. Приведите классификацию функций планирования по параметру «время», приведите примеры различных фаз планирования деятельности вуза.

8. Перечислите основные этапы и элементы долгосрочного планирования, уточните понятие «миссия организации».

9. Дайте основные понятия и определения структур управления, приведите пример наиболее рациональной структуры для организации малого бизнеса.

10. Представьте сравнительный анализ линейных и функциональных структур управления и их различных модификаций.

11. Приведите схемы управления факультетом в виде линейной и функциональной структур. Определите роль и место ученого совета факультета.

12. Покажите основные достоинства и недостатки линейно-функциональной и матричной структур управления по сравнению с классическими структурами.

13. Перечислите основные модели управления организацией, дайте их сравнительный анализ.

14. Дайте характеристику принятой на Западе модели управления «7-С», а также составляющих ее элементов.

15. Приведите сравнительный анализ японского и американского подходов к реализации системы «7-С».

16. Дайте интерпретацию реализации системы «7-С» на примере управления вузом.

17. Представьте основные параметры и характеристики выбора «оптимальной нормы управляемости».

18. Перечислите основные особенности «финансового управления» и отличие его от традиционного «административного управления».

19. Перечислите и прокомментируйте основные особенности промышленного предприятия как объекта управления.

20. Приведите примеры функционирования предприятия как определенной технологии и как структуры преобразования материального потока.

21. Продемонстрируйте действие физического закона сохранения веществ при описании движения материального потока.

22. Дайте понятия функции выпуска, функции издержек, производственного способа.

2. СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

2.1. Основные понятия и определения системного анализа

2.1.1. Система и среда

Окружающие нас производственные, социальные, организационные и природные объекты обладают множеством различных свойств: они достаточно сложны, распределены в пространстве, динамичны во времени, поведение их описывается как детерминированными, так и стохастическими законами и т.д.

В управлении такими системами задействовано большое количество людей, громадные природные, материальные и энергетические ресурсы. В этой связи подход к объектам управления как к сложным системам выражает одну из главных особенностей современного этапа развития общества.

Умение распознать систему, декомпозировать ее на элементарные составляющие, определить законы управления каждой подсистемой и вновь синтезировать систему требует разработки ряда специальных формальных моделей, процедур, алгоритмов. Еще философ Древнего Рима Квиантилиан утверждал, что любую сколь угодно сложную ситуацию можно полностью структурировать и описать, руководствуясь семью вопросами [5] (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Основные факторы системы

Наука, в рамках которой получили развитие исследования, направленные на решение вышеобозначенных проблем, получила названия «теория систем», «системный подход», «системный анализ». Эта теория зародилась в 30-х годах XX века и в 50-е годы сформировалась как самостоятельное научное направление. У ее истоков стояли биологи Л. Бертоланфи, Р. Жерар, специалист по математическим проблемам в области биологии и психологии А. Рапопорт, экономист К. Боулдинг [12]. В дальнейшем исследования были продолжены в многочисленных работах зарубежных и отечественных ученых: М. Месаровича, С. Оптнера, С. Янга, Я. Такахару, Р. Акоффа, А.А. Богданова, В.Н. Садовского, А.И. Умова, Ю.И. Черняка, А.А. Денисова и др. [13, 14, 15, 16].

Материалы данного раздела базируются на результатах томской школы системного анализа, основанной Ф.И. Перегудовым [7].

Понятие системы уточняется и совершенствуется вместе с развитием самого системного анализа. Так, основоположник теории систем Людвиг фон Берталанфи определил систему как комплекс взаимодействующих элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой.

Таким образом, исходным моментом в определении системы является ее сопоставление со средой, т.е. *среда* — это все то, что не входит в систему, а *система* — это конечное множество объектов, каким-то образом выделенное из среды. Между средой и системой существует множество взаимных связей, с помощью которых реализуется процесс *взаимодействия* среды и системы.

Степень влияния внешней среды на систему характеризуется следующими параметрами: количеством взаимосвязей; скоростью изменения параметров, описывающих взаимосвязи; характером изменения параметров (случайный, детерминированный).

Выделение системы из среды и определение границ их взаимодействия является одной из первоочередных задач системного анализа. От правильности определения границ зависят не только выполняемые функции, эффективность и качество системы, но и нередко сама ее жизнедеятельность. С другой стороны, диалектической основой системных исследований является принцип системности, суть которого сводится к тому, что система как нечто целое обладает свойствами, не присущими составляющим ее элементам. В этом случае при определении системы необходимо исходить из двух основополагающих понятий:

- система как совокупность взаимодействующих элементов;
- система как целостное образование, обладающее новыми системообразующими свойствами.

С учетом вышеизложенного выделим отличительные свойства системы:

- система есть нечто целое;
- система есть множество элементов, свойств и отношений;
- система есть организованное множество элементов;
- система есть динамическое множество элементов.

Тогда определение системы можно сформулировать следующим образом: *система есть конечное множество элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с заданной целью, в рамках определенного временного интервала* [7].

В данном случае под элементом принято понимать простейшую неделимую часть системы — подсистему. При этом ответ на вопрос, что является такой частью, не может быть однозначным и зависит от целей рассмотрения объекта как системы. Объективно, с точки зрения элементов внешней среды любая система существует как источник удовлетворения ее потребностей. Из этого следует, что простейшая модель взаимодействия между системой и средой выглядит следующим образом (рис. 2.2).

Элементы внешней среды задают системе *множество целей и ограниченный* — $Z = \{z_k\}$, поставляют *множество ресурсов* — $X = \{x_j\}$.

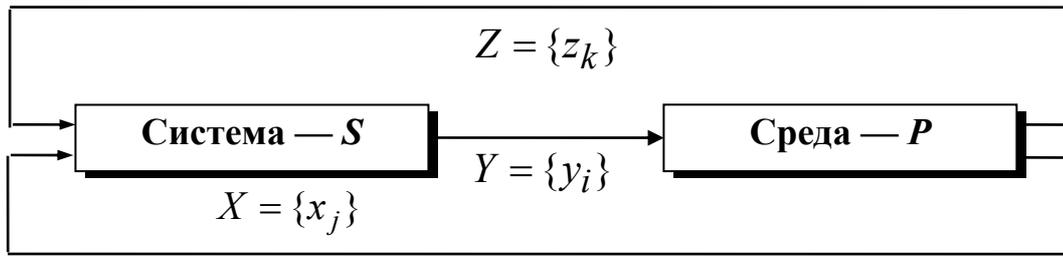


Рис. 2.2. Модель взаимодействия системы и среды

Выходом системы является множество *конечных продуктов и услуг* (КП) — $Y = \{y_i\}$, ориентированных на удовлетворение потребностей внешней среды. При этом множество конечных продуктов и ресурсов можно классифицировать на *материальные, информационные, финансовые, трудовые, энергетические группы*. В ряде случаев в классификаторе выходов системы помимо полезных конечных продуктов необходимо выделять *отходы*, т.е. конечные продукты, оказывающие негативное влияние на внешнюю среду.

Один из вариантов модели взаимодействия предприятия как «системы» с элементами ее внешней среды представлен на рис. 2.3.

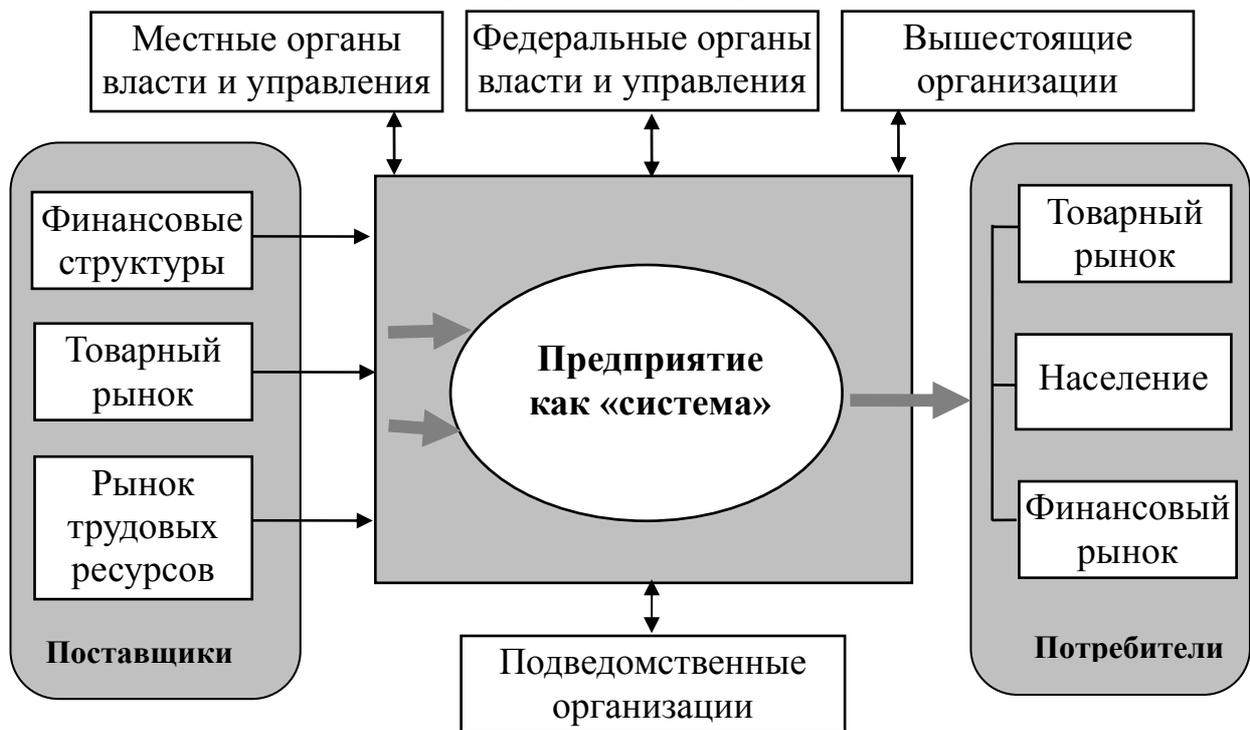


Рис. 2.3. Модель взаимодействия предприятия с элементами внешней среды

В качестве примера рассмотрим фрагмент модели взаимодействия учебного заведения с элементами внешней среды.

Конечными продуктами учебного заведения могут быть следующие множества:

y_1 — инженерные кадры;

y_{11} — инженерные кадры, подготовленные по типовым учебным планам;

y_{12} — инженерные кадры, подготовленные по заказам органов власти и управления;

y_{13} — инженерные кадры, подготовленные по заказам финансовых институтов;

y_{14} — инженерные кадры, подготовленные по заказам конкретного предприятия и т.д.;

y_2 — информационная продукция вуза:

y_{21} — учебно-методическая литература;

y_{22} — научно-техническая литература;

y_{23} — отчетная информация о деятельности вуза;

y_3 — научно-технические разработки вуза:

y_{31} — макеты и образцы аппаратуры и оборудования;

y_{32} — программные продукты и системы;

y_4 — кадры высшей квалификации:

y_{41} — кандидаты наук;

y_{42} — доктора наук.

В качестве входных *ресурсов* учебного заведения выделим:

x_1 — финансовые ресурсы учебного заведения:

x_{11} — федеральный бюджет;

x_{12} — местный бюджет;

x_{13} — внебюджетные средства;

x_{14} — благотворительные средства;

x_{15} — кредиты банков;

x_2 — абитуриенты, поступающие в вуз:

x_{21} — на основе госбюджетного финансирования;

x_{22} — по заказам органов власти и управления;

x_{23} — по заказам финансовых институтов;

x_{24} — по заказам конкретных промышленных предприятий;

x_{25} — на личные сбережения.

В качестве ограничений, определяющих деятельность вуза, можно рассмотреть:

z_1 — требования по учебной деятельности:

z_{11} — требования ГОСа на подготовку специалистов по конкретной специальности;

z_{12} — требования органов власти и управления к качеству подготовки специалистов;

z_{13} — требования финансовых структур к качеству подготовки специалистов;

z_2 — требования по научно-исследовательской деятельности:

z_{21} — требования федеральных органов к качеству выполнения госбюджетных тем;

z_{22} — требования заказчиков к качеству выполнения хоздоговорных тем.

2.1.2. Проблемная ситуация

Как было показано выше (п. 2.1.1), взаимодействие между системой и средой построено по следующей схеме: среда поставляет системе ресурсы, устанавливает цели, ограничения, а получает из системы и потребляет ее конечные продукты. Характерно, что КП системы принципиально не могут быть созданы в среде (в противном случае нет необходимости выделять систему из среды).

Возникшая либо назревающая степень неудовлетворения элементов внешней среды конечными продуктами системы, либо низкая эффективность взаимодействия элементов внешней среды с системой порождают новое понятие системного подхода — «проблемная ситуация».

В этом случае, очевидно, что перечень проблемных ситуаций можно определить, исходя из анализа взаимосвязи элементов множеств:

$$Y = \{y_{ip}\}, X = \{x_{jp}\}, Z = \{z_{kp}\}.$$

При проведении данного этапа системных исследований прежде всего необходимо четко сформулировать сущность проблемы и описать ситуацию, в которой она имеет место. В [17] этот вид деятельности рекомендуется рассматривать в виде последовательности этапов:

- установления наличия проблемы, т.е. уяснения, существует ли в действительности проблема либо является надуманной;
- определения новизны проблемной ситуации;
- установления причин возникновения проблемной ситуации;
- определения степени взаимосвязи проблемных ситуаций;
- определения полноты и достоверности информации о проблемной ситуации;
- определения возможности разрешения проблемы.

Определение наличия проблемы предполагает проверку истинности или ложности ее существования (наступления). Проверка истинности существования проблемы должна определяться прежде всего по наличию в системе совокупности экономических и социальных потерь, а ее значимость — по оценке экономического либо социального эффекта, получаемого в системе после ликвидации проблемной ситуации. Оценка же степени проблемности должна производиться путем сопоставления фактических (в данный момент либо в будущем) значений показателей эффективности системы с их плановыми либо нормативными значениями. Кроме того, эксперт должен определить поведение и устойчивость проблемной ситуации во времени, т.е. выяснить, сложившаяся ли эта проблемная ситуация, либо она развивается, либо наступит в будущем.

Определение новизны проблемной ситуации необходимо для выявления и установления возможных прецедентов или аналогий. В этом случае принято говорить о стандартных и нестандартных проблемных ситуациях. Наличие прошлого опыта или нормативных рекомендаций позволяет существенно облегчить работу экспертов по выработке и принятию решений по ликвидации проблемы.

Установление причин (как в системе, так и во внешней среде) возникновения проблемы позволяет глубже понять закономерности функционирования объекта управления, вскрыть наиболее существенные факторы, приведшие к проблемной ситуации.

При анализе проблемной ситуации необходимо установить возможные взаимосвязи рассматриваемой проблемы с другими проблемами. При этом необходимо провести разделение этих проблем на главные и второстепенные, общие и частные, срочные и несрочные. Анализ взаимосвязей проблем создает возможности четкого и глубокого выявления причинно-следственных зависимостей и способствует выработке комплексного решения, что, в свою очередь, позволяет выдавать рекомендации по изменению не только исследуемой системы, но и внешней среды.

Большое значение в анализе имеет определение степени полноты и достоверности информации о проблемной ситуации. В случае полной информации нетрудно сформулировать сущность проблемы и комплекс характеризующих ее условий. Если же имеет место неопределенность информации, то необходимо рассмотреть две альтернативы: провести работу по получению недостающей информации; отказаться от получения дополнительной информации и принимать решение в условиях имеющейся неопределенности. В этом случае все множество проблемных ситуаций рекомендуется разбить на структурированные, слабоструктурированные и неструктурируемые. Выбор той или иной альтернативы в каждом конкретном случае надо производить, исходя из схемы «затраты — эффект». Важной составной частью анализа проблемной ситуации является определение степени разрешимости проблемы. В данном случае уже на предварительном этапе необходимо хотя бы приблизительно оценить возможность разрешения проблемы, поскольку не имеет смысла заниматься поиском решений для неразрешимых в данный момент времени проблем.

Сложность и многообразие систем и проблемных ситуаций требуют разработки формальных процедур организации такого рода деятельности. В [9] предлагается следующий перечень методов, позволяющих систематизировать анализ и оценку проблемных ситуаций:

- анкетное обследование;
- прогнозирование на базе временных рядов;
- производное прогнозирование — использование уже полученных прогнозов для оценки каких-либо ситуаций (например, компания по производству запчастей к автомобилям, может воспользоваться прогнозами об объемах продаж автомобилей);
- моделирование на базе факторного и регрессионного анализа (установление причинно-следственных связей между некоторыми факторами и

переменной величиной, которую необходимо определить);

- метод мозгового штурма;
- метод Дельфи;
- метод разработки сценариев.

Более детально некоторые из методов будут описаны в следующих разделах учебника.

В заключение раздела, продолжая рассматривать пример анализа взаимодействия учебного заведения с элементами внешней среды, выделим следующий перечень возможных проблемных ситуаций:

- на взаимосвязи y_{14} — низкое качество подготовки специалистов, несоответствующее требованиям современного производства;
- на взаимосвязи x_{11} — низкий уровень финансирования учебного процесса со стороны государства;
- на взаимосвязи x_{13} — низкие объемы и темпы привлечения внебюджетных средств при организации целевой и коммерческой подготовки студентов;
- на взаимосвязи x_{41} — низкий конкурс при поступлении в вуз по ряду специальностей и т.д.

2.1.3. Цели системы

Определение цели системы является одним из ответственных этапов системного подхода. Римский философ Сенека однажды высказался: «Когда не знаешь, какая гавань тебе нужна, любой ветер будет попутным». Вместе с тем понятие цели и связанные с ним понятия целенаправленности, целеустремленности, целесообразности в разных источниках формулируются по-разному. Так, в БСЭ цель определяется как «заранее мыслимый результат созидательной деятельности человека». Кроме того, в литературе имеется еще ряд вариантов определения цели системы:

- «желаемое состояние выходов системы»;
- «определенное извне или установленное самой системой состояние ее выходов»;
- «идеальный образ того, чего человек либо группа людей хочет достичь»;
- «предвосхищение в сознании результата, на достижение которого направлены действия»;
- «требуемые внешней средой результаты деятельности системы, заданные на множестве выходных конечных продуктов».

В данном случае при определении понятия цели будем исходить из следующих предпосылок. Поскольку проблемная ситуация идентифицируется с анализом взаимоотношений системы с элементами внешней среды, то *под целями системы будем понимать идеальный информационный образ этих взаимоотношений.*

Таким образом, главная трудность формирования целей связана с тем, что цели являются как бы антиподом проблем. Формулируя проблемы, мы говорим в явном виде, что нам не нравится. Говоря о целях, мы пытаемся сформулировать, что мы хотим. При определении цели не следует формулировать ее в терминах средств достижения цели. Предположим, вы хотите улучшить информационное обслуживание своей фирмы — формулировка цели в виде «приобретение необходимого количества ПЭВМ» является лишь одним из возможных действий в этом направлении.

Рассматривая возможные пространства целеполагания, выделим следующие классы целей, свойственные для любой организационной системы:

- цели, которые ставят перед системой вышестоящие организации;
- цели, которые ставят перед системой элементы внешней среды;
- собственные цели системы;
- цели, которые ставят перед системой подведомственные организации.

При этом множество этих целей может быть и противоречивым. Например, Министерство образования требует от вузов выпуск специалистов в соответствии с Государственными образовательными стандартами, предприятия и организации внешней среды желают преимущественно приобретать узкопрофильных специалистов, способных решать конкретные задачи, сам вуз заинтересован в выпуске высококвалифицированных специалистов, способных решать широкий спектр разноплановых задач.

С другой стороны, каждая группа выделенных целей может быть описана с различных точек зрения. На рис. 2.4 представлен один из возможных вариантов классификационных параметров целей системы.



Рис. 2.4. Классификация целей

Выбор того или иного класса целей зависит от характера решаемой проблемы. Очевидно, что при этом при определении целей необходимо исходить из общественных интересов системы. Конечные цели характеризуют вполне определенный результат, который может быть получен в заданном интервале времени. Бесконечные цели определяют общее направление деятельности. Формулировка целей может выражаться как в качественной, так и в количественной форме, должна быть четкой и компактной, носить повелительный характер.

Примеры качественных целей (ориентиров) могут быть сформулированы следующим образом:

- обеспечить лидирующие позиции фирмы в области производства продукции, снижения себестоимости и повышения качества продукции,

достижение высоких результатов в области технологии;

- повысить эффективность деятельности организации за счет объединения функций производителя и продавца при снижении издержек в снабжении, производстве и реализации.

Количественные цели выражаются через определенную систему показателей, например: обеспечить долю рынка по реализации группы продукции А в размере не менее 25 %.

По отношению к состоянию целей система может находиться в двух режимах: функционирования и развития. В первом случае считается, что система полностью удовлетворяет потребности внешней среды и процесс перехода ее и ее отдельных элементов из одного состояния в другое происходит при постоянстве заданных целей. Во втором случае считается, что система в некоторый момент времени перестает удовлетворять потребностям внешней среды и требуется корректировка прежних целевых установок.

Учитывая, что практически все системы относятся к классу многопродуктовых (многоцелевых) систем, следует рассматривать простые (частные) цели системы и сложные (комплексные) цели. Так, в [5] для достижения успеха в бизнесе предлагается сложную, комплексную цель организации формулировать в следующей системе координат:

- эффективности функционирования;
- производительности;
- организации производства и управления;
- инновационной деятельности;
- материальных ресурсов;
- финансовых ресурсов;
- социальной ответственности.

Этот пример показывает, что если вы при организации бизнеса задаетесь единственной целью, например, в области эффективности — «максимальное получение прибыли», — то ваша деятельность является паразитирующей. В конечном счете любой бизнес должен иметь свое определенное общественное предназначение, быть полезным обществу с точки зрения производства каких-либо конечных продуктов и услуг.

Современная концепция управления по целям является одним из эффективных средств организации корпоративного управления. Она основана на том, что каждый представляет себе цели организации и стремится к их достижению. При этом для такого управления характерны следующие особенности:

- деятельность сотрудников оценивается по ее результатам (достижениям), а не по количеству отработанного времени;
- сотрудники знают цели организации и стремятся к их достижению;
- сотрудники имеют право формулировать и отстаивать свои собственные цели.

Многочисленные социологические исследования в этом направлении показывают, что человек всегда стремится достичь разумного компромисса *между личными и профессиональными интересами*. При этом личные

интересы, как правило, формируются человеком в виде определенного стандарта удовлетворения своих потребностей. Одним из возможных вариантов задания таких стандартов для определения личных целей являются следующие семь направлений целеполагания [9]: карьера, душевное состояние, вера (религия), идеалы, финансы, физическое состояние, друзья, семья.

В качестве примера определения личных целей приведем рекомендации о целенаправленной деятельности человека по достижению определенных финансовых результатов [5]: *«Во-первых*, мысленно установите точное количество денег, которое вы желаете иметь. Недостаточно просто сказать: «Я хочу много». Уточните количество. *Во-вторых*, определите, что вы намереваетесь отдать за то, что вы желаете. *В-третьих*, определите точную дату, когда вы намерены иметь деньги или достичь цели. *В-четвертых*, создайте конкретный план для выполнения желания и начинайте сразу же, готовы вы или нет, претворять его в действие. *В-пятых*, запишите ясное, четкое утверждение о том, сколько денег вы хотите получить или какую цель вы намерены достичь. Установите временные рамки для приобретения этого». Для достижения окончательного успеха предлагается читать вслух сформированную программу действий дважды в день: перед сном и после утреннего подъема, прилагая при этом усилия, чтобы видеть и чувствовать себя так, как будто, вы уже достигли своей цели.

В заключение, рассматривая пример системного анализа вуза, определим в качестве ликвидации проблемных ситуаций y_{14} и x_{13} , сформулированных в п. 2.1.2, следующие цели совершенствования учебного процесса:

- 1) повышение качества подготовки специалистов, проходящих обучение на контрактной основе;
- 2) обеспечение среднего балла по диплому для специалистов, обучаемых на контрактной основе, до 4,5;
- 3) увеличение объема привлекаемых внебюджетных средств от контрактного обучения до N рублей;
- 4) обеспечение 100-процентного выполнения договорных обязательств с предприятиями-заказчиками молодых специалистов.

2.1.4. Показатели эффективности достижения целей

Окончательная формулировка целей системы должна сопровождаться выбранной системой показателей эффективности достижения целей и принятой системой ограничений.

На практике часто происходит путаница в понятиях цели системы и критериев ее эффективности, при этом здесь важны не терминологические тонкости, а существо этих понятий. Как было определено выше, цели системы выражают субъективную точку зрения на то, для чего создается система, какой результат будет получен в процессе ее функционирования (развития). Критерий же эффективности — это оценка качества функционирования системы, измерение степени достижения целей.

В общем случае любой показатель эффективности зависит от параметров системы и внешней среды. При этом выбранный показатель эффективности существенно влияет в дальнейшем как на реализуемые системой функции, так и на выбор структуры системы. Проследим это на примере выбора показателей эффективности некоторого производственного процесса, обеспечивающего выпуск некоторого множества конечных продуктов.

Примем первоначально в качестве показателя эффективности производительность (количество КП в единицу времени). В этом случае при выделении функций и проектировании структуры системы будем акцентировать внимание на модернизации производства, не учитывая такие параметры, как экономия ресурсов, себестоимость и т.д. И наоборот, приняв в качестве показателя эффективности величину себестоимости, мы включаем механизм экономии и оставляем без внимания факторы производительности оборудования, качества продукции и т.д. Таким образом, очевидно, что характер критерия эффективности определяет и основные направления анализа и синтеза исследуемой системы, и неверный его выбор приводит систему к кризису.

Для согласования различных тенденций в функционировании системы при наличии альтернатив используют либо сложные показатели эффективности, состоящие из различных критериев, либо показатели эффективности, содержащие ограничительные условия, например: минимизацию производственных потерь и себестоимости; минимизацию себестоимости при ограничениях на производительность и качество.

Рассмотрим соотношения сформулированных целей организации и используемых показателей эффективности их достижения (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Соотношение целей и показателей эффективности

В заключение сформулируем ряд общих требований к критериям эффективности:

- критерий должен быть количественным, т.е. выражать эффективность системы числом либо, в случае векторного выражения, набором чисел;
- критерий должен быть статистически значимым, т.е. разброс измеряемых значений относительно истинной величины должен быть невелик;
- в случае наличия множества частных целей критерий должен комплексно характеризовать эффективность системы в целом;
- критерий должен быть простым, чтобы его вычисление либо сбор исходных данных не были связаны с большими трудозатратами, вместе с тем простота не должна достигаться путем снижения комплексности;
- для удобства и простоты математическое выражение критерия интерпретируется относительной величиной (относительно плана, рекорда и т.д.);
- в случае векторного критерия желателен его адекватный переход в скалярную форму с одновременным уменьшением числа компонент.

Наряду с выбранными критериями большое влияние на выбор того или иного варианта решения оказывает система выделенных в задаче ограничений. Ограничения — это условия, отражающие влияние внешних и внутренних факторов, которые нужно учитывать в задаче принятия решений. Требования системности при рассмотрении вопроса требуют учета всех возможных ограничений: организационных, экономических, правовых, технических, психологических и т.д. При этом качественные ограничения формулируются, как правило, в терминах «не разрешается», «не допускается», а количественные — «не более», «не менее», «в интервале от ... до ...». Ограничения, как правило, дополняют (конкретизируют) сформулированные ранее цели и в отдельных случаях могут сделать цели нереализуемыми. В этом случае необходимо через проведение ряда итерационных процедур снять часть ограничений.

2.1.5. Функции системы

Наличие проблемной ситуации и сформулированной цели системы как прообраза ее будущего состояния требует реализации определенных действий по достижению заданных целевых результатов. В этом случае определим **функцию системы как способ (совокупность действий) достижения системой поставленных целей**.

В действующих системах множество функций задается, как правило, в уставе организации, в должностных инструкциях. Для определения множества функций вновь проектируемых систем либо определения множества альтернатив решения конкретных проблемных ситуаций могут быть использованы содержательные методы, достаточно подробно описанные в [7, 12, 17]:

- метод мозгового штурма,
- метод Дельфи,

- метод разработки сценариев,
- метод морфологического анализа.

Кратко остановимся на описании каждого из них.

Метод мозгового штурма (коллективная генерация идей) представляет собой групповое обсуждение с целью получения новых идей, вариантов решений проблемы. Мозговой штурм часто называют также мозговой атакой, методом генерации идей. Характерной особенностью этого вида экспертизы является его использование в трудных, тупиковых ситуациях, когда известные пути и способы решения оказываются непригодными. При использовании метода мозгового штурма целесообразно использовать следующие принципы:

1) сознательное генерирование как можно большего количества вариантов. При этом рекомендуется вначале определить два крайних варианта решения, например первое — ничего не делать, второе — принять радикальное решение, и далее генерировать варианты решений внутри этого интервала. Не рекомендуется также сразу отбрасывать альтернативы, кажущиеся на первый взгляд абсурдными, надуманными;

2) при организации работ на этапе генерации альтернатив необходимо помнить о существовании факторов как тормозящих работу, так и способствующих ей. К их числу можно отнести психологическую несовместимость экспертов, различную инертность мышления, эмоциональные преграды, физическое состояние, среду обитания и т.д. Совокупность этих факторов должна позволять эксперту не только самому продуктивно генерировать варианты, но и создавать условия для успешной деятельности других участников;

3) при значительном количестве альтернатив и ограниченном времени на принятие решения рекомендуется проводить предварительное «грубое отсеивание», не сравнивая альтернативы количественно, а лишь проверяя их на присутствие некоторых качеств, желательно для любой приемлемой альтернативы;

4) в состав группы целесообразно включать специалистов разнообразных профессий, опыта, квалификации, при этом следует привлекать прежде всего внешних специалистов, не обремененных прошлым опытом, не знающих внутренних противоречий и ограничений в системе.

Обобщенную процедуру организации мозгового штурма можно описать в следующем виде. Каждый по очереди зачитывает свою идею, остальные слушают и записывают на карточки свои новые мысли, возникающие под влиянием услышанного. Затем все карточки собираются, упорядочиваются по каким-либо признакам и анализируются, как правило, другой группой экспертов. Упорядочение обычно происходит по основным направлениям деятельности исследуемой системы. Например, для разработки программы «Повышение эффективности учебного процесса» в качестве таких направлений можно выделить:

- предложения по совершенствованию нового набора;
- предложения по повышению эффективности учебного процесса;
- предложения по созданию (возрождению) результативной системы распределения.

Если эксперты разрабатывают программу развития производства, то в качестве направлений деятельности можно выделить:

- повышение эффективности использования основных фондов;
- развитие трудовых ресурсов;
- совершенствование технологий производства и т.д.

Метод Дельфи представляет собой многотуровую процедуру анкетирования с обработкой и сообщением результатов каждого тура экспертам, работающим отдельно друг от друга. Этот метод был разработан Хелмером и Гордоном (США) в середине 50-х годов для составления всевозможных прогнозов. В отличие от традиционного подхода к достижению согласованности мнений экспертов путем открытой дискуссии метод Дельфи предполагает полный отказ от коллективных обсуждений. Это делается с целью уменьшения влияния таких психологических факторов, как присоединение к мнению наиболее авторитетного специалиста, нежелание отказаться от публично выраженного мнения, следование за мнением большинства. В методе Дельфи прямые дебаты заменены тщательно разработанной программой последовательных индивидуальных опросов, проводимых обычно в форме анкетирования. Ответы экспертов обобщаются и вместе с новой дополнительной информацией поступают в распоряжение экспертов, после чего они уточняют свои первоначальные ответы. Такая процедура повторяется несколько раз, до достижения приемлемой сходимости совокупности высказанных мнений. Результаты эксперимента показали приемлемую сходимость предложений экспертов после пяти туров опроса.

Метод Дельфи первоначально использовался как итеративная процедура при проведении мозговой атаки, которая должна помочь снизить влияние психологических факторов при проведении повторных заседаний и повысить объективность результатов. Однако почти одновременно «Дельфи»-процедуры стали основным средством повышения объективности экспертных опросов с использованием количественных оценок при анализе деревьев цели и при разработке сценариев.

Перечислим основные факторы повышения объективности результатов при применении «Дельфи»-метода: использование обратной связи, ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учет этих результатов при оценке значимости мнений экспертов.

В общем виде процедура «Дельфи»-метода состоит из следующих этапов:

- 1) организации последовательности циклов мозговой атаки;
- 2) разработки программы последовательных индивидуальных опросов, обычно с помощью вопросников, исключая контакты между экспертами, но предусматривающей ознакомление их с мнениями друг друга между турами (вопросники от тура к туру могут уточняться);
- 3) присваивания экспертам весовых коэффициентов значимости их мнений, вычисляемых на основе предшествующих опросов, уточняемых от тура к туру и учитываемых при получении обобщенных результатов оценок.

Метод разработки сценариев ориентирован на описание (предсказание) различных вариантов *будущего состояния* исследуемой системы,

т.е. описываются различные последовательности действий, которые могут привести к вполне конкретным событиям. При этом исходное состояние системы считается заданным и одинаковым. Создание сценариев относится к типичным неформализованным процедурам, вместе с тем можно сформулировать следующие обобщенные рекомендации:

- разработка «верхнего» и «нижнего» вариантов развития системы;
- обязательное выделение в сценарии факторов, влияющих на будущее состояние системы, и предложений по контролю и управлению ими;
- подтверждение выводов и рекомендаций количественными характеристиками.

Тексты сценариев представляются в виде аналитических записок каждым экспертом, затем сводятся в итоговый отчет. При разработке сценариев широкое распространение получил метод «дерева целей», описанный в разделе 4. Вместе с тем сценарий является предварительным, предплановым документом, на основе которого и должны разрабатываться программы развития организации.

Суть *метода морфологического анализа* состоит в построении некоторого нормативного множества параметров исследуемой системы, перечислении возможных значений этих параметров и генерировании множества функций переборки всех возможных сочетаний этих значений. Рассмотрим суть метода на упрощенном примере разработки программы развития производства. В основу генерации множества нормативных функций положим две модели:

- модель жизненного цикла производства <снабжение → производство → реализация>;
- нормативную модель производственной деятельности <предмет деятельности → средства деятельности → кадры → технологии>.

В этом случае множество нормативных функций по совершенствованию функционирования производства может быть сгенерировано по следующей матрице (рис. 2.6).

	Предметы деятельности	Средства деятельности	Кадры	Технологии
Снабжение	●			
Производство	↓	↑		↑
Реализация	↓	↑	↓	↑

Рис. 2.6. Матрица вариантов

Например, при разработке все той же программы развития производства вначале экспертами генерируется множество мероприятий по повышению эффективности использования материальных ресурсов в системах снабжения, производства и распределения, затем разрабатываются мероприятия по повышению эффективности использования основных фондов и т.д.

Общее количество направлений совершенствования производства равно 12 (3 × 4). По каждому из направлений эксперты могут генерировать вполне конкретные функции.

2.1.6. Стратегии развития организации

В современной литературе по менеджменту множество функций системы по достижению поставленных целей предлагается объединить в «стратегии» развития организации. Как правило, понятие стратегии употребляется сегодня для описания общего плана развития организации или одного из ее крупных проектов. Существуют два принципиально разных типа стратегий.

Крупные стратегии (стратегии развития) делают акцент на достижение основных, базовых целей организации, раскрывают ее перспективы. Конкретные стратегии (стратегии функционирования) описывают текущие планы действий, приводящие к превосходству фирмы в конкурентной борьбе. В этой связи все множество стратегий может быть сгруппировано в следующие классы:

- стратегии развития организации;
- стратегии реализации крупных проектов;
- стратегии достижения конкретных результатов деятельности.

При разработке каждого типа стратегий фирма руководствуется набором определенных правил, в частности:

- правил, используемых при оценке результатов деятельности фирмы в настоящем и будущем;
- правил, по которым складываются отношения фирмы с внешней средой (поставщики, потребители, конкуренты и т.д.);
- правил, по которым устанавливаются отношения и процедуры взаимодействия внутри организации.

Следует отметить, что в литературе по стратегическому планированию отсутствуют формальные методики определения необходимого и достаточного множества стратегий, обеспечивающих достижение заданного целевого результата, а приводится лишь множество их наименований, излагается краткое содержание. В данном случае, основываясь на материалах [18], опишем следующие наиболее часто упоминаемые в литературе стратегии.

1. **Продуктовая стратегия** направлена на определение видов конкретных конечных продуктов и услуг, методов и технологий производства и реализации продукции, способов повышения ее конкурентоспособности.

Разработка продуктовых стратегий может быть реализована при различных исходных предпосылках. Так, американские фирмы при разработке продуктовых стратегий обращают внимание на следующие факторы:

- принципиальное отличие выпускаемой продукции от существующих аналогов других фирм;
- удовлетворение конкретных потребностей определенной категории пользователей;
- обеспечение низкой себестоимости производства.

Продуктовые стратегии японских фирм ориентированы на достижение следующих результатов: получения прибыли от вложенного капитала; создания сообщества сотрудников фирмы.

2. **Стратегия маркетинга** предполагает гибкое приспособление деятельности предприятия к рыночным условиям с учетом позиций товара на рынке, уровня затрат на исследование рынка, комплекса мер по формированию спроса на продукцию и т.д.

3. **Ресурсные стратегии** направлены на анализ состояния и эффективное использование ресурсов компании. В зарубежной литературе принято описывать рыночные, оперативные, финансовые и человеческие ресурсы.

Стратегия рыночных ресурсов направлена на твердое и стабильное положение товаров на рынке, отработку эффективного взаимодействия компании с оптовыми и розничными структурами по реализации товара.

Оперативные ресурсы включают в себя качественные характеристики основных фондов и технологий фирмы.

Финансовые ресурсы являются очевидным и главным фактором процветания компании. Эффективное движение денежной массы, мощная база вложений капитала, способность получать денежные займы помогают фирме заметно превзойти конкурентов.

Человеческие ресурсы до последнего времени оставались вне поля зрения руководства. Вместе с тем опытные, образованные, с высокой мотивацией к выполнению служебных обязанностей служащие — ключевой элемент рыночной конкурентоспособности.

4. **Стратегия развития конкурентоспособности** ориентирована на снижение издержек производства, повышение качества продукции, определение поведения на конкретных рынках сбыта.

5. **Стратегия управления набором отраслей деятельности** включает в себя управление номенклатурой и объемами производства, открытие (закрытие) определенных видов производств, реорганизацию производственно-технологической структуры компании.

6. **Стратегия нововведений** предполагает объединение целей технической политики и политики капиталовложений и направлена на внедрение новых технологий и видов продукции. Реализация стратегии предполагает поиск и финансирование нововведений, обеспечивающих существенный прорыв в определенных технологических сферах.

7. **Стратегия капиталовложений** предполагает:

- определение относительного уровня капиталовложений на основе расчета масштабов выпуска отдельных видов продукции и деятельности фирмы в целом;

- определение конкурентных позиций фирмы.

8. **Стратегия поглощения** предполагает приобретение акций других компаний, характеризующихся быстрым ростом и научно-техническими достижениями.

9. **Стратегия зарубежного инвестирования** направлена на создание за рубежом собственных производственных предприятий, как правило сборочных, либо по разработке сырьевых ресурсов.

10. **Стратегия расширения экспортной деятельности** предполагает разработку мер, обеспечивающих целесообразность развития экспортной деятельности. Стратегия экспорта предусматривает ориентацию производства на удовлетворение потребностей иностранных потребителей и используется чаще всего крупными компаниями, выпускающими сложное оборудование, а также средними и небольшими фирмами, выпускающими новейшую малогабаритную продукцию (часы, фотоаппараты, бытовые электроприборы) и сбывающими ее на тех рынках, где транспортные издержки невелики, а риск зарубежных инвестиций велик.

11. **Стратегия внешнеэкономической экспансии** предполагает по всем видам деятельности создание заграничного производства, экспорт в третьи страны товаров и услуг, заграничное лицензирование.

Процесс разработки стратегии не завершается каким-либо немедленным действием, причем ее реализация может начаться еще до формирования стратегии в виде конкретного плана действий.

2.1.7. Структура системы

Рассмотренные выше этапы создания системы для конкретной проблемной ситуации (формирование целей и способов их достижения, т.е. функций) объективно требуют следующего логического шага — выявления таких элементов системы и отношений между ними, которые обеспечили бы ее целенаправленное функционирование. Элементы любого содержания, необходимые для реализации функций, назовем частями или компонентами системы. Совокупность частей (компонентов) системы образует ее элементный (компонентный) состав. При этом те элементы системы, которые рассматриваются как неделимые, будут называться элементарными. Часть системы, состоящая более чем из одного элемента, образует подсистему. Вместе с тем каждую из подсистем, реализующих конкретную функцию, можно, в свою очередь, рассматривать как новую систему и т.д. Упорядоченное множество отношений между частями, существенное по отношению к цели и необходимое для реализации функции, образует **структуру** системы.

Понятие структуры происходит от латинского слова *structure*, означающего строение, расположение, порядок, а наиболее точное определение структуры выглядит следующим образом: «Под структурой понимается совокупность элементов системы и взаимосвязей между ними». При этом понятие «связи» может характеризовать одновременно и строение (статику), и функционирование (динамику) системы. Кроме того, при проведении анализа используются два определяющих понятия структуры: материальная и формальная.

В общем случае под **формальной структурой** понимается совокупность функциональных элементов и их отношений, необходимых и достаточных для достижения системой поставленных целей. Из определения следует, что формальная структура описывает нечто общее, присущее системам одного типа. В свою очередь, материальная структура является носителем конкретных типов и

параметров элементов системы и их взаимосвязей.

Применительно к процессам обучения при описании материальной структуры в качестве объекта деятельности рассматриваются обучаемые; в качестве субъекта деятельности — учитель; средства деятельности представлены учебниками, лабораторными установками, ПЭВМ; отношения же между элементами определяются принятой технологией обучения.

Формальная структура любой ПЭВМ может быть представлена процессором, терминалом, клавиатурой, источником питания, блоками оперативной и внешней памяти. Материальная структура конкретной ПЭВМ определяется типами используемых элементов.

Приведенные рассуждения позволяют сделать два вывода относительно сущности формальных структур: фиксированной цели соответствует, как правило, одна и только одна формальная структура; одной формальной структуре может соответствовать множество вариантов материальных структур.

При проведении системного анализа на этапе изучения формальных и материальных структур системы аналитики решают обычно следующие задачи:

- определение соответствия существующей структуры новым целям и функциям системы;
- определение необходимости реорганизации существующей структуры либо проектирования принципиально новой структуры;
- распределение (перераспределение) новых и старых функций системы по элементам структуры.

Рассмотрим типовые структуры, используемые при построении организационно-экономических, производственно-технологических и вычислительных систем (рис. 2.7).

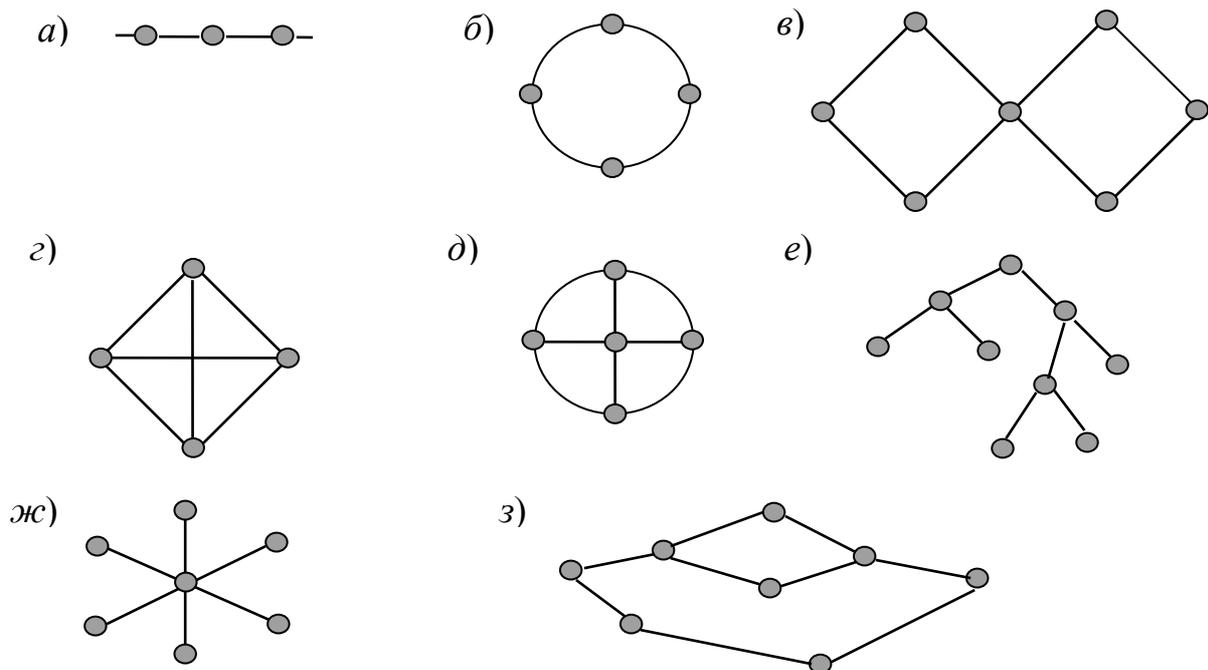


Рис. 2.7. Типы (виды) структур

Линейная структура (рис. 2.7, а) характеризуется тем, что каждая вершина связана с двумя соседними. При выходе из строя хотя бы одного элемента (связи) структура разрушается.

Кольцевая структура (рис. 2.7, б) отличается замкнутостью, любые два элемента обладают двумя направлениями связи. Это повышает скорость общения, делает структуру более живучей.

Сотовая структура (рис. 2.7, в) характеризуется наличием резервных связей, что повышает надежность (живучесть) функционирования структуры, но приводит к повышению ее стоимости.

Многосвязная структура (рис. 2.7, г) имеет структуру полного графа. Надежность функционирования — максимальная, эффективность функционирования — высокая за счет наличия кратчайших путей, стоимость — максимальная. Частным случаем многосвязной структуры является «колесо» (рис. 2.7, д).

Иерархическая структура (рис. 2.7, е) получила наиболее широкое распространение при проектировании систем управления; чем выше уровень иерархии, тем меньшим числом связей обладают ее элементы. Все элементы, кроме верхнего и нижнего уровней, обладают как командными, так и подчиненными функциями управления. Каждый уровень такой системы характеризуется уровнем иерархии, который определяется как отношение числа исходящих связей к числу входящих.

Звездная структура (рис. 2.7, ж) имеет центральный узел, который исполняет роль центра, остальные элементы системы являются подчиненными.

Графовая структура (рис. 2.7, з) является инвариантной по отношению к иерархической и используется обычно при описании производственно-технологических систем.

В целом структура существенно влияет на результаты деятельности организации, поэтому при выборе варианта структуры целесообразно использовать некоторые обобщенные показатели эффективности. В литературе рассматриваются два класса таких показателей:

- показатели, описывающие статические параметры системы;
- показатели, описывающие ее динамические свойства.

К первой группе показателей относят число уровней иерархии, характер взаимосвязей между элементами, степень централизации (децентрализации) управления. Вторая группа показателей описывает эффективность функционирования системы: оперативность, периферийность, живучесть. Кратко остановимся на характеристиках вышеперечисленных показателей.

Оперативность оценивается временем реакции системы на воздействие внешней среды либо скоростью ее изменения и зависит, в основном, от общей схемы соединения элементов и их расположения.

Централизация определяет возможности выполнения одним из элементов системы руководящих функций. Численно централизация определяется средним числом связей центрального (руководящего) элемента со всеми остальными.

Периферийность характеризует пространственные свойства структур.

Численно периферийность определяется показателем центра тяжести структуры, при этом в качестве единичной оценки меры связности выступает «относительный вес» элемента структуры.

Живучесть системы определяет ее способность сохранять значения показателей при повреждении части системы. Этот показатель может характеризоваться относительным числом элементов (или связей), при уничтожении которых остальные показатели не выходят за допустимые пределы.

Задача оптимизации структуры с целью получения наибольшей эффективности системы является актуальной и требует определенного математического аппарата для своего решения. В качестве такого аппарата используется теория графов и целочисленное программирование.

2.1.8. Внешние условия системы

Системные исследования организации позволяют создать идеально-нормативную систему, которая может служить эталоном реальных систем, функционирующих в условиях ограничений, накладываемых внешней средой. При несоответствии существующей структуры системы нормативному набору функций, приводящему к достижению целей, и невозможности ее реорганизации за счет внутренних ресурсов системы, должны рассматриваться варианты целенаправленного воздействия на систему элементов внешней среды. В большинстве случаев в качестве элементов внешней среды, активно воздействующих на систему, рассматриваются:

- **внешние ресурсы** (финансовые, материальные, трудовые, информационные);
- **ограничения** (законодательные акты, нормативно-правовые документы и т.д.), задаваемые, как правило, в виде некоторых информационных ресурсов.

Очевидно, и те и другие воздействия могут оказывать влияние как на структуру, так и на функции системы.

Иногда, после определения множества необходимых ресурсов, становится очевидной нереальность заданных целевых результатов и требуется корректировка исходных целей либо множества функций по их реализации. Однако этап постановки «оптимальных целей» не должен считаться потерей времени, так как стратегия «это лучшее, что можно сделать» в этом случае подменяется стратегией «это лучшее, что может быть сделано».

В случае, если внешних ресурсов достаточно, можно говорить о ликвидации анализируемой проблемной ситуации. В противном случае речь должна пойти о переосмыслении проблемы и формулировании новой системы целей.

Пример. В качестве ресурсов внешней среды при реализации функции «подготовка специалистов, соответствующих требованиям конкретного предприятия» можно рассматривать следующие компоненты:

- финансовые ресурсы, поступающие от предприятия в виде денежной компенсации за дополнительную подготовку;

- материальные ресурсы, представленные в виде оригинального оборудования, приборов и устройств, которыми студент должен научиться пользоваться;
- постановления Министерства образования Российской Федерации, регламентирующие права и обязанности вуза, предприятия и студента.

2.1.9. Основные этапы системной деятельности

Последовательное использование приведенных понятий и определений системного подхода позволяет ответить на совокупность взаимосвязанных вопросов: «почему?», «что?», «как?», «кто?» и «чем?». Другими словами, следует выявить наличие либо отсутствие проблемной ситуации и основные направления (цели) ее ликвидации, определить, какие функции системы при этом надо реализовать и какой структурой, выяснить, имеются ли для этой реализации соответствующие ресурсы, экономические условия и законодательная база.

Легко заметить, что цепочка «проблемная ситуация — цели — функция — структура — внешние ресурсы» образует логически обоснованную (на содержательном уровне) последовательность системной деятельности (рис. 2.8) и может использоваться как для исследования существующих систем, так и для проектирования новых. Остановимся кратко на содержании каждого этапа.

На первом этапе системной деятельности должен быть получен ответ на вопросы: зачем нужна исследуемая система, каково ее предназначение в окружающем нас мире и качественно ли выполняет система свою миссию. Исходя из предположения, что большинство исследуемых систем относится к классу сложных систем, можно предположить, что и проблемные ситуации редко встречаются по отдельности, а представляют собой взаимосвязанное множество. При этом полное множество проблемных ситуаций определяется экспертами на анализе всех взаимосвязей системы и внешней среды.

Второй этап системного анализа ориентирован на анализ существующих целей системы и их корректировку. Анализ пространства целеполагания проводится по каждой из выявленных проблемных ситуаций либо по группе. При этом рекомендуется использовать описанный ранее классификатор целей:

< цели вышестоящей организации, цели внешней среды, собственные цели системы, цели подведомственных организаций >.

Одновременно с формулировкой целей определяются показатели эффективности их достижения, анализ значений которых не позволяет сделать вывод о соответствии (несоответствии) целей существующим проблемным ситуациям.

На третьем этапе проверяется соответствие реализуемых системой функций сформулированным целевым установкам. В практическом плане это требует построения (определения) полного множества нормативных функций по реализации поставленных целей и сопоставления их с функциями, реализуемыми системой в данный момент времени, а также одновременной проверки качества выполняемых функций.

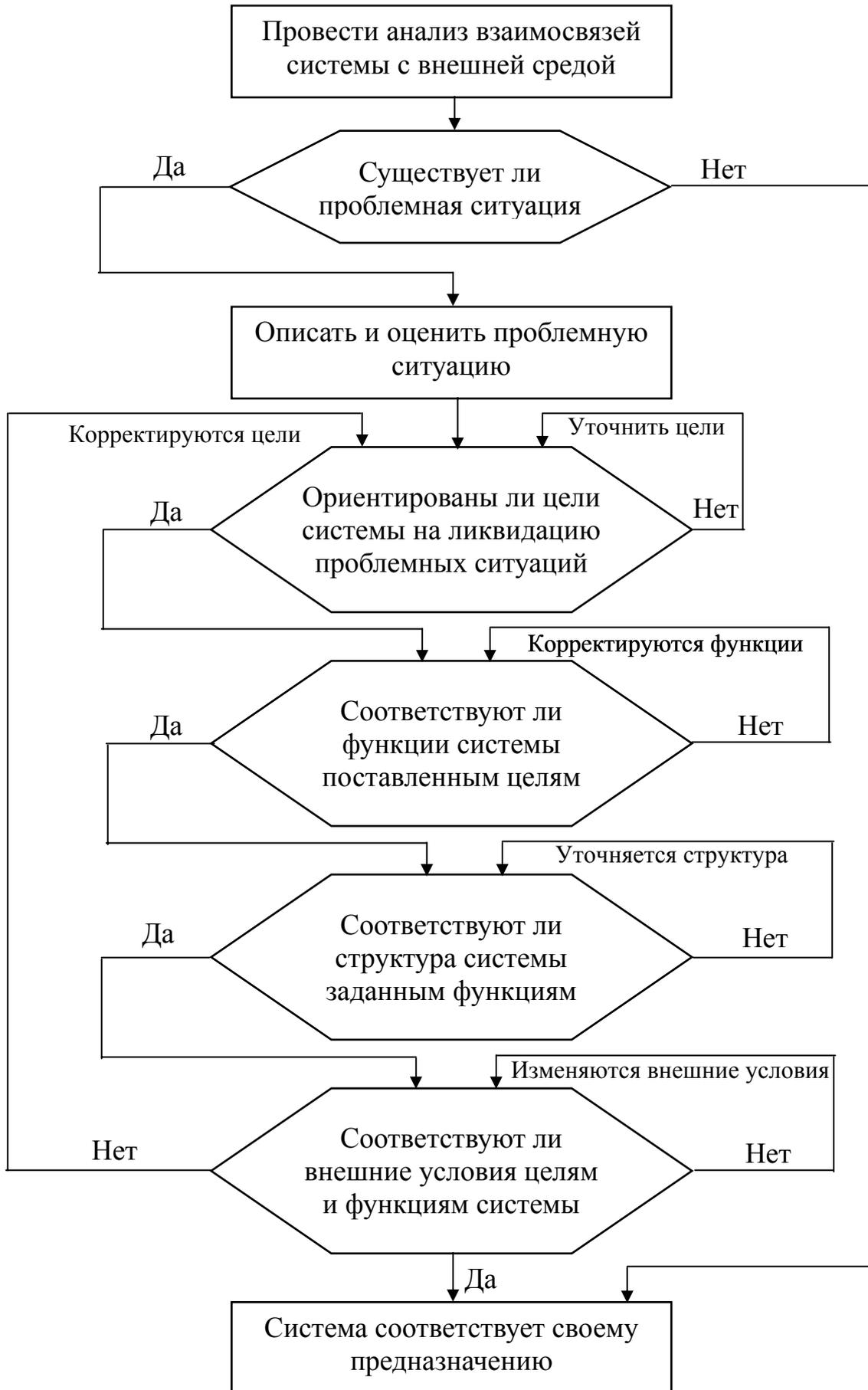


Рис. 2.8. Основные этапы системной деятельности

При анализе структуры системы эксперт-аналитик должен получить ответы на следующие вопросы: все ли выявленные функции закреплены за элементами структуры системы; все ли связи между элементами существуют; эффективно ли функционирует существующая структура; какие принципиальные изменения по составу и взаимосвязям между элементами требуется внести. Анализ внешних условий должен проводиться в следующих направлениях:

- достаточно ли у системы финансовых, материальных и трудовых ресурсов для достижения поставленных целей;
- существует ли правовое поле по реализации основных функций системы (наличие соответствующей нормативно-правовой базы);
- соответствуют ли существующие экономические механизмы эффективной реализации основных функций системы.

Если внешних условий «достаточно» и они определены, считается, что анализ (синтез) системы закончен, в противном случае экспертам рекомендуется пересмотреть (скорректировать) цели системы.

2.2. Содержательные модели системы

2.2.1. Определение и классификация моделей

Множество окружающих нас предметов и явлений обладают различными свойствами. Процесс познания этих свойств состоит в том, что мы создаем для себя некоторое представление об изучаемом объекте, помогающее лучше понять его внутреннее состояние, законы функционирования, основные характеристики. Такое представление, выраженное в той либо иной форме, называется моделью. Как отмечается в [7], под *моделью* следует понимать любую другую систему, обладающую той же формальной структурой при условии, что между системными характеристиками модели и оригинала существует соответствие, и модель более проста и доступна для изучения и исследования основных свойств объекта-оригинала.

Любая модель есть объект-заменитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала. Замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели можно назвать *моделированием*, т.е. моделирование — это представление объекта-оригинала его моделью для получения информации об объекте путем проведения эксперимента с его моделью.

При этом следует различать пассивные и активные эксперименты. *Пассивный эксперимент* заключается в том, что исследователь, наблюдая за реальным объектом, не вмешивается в процесс его функционирования, т.е. модель исследуемой системы в процессе эксперимента остается неизменной. В этом случае на вход модели подаются значения параметров, соответствующие реальному состоянию объекта, а затем происходит сравнение выходов модели и реального объекта.

Одной из разновидностей пассивного эксперимента, имеющей важное значение для проверки адекватности модели, является ретроспективная проверка (*retro* — назад, *specio* — смотрю, ретроспектива — обращение к прошлому). Проверка заключается в подстановке в модель характеристик реальной системы за прошлые периоды, определение на этой выборке выходных параметров модели и сравнение их с выходными параметрами системы.

Активный эксперимент заключается в непосредственном воздействии исследователя на входы реального объекта и в наблюдении за реакцией последнего. Соответственно такие же параметры задаются и на вход модели, что позволяет в реальном масштабе времени сравнивать значения ее выходов со значениями входов системы. В этом случае, очевидно, у исследователя больше возможностей по варьированию состава и структуры (системы и модели), вместе с тем возрастают затраты на эксперимент.

Преимущества моделирования состоят в том, что появляется возможность сравнительно простыми средствами исследовать свойства системы, изменять ее параметры, вводить целевые и ресурсные характеристики внешней среды и изучать их влияние на поведение системы. Как правило, моделирование используется:

- для исследования системы до того, как она спроектирована, с целью определения ее основных характеристик и правил взаимодействия элементов между собой и с внешней средой;
- при проектировании системы для анализа и синтеза различных видов структур и выбора наилучшего варианта реализации с учетом сформулированных критериев оптимальности и ограничений;
- для определения оптимальных режимов функционирования системы и прогнозируемых оценок ее развития.

При этом одну и ту же систему можно описать различными типами моделей. Например, транспортную сеть некоторого района можно промоделировать электрической схемой, гидравлической системой, математической моделью с использованием аппарата теории графов и т.д.

Остановимся на классификации используемых на практике моделей.

По способу описания модели подразделяются на **описательные** (неформализованные) и **формализованные**.

По природе возникновения целей системы модели подразделяются на **познавательные** (теоретические цели) и **прагматические** (практические цели).

При этом познавательные цели являются формой организации и представления знаний, средством соединения новых знаний с имеющимися. Прагматические модели являются, как правило, средством управления, средством организации практических действий, способом представления образов правильных действий. Следует заметить, что при возникновении различий между моделью и реальной действительностью речь должна идти либо о корректировке модели, либо об изменении реальности, т.е. в соответствии с полученным на модели решением необходимо изменить свойства и структуру системы.

По природе используемых элементов модели подразделяются на *содержательные* (описательные), *физические* (аналоговые, электрические, графические, чертежи, фотографии) и *математические*.

Под математической моделью понимается совокупность математических выражений, описывающих поведение (структуру) системы и те условия (возмущения, ограничения), в которых она работает. В свою очередь, в зависимости от используемого математического аппарата выделяют следующие виды математических моделей:

- статические и динамические;
- детерминированные и вероятностные;
- дискретные и непрерывные;
- аналитические и численные.

Статические модели описывают поведение объекта в какой-либо момент времени, а динамические — отражают поведение объекта во времени. Детерминированные модели описывают процессы, в которых отсутствуют (не учитываются) случайные факторы, а вероятностные модели отражают случайные процессы — события. Дискретные модели характеризуют процессы, описываемые дискретными переменными, непрерывные — непрерывными переменными. Аналитические модели описывают процесс в виде некоторых функциональных отношений или (и) логических условий. Численные модели отражают элементарные явления с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени.

В заключение перечислим основные свойства, присущие моделям всех видов.

Целенаправленность. Каждая модель должна разрабатываться на определенную цель.

Комплексность. Модель должна максимально учитывать все значительные факторы и характеристики исследуемого объекта.

Открытость. В модели должны быть заключены возможности изменения, модификации при изменении свойств объекта.

Оптимальность. Разрабатываемая модель должна ориентироваться на выбор наиболее эффективных решений в соответствии с выбранным критерием оптимальности. При необходимости модель должна содержать процедуру сочетания различных целевых функций.

Адекватность. Характеристики модели должны быть близки в определенном смысле характеристикам объекта. Для организационных систем большое значение имеют различные неформальные критерии адекватности, связанные с социологическими, психологическими и другими аспектами управления. В связи с этим в моделях должна предусматриваться возможность включения экспертов как элементов самой модели.

Контролируемость. В процессе использования моделей должна быть обеспечена измеряемость критерия адекватности модели реальному объекту.

Адаптивность. Модель должна обладать целенаправленной способностью приспосабливаться к изменениям объекта, внешней среды, параметров,

задаваемым ЛПР (лицом, принимающим решение).

Простота. Использование модели на практике не должно вызывать затруднений у пользователя. Представление исходных данных и результатов моделирования должно быть наглядным и удобным.

Оперативность. Модель должна обеспечивать получение решений в соответствии с требуемым тактом управления.

Устойчивость. Модель должна удовлетворять заданным критериям устойчивости.

Декомпозируемость. В модели большой размерности должна предусматриваться возможность ее декомпозиции на множество частных моделей меньшей размерности.

Реализуемость. Совокупные затраты на разработку и использование моделей не должны превышать допустимых пределов.

Эффективность. Методы, используемые для построения и применения модели, должны быть эффективными. Мерой эффективности методов может быть скорость сходимости, время решения, объем требуемой памяти и т.д.

2.2.2. Модель «черного ящика»

В определении системы, приведенном в подразделе 2.1, сделан акцент на целевое предназначение системы, ее взаимосвязь с элементами внешней среды с учетом фактора времени. Вместе с тем очевидно, что исследование эффективности работоспособности системы, выполнения ею своей миссии — предназначения — требует и анализа ее внутреннего устройства. Для этих целей в [7] описан класс содержательных познавательных моделей, позволяющих последовательно провести эти исследования.

Наиболее простым абстрактным уровнем описания системы является модель «*черного ящика*» (рис. 2.9). В этом случае предполагается, что выделенная система связана со средой через совокупность **входов и выходов**. Выходы модели описывают результаты деятельности системы, конечные продукты, предназначенные для потребления вне ее, а входы — множество воздействий внешней среды на систему. Будем считать, что множество входов системы описывается множеством $X = \{x_i\}$, а выходов — множеством $Y = \{y_j\}$. Каждый из элементов $x_i \in X$ и $y_j \in Y$ характеризуется одним либо несколькими параметрами.



Рис. 2.9. Модель «черного ящика»

При этом предполагается, что мы ничего не знаем и не хотим знать о внутреннем содержании системы. Модель в этом случае отражает два важных и существенных ее свойства: **целостность и обособленность от среды**. Такая

модель, несмотря на ее внешнюю простоту и отсутствие сведений о внутренней структуре, оказывается часто полезной и достаточной для практического использования. Например, для исследования работоспособности телевизора необходимо проверить 2 его выхода: y_1 — наличие звука, y_2 — наличие изображения и 2 входа: x_1 — электрический, x_2 — радиовход. Если отсутствуют и звук и изображение, анализу подлежат оба входа системы, если отсутствует изображение либо звук, то анализу подлежит либо радиовход, либо электропитание.

Другой пример описывает действия инспектора при анализе качества учебного процесса. Будем считать, что на вход вуза как системы поступают абитуриенты, а на выходе получается молодой специалист. Условимся, что анализируемыми параметрами входа системы являются: x_{11} — средний балл по аттестату; x_{12} — конкурс; x_{13} — проходной балл, а в качестве результирующих параметров выхода были выбраны: y_{11} — средний балл по диплому; y_{12} — процент дипломов с отличием, y_{13} — процент трудоустроенных. В этом случае последовательность работы инспектора можно представить в таком виде:

- сравнение параметров выхода с нормативными значениями, если все параметры в норме, то система соответствует своему целевому назначению;
- в противном случае сравнению с нормативными значениями подлежат входные параметры, и если входные параметры соответствуют, то делается вывод о несоответствии системы поставленным целям;
- если же входные параметры не соответствуют норме, то эффективность работы системы зависит не только от ее внутреннего содержания.

С учетом вышесказанного можно предложить следующую процедуру исследования системы с использованием модели «черного ящика»:

- определение множества входов и выходов системы;
- определение параметров описания элементов множества входов и выходов;
- определение соответствия значений параметров входа и выхода системы их целевому (нормативному) значению;
- оформление выводов о соответствии системы её целевому назначению.

Построение модели «черного ящика» является нетривиальной задачей, так как ответ на вопрос о содержании множеств не всегда однозначен. Построение модели основывается на выборе из бесконечного множества связей системы со средой их конечного множества, адекватно отражающего цели исследования. Очевидно, что такие модели не надо сводить к моносистеме (т.е. системе с одним входом и выходом), а для обоснования необходимого и достаточного количества параметров множеств X и Y широко использовать методы математической статистики, привлекать опытных экспертов.

В заключение следует отметить, что существует множество систем, внутреннее устройство которых невозможно либо нецелесообразно описывать, и в этом случае модель «черного ящика» является единственным вариантом их исследования. Например, изменение состояния человека (давление, температура) от вида и дозы принимаемого лекарства.

2.2.3. Модель состава системы

В случае, если исследования системы на уровне «черного ящика» не дали положительных результатов (входы системы соответствуют нормативным значениям, а выходы не соответствуют), требуется подробный анализ внутреннего содержания системы. Будем считать, что внутренняя структура любой системы является неоднородной и состоит из множества элементов, реализующих вполне конкретные функции. Декомпозиция внутреннего содержания «черного ящика» на составляющие позволяет строить модели состава систем (рис. 2.10).

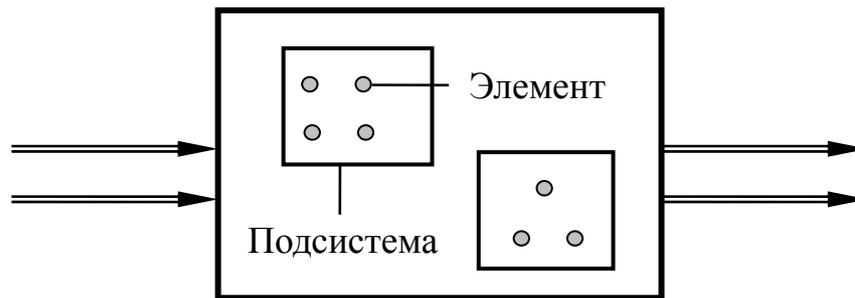


Рис. 2.10. Модель состава системы

Построение модели состава в силу многообразия природы и форм элементов — сложный процесс. Если дать задание различным экспертам выделить состав одной и той же системы, то результаты их работы могут существенно различаться. Это можно объяснить следующими факторами.

Во-первых, **неоднозначностью понятия «элементарного элемента»**. То, что с одной точки зрения является элементом, с другой — может быть представлено как подсистема, подлежащая дальнейшей декомпозиции. Существенные сложности возникают при декомпозиции подсистем, формальная структура которых заранее не определена.

Во-вторых, в силу **многоцелевого характера объекта исследования** модели состава целеориентированы и при исследовании различных целей системы будут выделяться различные элементы состава системы.

Например, если инспектор проверяет эффективность научно-исследовательской деятельности вуза, элементами состава будут являться:

- аппарат управления НИИ ОКР вуза;
- научно-исследовательские подразделения;
- подразделения ОКБ и опытного производства;
- библиотеки, патентные отделы и т.д.

При анализе эффективности учебного процесса в модель состава системы будут включены:

- аппарат управления учебной деятельностью,
- учебный отдел,
- методический отдел,
- библиотека,
- деканаты и т.д.

И, наконец, третий фактор объясняется *условностью (субъективностью) процедуры деления целого на части* (системы — на подсистемы, подсистемы — на элементы). Например, библиотека выделяется как при анализе научно-исследовательской, так и учебной деятельности вуза. Другими словами, границы между подсистемами условны, относительно, модельны.

Продолжая анализ работоспособности телевизора, выделим в его составе следующие элементы: блок питания, антенный блок, кинескоп, динамик. В зависимости от состояния элементов множества X и Y проверим работоспособность следующих функциональных блоков (рис. 2.11).

Функциональные блоки	Вход		Выход	
	x_1	x_2	y_1	y_2
Блок питания	+		+	
Антенный блок		+		+
Кинескоп				+
Динамик			+	

Рис. 2.11. Модель состава телевизионного приемника

В заключение отметим, что при построении модели состава системы требуется:

- декомпозировать систему на подсистемы;
- проверить работоспособность каждой подсистемы на соответствие нормативам;
- в случае, если функционирование какой-либо подсистемы не соответствует нормативам, декомпозировать ее на более мелкие элементы;
- проверить работоспособность каждого элемента на соответствие нормам и т.д.

В результате построения модели состава системы будет выявлен ее элементарный состав и определены элементы, не выполняющие (не реализующие) свои нормативные функции.

2.2.4. Модель структуры системы

Простота и доступность моделей «черного ящика» и состава позволяет решать с их использованием множество практических задач. Вместе с тем для более детального (глубокого) изучения систем необходимо устанавливать в модели состава отношения (связи) между элементами. Описание системы через совокупность необходимых и достаточных для достижения целей отношений между элементами назовем *моделью структуры системы*.

В формализованном виде наличие либо отсутствие взаимосвязей между элементами систем можно представить следующим образом. Пусть E — множество элементов. Если два элемента $x, y \in E$ находятся в определенном отношении (логическая, временная взаимосвязь), то формальная запись этого вы-

глядит следующим образом: $x R y$, в противном случае — $x \bar{R} y$. Множество всех упорядоченных пар элементов $(x, y), (x, z), \dots, (z, y)$, при $X \neq Y$, называется произведением $E * E$. Рассмотрим подмножество $R \subseteq E * E$ всех пар, для которых $x R y$. Определение этого подмножества и является заданием отношений элементов в системе.

Перечень связей между элементами, на первый взгляд, является несколько отвлеченной, абстрактной моделью. В самом деле, как рассматривать связи, если не рассмотрены сами элементы. В данном случае речь опять же должна идти о целевом (проблемном) анализе взаимосвязей между элементами, т.е. выделении из бесконечного числа связей необходимого и достаточного их количества в соответствии с имеющимися целями исследования. Например, при анализе работоспособности телевизора, убедившись в работе каждого элемента в отдельности, необходимо проанализировать интерфейсы: между блоком питания, антенным блоком, кинескопом, динамиком; между антенным блоком, кинескопом и динамиком и т.д.

В общем случае отношения между элементами могут быть самыми разнообразными и вряд ли могут однозначно классифицироваться. Приведем лишь несколько возможных видов отношений в системах производственного типа:

- временные — определяемые условием: <элемент $y \in E$ может реализовать свою функцию не ранее времени окончания реализации функции элементов $x \in E$, при этом $x \in \Gamma y$ >;
- технологические — определяемые условием: <элемент $y \in E$ может реализовать свою функцию только после реализации своих функций элементами $x \in E, z \in E$ и т.д., при этом $x \in \Gamma y, z \in \Gamma y$ и т.д.

Дальнейшим логическим развитием модели структуры является **структурная модель системы**, описывающая все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи определенных элементов с окружающей средой (входы и выходы системы).

Так, например, в качестве структурной модели социально-экономической деятельности можно рассматривать следующую схему (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Общая структурная модель деятельности

Все структурные схемы имеют нечто общее, что побудило рассматривать их как особый объект математических исследований. Наиболее общей математической моделью описания структурной схемы являются различные *графовые* модели. Графы могут изображать любые структуры, при этом некоторые типы структур имеют особенности, важные для практики, выделенные в специальные классы. Так, например, для производственного процесса в качестве его топологического описания обычно используется понятие производственно-технологической структуры, под которой будем понимать совокупность элементарных производств и видов деятельности, упорядоченную в соответствии с технологической последовательностью получения промежуточных и конечных продуктов деятельности системы.

В формализованном виде производственно-технологическая структура представляется в виде графа типа «сеть» $G = (\bar{X}, \bar{U})$ (рис. 2.13), где вершины \bar{X} — «элементарные» хозяйственные подразделения, реализующие процессы преобразования ресурсов в конечные (промежуточные) продукты, а дуги \bar{U} — промежуточные продукты либо другие ресурсы, производимые (представляемые) одними подразделениями и потребляемые другими.

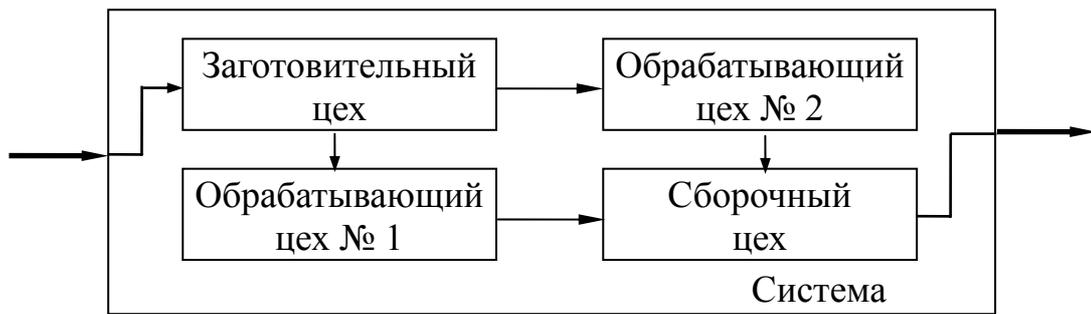


Рис. 2.13. Сетевая структура

Если же в качестве объекта исследования будем рассматривать систему управления, ее топологическое описание можно представлять в виде организационно-функциональной структуры, под которой будем понимать совокупность органов управления объектом, образующую определенную иерархическую систему с соответствующей технологией процессов планирования и управления.

В формализованном виде организационно-функциональная структура может быть представлена в виде иерархического графа типа «дерево» (рис. 2.14), где вершины соответствуют структурным подразделениям аппарата управления, а дуги — схемам административной подчиненности.



Рис. 2.14. Иерархическая структура

В заключение отметим, что при проектировании структуры управления организации исследователю необходимо:

- определить множество нормативных функций управления;
- выбрать и обосновать типы структуры управления;
- определить оптимальное количество уровней управления;
- распределить нормативные функции по элементам структуры;
- определить множество горизонтальных и вертикальных связей между элементами структуры.

2.3. Технология структурного анализа и моделирования

Развитие и становление компьютерных технологий моделирования системной деятельности ориентировано на решение задач:

- последовательной декомпозиции исследуемой системы на составляющие ее части;
- выделения и классификации взаимосвязей между элементами на каждом этапе;
- визуального компьютерного представления системы в целом и ее отдельных подсистем в виде иерархического множества функциональных графических диаграмм;
- построения информационной модели исследуемой системы;
- построения динамических моделей функционирования отдельных подсистем и системы в целом.

Одной из наиболее известных компьютерных методологий структурного анализа и проектирования является SADT-технология (Structured Analysis and Design Technique), разработанная Дугласом Россом в 1973 году [19, 20] и нашедшая широкое применение в военной промышленности США, промышленных фирмах, коммерческих структурах для решения широкого спектра задач системного анализа, диагностики, проектирования, стратегического и тактического планирования. По инициативе Министерства обороны США разработан стандарт на методологию функционального моделирования IDEF0, являющуюся составной частью SADT и позволяющую описывать бизнес-процессы в виде иерархической системы взаимосвязанных функций. Основными концептуальными элементами этой методологии являются [20]:

1) графическое представление объекта анализа. Графика SADT-диаграммы отображает функцию в виде блока, а интерфейсы входа/выхода представляются дугами, соответственно входящими в блок и выходящими из него. Взаимодействие блоков друг с другом описывается посредством интерфейсных дуг, выражающих «ограничения», которые, в свою очередь, определяют, когда и каким образом функции выполняются и управляются;

2) строгость и точность декомпозиции. Выполнение правил SADT требует достаточной строгости и точности, не накладывая в то же время чрезмерных ограничений на действия аналитика. Основными правилами SADT-технологии

являются:

- ограничение количества блоков на каждом уровне декомпозиции (как правило, 3–6 блоков);
- связность диаграмм через иерархическую нумерацию блоков;
- уникальность меток и наименований (отсутствие повторяющихся имен);
- наличие синтаксических правил для графического отображения блоков и дуг;
- разделение ресурсного входа и целевого управления (правило определения роли данных).

С точки зрения SADT-технологии модель системы может быть представлена либо в виде совокупности ее функций, либо в виде ее формального состава (предметов деятельности, средств деятельности, кадров, технологий). В литературе соответствующие модели принято называть либо *активными моделями* либо *моделями данных* [21].

Активные модели с требуемой степенью детализации описывают процессы целевого функционирования системы, где элементы состава выступают в виде обеспечивающих частей. Модели данных, в свою очередь, описывают элементы структуры исследуемой системы, где множество функций интерпретируются как процессы взаимодействия этих элементов. В IDEF0-методологии используются в основном активные модели.

Результатом функционального моделирования является многоуровневая графическая модель, представленная в виде совокупности диаграмм, фрагментов текстов и глоссария, которые имеют ссылки друг на друга.

Основополагающим элементом модели является диаграмма, представленная в виде совокупности функциональных блоков и дуг (отношений между ними) (рис. 2.15). Каждый функциональный блок описывает некоторый процесс (реализует некоторую функцию), либо, в терминологии SADT, — «активность». Блоки на диаграмме изображаются прямоугольниками и размещаются по «ступенчатой» схеме в соответствии с их доминированием, которое понимается как влияние одного блока на другие.

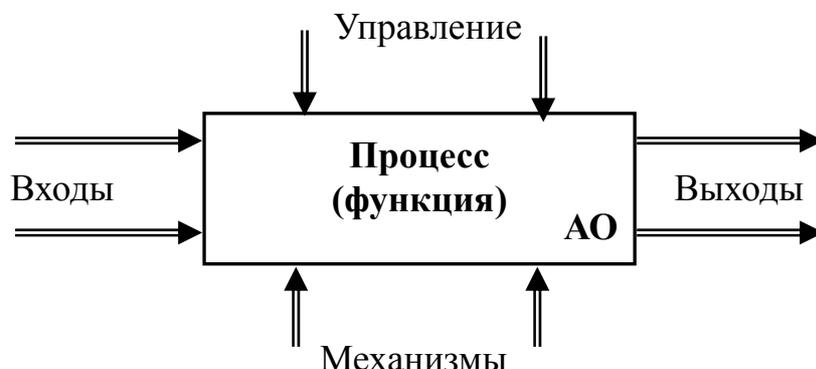


Рис. 2.15. Функциональный блок SADT-диаграммы

Имена функций, выражаемые активным глагольным оборотом (*оценить, принять, спрогнозировать, определить* и т.д.), записываются внутри блока, который на диаграмме имеет уникальный номер в нижнем правом углу.

Дуги, соединенные с блоками, идентифицируются текстами на естественном языке и описывают материальные и информационные объекты, необходимые для реализации функций либо получаемые при реализации этой функции. В SADT-модели различают 4 вида объектов, связанных с активностями:

входы — материальные или (и) информационные объекты, необходимые для реализации соответствующего процесса (функции);

выходы — результат реализации процесса, выраженный через множество промежуточных материальных или (и) промежуточных продуктов, благ, услуг;

управление описывает управляющие воздействия на процесс: цели, ограничения, внешние условия;

механизмы определяют в общем случае предметы, средства деятельности и трудовые ресурсы, реализующие данный процесс.

Дуги, присоединенные к левой стороне блока (вход) или к верхней стороне (управление), по своей сути являются ограничениями и описывают необходимые условия реализации функций. Назначения **входа** и **управления** различны: принято, что дуга является управляющей, если не очевидно, что она определяет только вход; каждый функциональный блок должен содержать хотя бы одну управляющую дугу. Дуга, входящая в нижнюю сторону блока, определяет объекты, с помощью которых функции выполняются, и, наконец, дуги, выходящие из блока, описывают объекты, получившиеся в результате выполнения функции. Дуги механизмов могут быть и выходными для некоторых блоков, если процесс, описанный в этом блоке, создает ресурс для других процессов. Другими словами, вход и выход показывают, **что** делает функция, управление определяет, **почему** это делается, а механизм показывает, **кто** это делает.

Построение SADT-модели начинается с представления всей системы в виде простейшей компоненты — одного блока и дуг, изображающих интерфейсы с функциями вне системы. Поскольку единственный блок представляет всю систему как единое целое, имя, указанное в блоке, является общим. Это верно и для интерфейсных дуг — они также представляют полный набор внешних интерфейсов системы с элементами внешней среды.

Затем блок, который представляет систему в качестве единого модуля, детализируется на другой диаграмме с помощью нескольких блоков, соединенных интерфейсными дугами (рис. 2.16). При этом в целом блоки должны представлять совокупность взаимосвязанных функций, а не просто отдельные действия. В качестве основания декомпозиции могут использоваться модели декомпозиции типа «жизненный цикл». Для обозначения входа воспользуемся буквой *I* (Input — вход), выхода — буквой *O* (Output — выход), управления — буквой *C* (Control — управление) и механизмов — буквой *M* (Mechanism — механизм). Данная декомпозиция выявляет полный набор подфункций, каждая из которых представлена как блок, правила функционирования которого определены интерфейсными дугами.

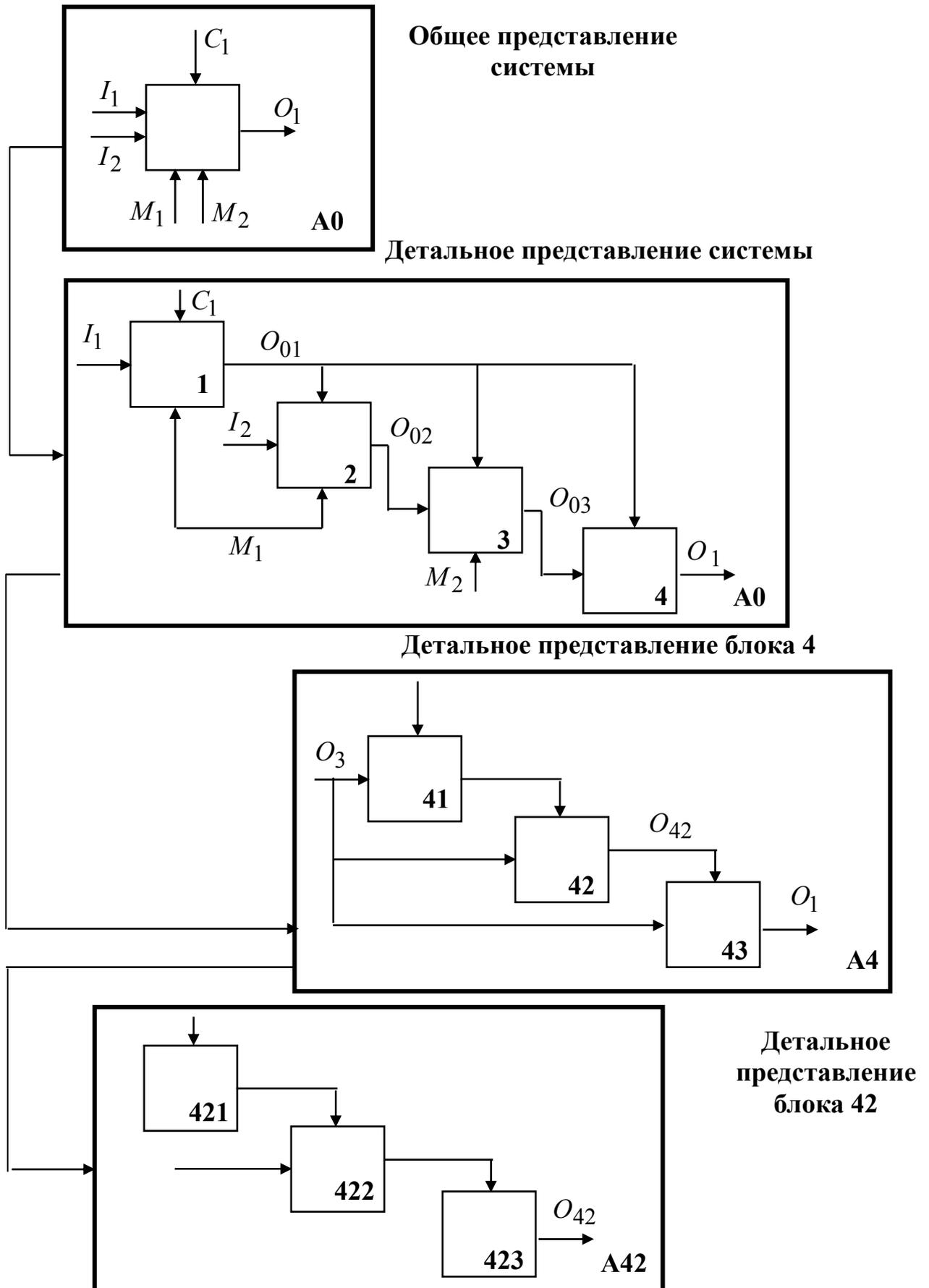


Рис. 2.16. Структура SADT-модели. Декомпозиция диаграмм

Таким образом, модель SADT представляет собой серию диаграмм с сопроводительной документацией, разбивающих сложный объект на составные части, которые представлены в виде блоков. Содержание каждого из основных блоков показано в виде блоков на других диаграммах. Каждая детальная диаграмма является декомпозицией блока из более общей диаграммы. На каждом шаге декомпозиции более общая диаграмма называется родительской для более детальной диаграммы. Дуги, входящие в блок и выходящие из него на диаграмме верхнего уровня ($\{I_1, I_2, O_1\}$ — диаграмма A0), являются точно теми же, что и дуги, входящие в диаграмму нижнего уровня и выходящие из нее ($\{I_1, I_2, O_1\}$ — диаграмма A0).

Некоторые дуги присоединены к блокам диаграммы обоими концами ($\{O_{02}O_{03}\}$ — диаграмма A0), такие дуги называются *внутренними*, у других же дуг один конец остается неприсоединенным (I_1, C, O_1). Неприсоединенные дуги соответствуют входам, управлениям и выходам родительского блока. Такие дуги называются *пограничными*. Пограничные дуги на первой диаграмме называются *внешними*. Источник или получатель этих пограничных дуг может быть обнаружен только на родительской диаграмме. Дуги могут разветвляться (O_{01} — диаграмма A0) и соединяться вместе различным образом. Разветвления дуг означают, что часть содержимого дуги (или весь набор предметов) может появиться в каждом ответвлении дуги. Дуга всегда помечается до разветвления, чтобы дать название всему набору. Кроме того, каждая ветвь дуги может быть помечена в зависимости от следующих условий:

- непомеченная ветвь содержит все предметы, указанные в метке перед разветвлением;
- каждая метка ветви уточняет, что именно содержит эта ветвь.

На SADT-диаграммах не указаны явно ни последовательность, ни время. Обратные связи, комментарии, замечания, исправления изображаются с помощью соответствующих дуг (рис. 2.17).

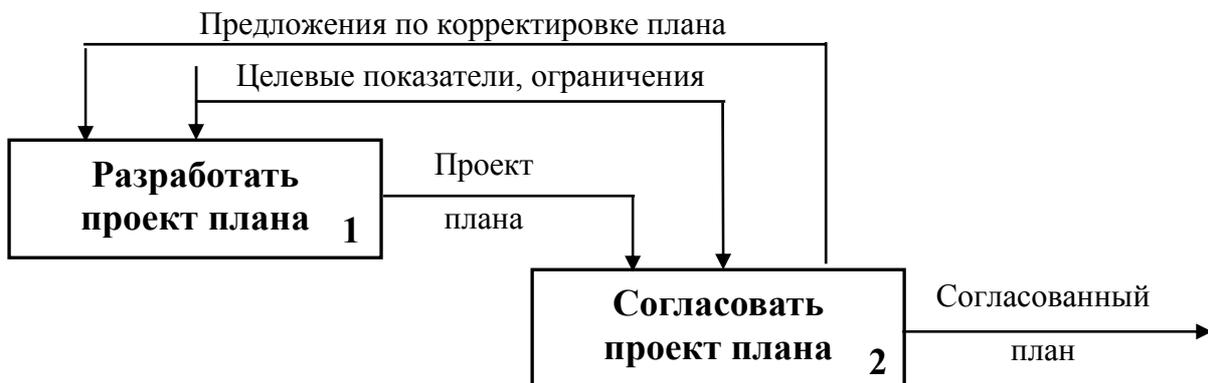


Рис. 2.17. Пример обратной связи

Для того чтобы указать положение любой диаграммы или блока в иерархии диаграмм, используются номера диаграмм. Например, A21 является диаграммой, которая детализирует блок 1 на диаграмме A2. Аналогично, A2 детализирует блок 2 на диаграмме A0, которая является самой верхней диаграммой

модели. На рис. 2.18 показано типичное дерево диаграмм. Очевидно, что первоначально целесообразно декомпозировать все множество диаграмм в виде иерархического дерева, а затем приступить к созданию структурных схем.

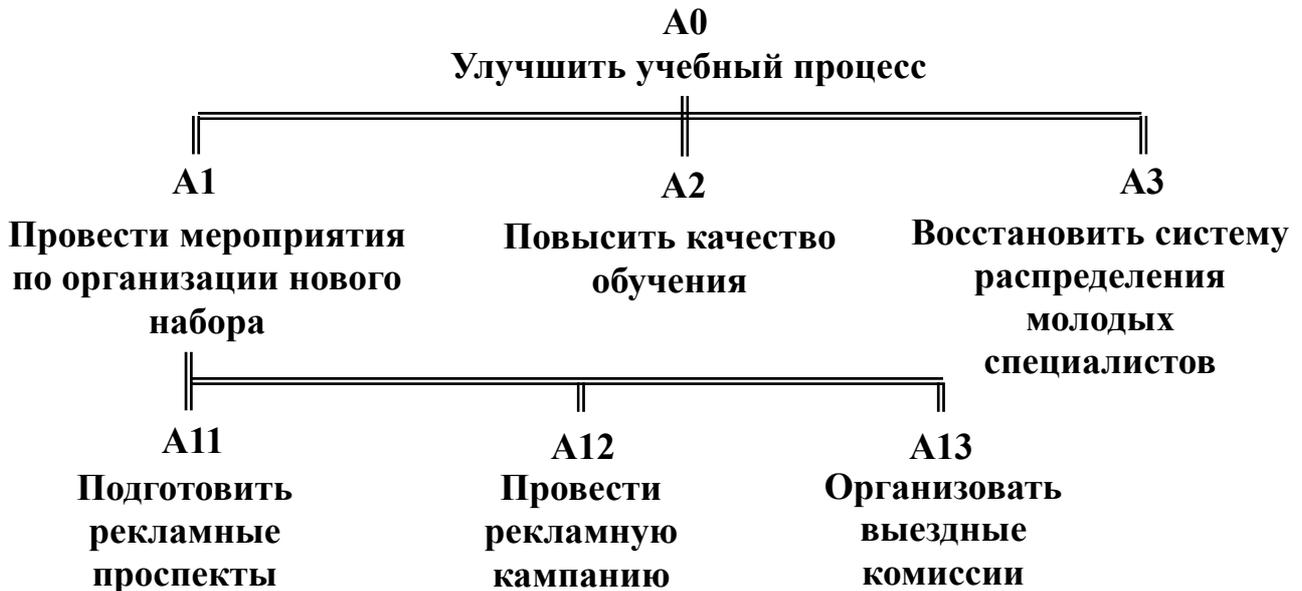


Рис. 2.18. Дерево диаграмм

Качество декомпозиций в SADT-технологии определяют следующие критерии: полнота, кратность, согласованность, правильность, сложность/понимаемость.

Критерий полноты должен обеспечить содержательность и информативность диаграммы, при этом она не должна быть перегружена большим количеством элементов (блоков и дуг), затрудняющих ее понимание.

Кратность (информационная ценность) формулировок функций и дуг на диаграмме определяет в конечном счете адекватное понимание диаграммы читателями. В этой связи терминологическое изложение функций и интерфейсов должно производиться на общедоступном, но в то же время профессиональном языке (гlossарии) исследуемой предметной области.

Критерий согласованности определяется точностью графических нотаций, определяющих взаимосвязи родительских и дочерних диаграмм, возможностью проведения комплексного анализа взаимосвязей («трассировки дуг») в иерархической структуре моделей. Синтаксические проверки согласованности имен функциональных блоков и обозначений дуг будут намного проще, если эти имена включить в гlossарий, сопровождающий модель.

Правильность — наиболее субъективный критерий оценки качества диаграмм. Это объясняется тем, что окончательные выводы можно сделать либо на основе субъективной оценки мнений специалистов, имеющих наиболее полное представление об объекте исследования, либо после внедрения (практического использования) предлагаемого множества функциональных моделей.

Сложность и понимаемость диаграмм целесообразнее всего рассматривать как агрегированный двойственный критерий. Это означает, что некоторые

высокосложные фрагменты модели могут быть трудными для понимания и, наоборот, диаграммы, имеющие меньшую сложность, будут доступнее для понимания пользователем. На этот критерий оценки диаграмм существенно влияют:

- количество уровней описания;
- количество блоков и интерфейсных дуг в каждой диаграмме;
- синтаксис описания блоков и интерфейсных дуг;
- графическое восприятие блоков и интерфейсных дуг на диаграмме.

Важным моментом при анализе и функциональном моделировании систем с помощью методологии SADT является определение типов связей между функциями и данными. В литературе различают шесть типов связей: логическую, временную, процедурную, коммуникационную, последовательную, функциональную. При этом считается, что степень связности последовательно увеличивается (логическая — наиболее слабая, функциональная — наиболее сильная).

Логическое связывание происходит, когда данные и функции собираются вместе вследствие того, что они попадают в общий класс или набор элементов, но необходимых функциональных отношений между ними не обнаруживается (рис. 2.19).

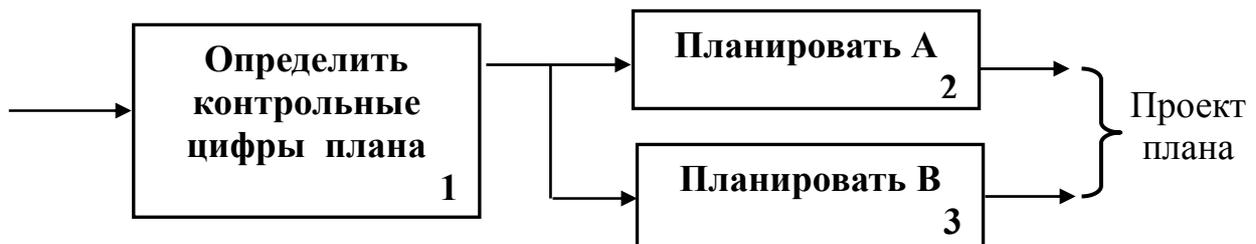


Рис. 2.19. Логическая зависимость

Связанные по времени элементы возникают вследствие того, что они представляют функции, связанные во времени, когда данные используются одновременно, или функции включаются параллельно, а не последовательно (рис. 2.20).

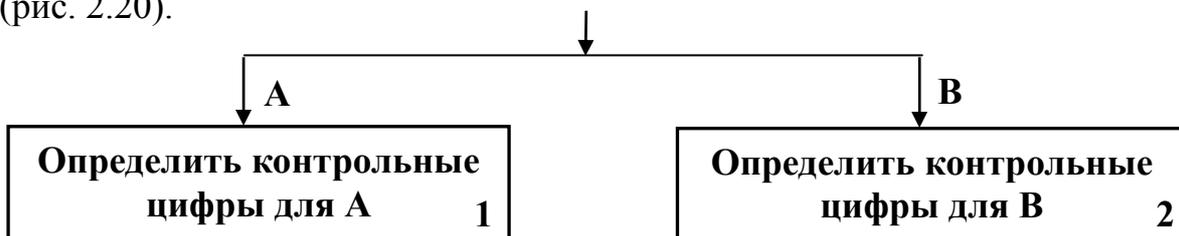


Рис. 2.20. Временная взаимосвязь

Процедурно-связанные элементы появляются сгруппированными вместе вследствие того, что они выполняются в течение одной и той же части цикла или процесса. Пример процедурно-связанной диаграммы приведен на рис. 2.21. На этой диаграмме блоки собраны вместе вследствие того, что выходы **А** и **В** необходимы для выполнения следующей функции, вместе с тем блоки 1 и 2 не зависимы друг от друга.

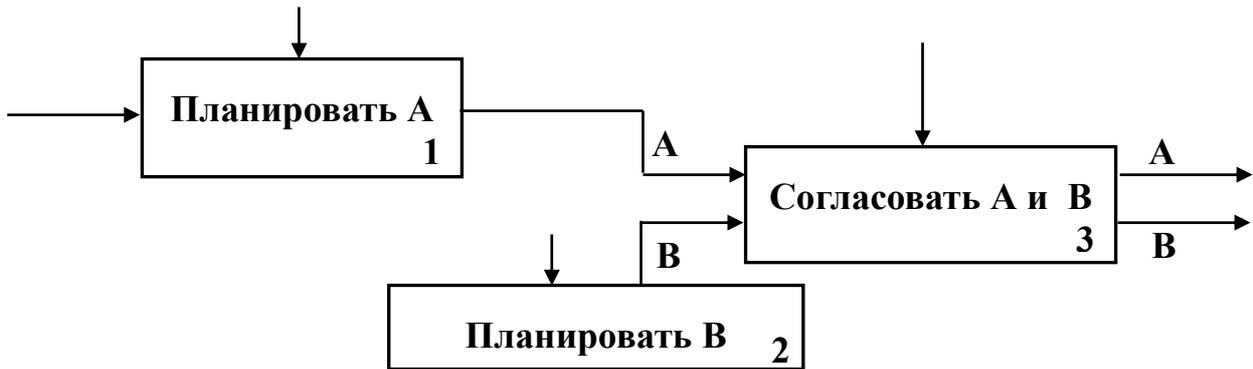


Рис. 2.21. Процедурная связность

Коммуникационные связи представлены на рис. 2.22, где блоки объединяются вследствие того, что они используют одни и те же входные данные и/или производят одни и те же выходные данные.

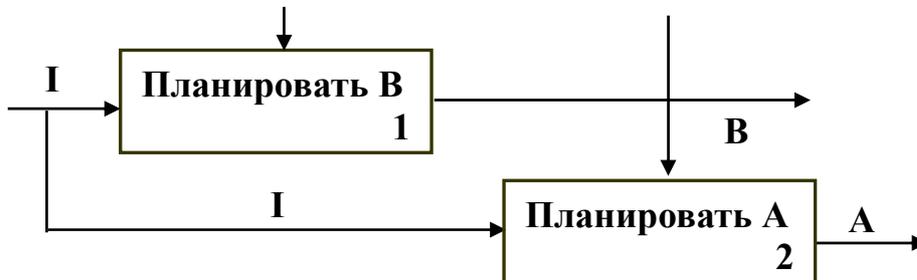


Рис. 2.22. Коммуникационная связность

При *последовательных* связях выход одной функции служит входными данными для следующей функции. Связь между элементами на диаграмме является более тесной, чем на рассмотренных выше уровнях связей, поскольку моделируются причинно-следственные зависимости (рис. 2.23).

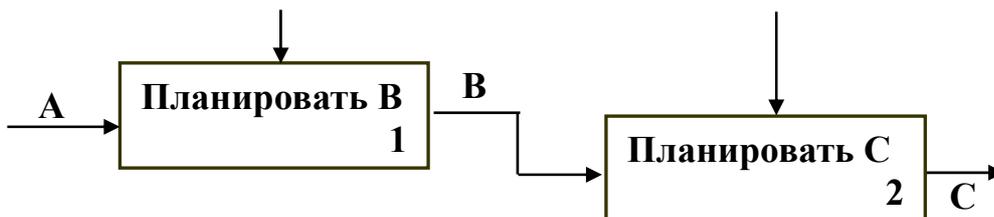


Рис. 2.23. Последовательная связность

Полную функциональную связность между элементами характеризует наличие полной зависимости одной функции от другой. Диаграмма, которая является чисто функциональной, не содержит чужеродных элементов, относящихся к последовательному или более слабому типу связности. Одним из способов определения функционально-связанных диаграмм является рассмотрение двух блоков, связанных через управляющие дуги (рис. 2.24). При этом должно выполняться следующее условие: $C = g(B) = g(f(A))$.

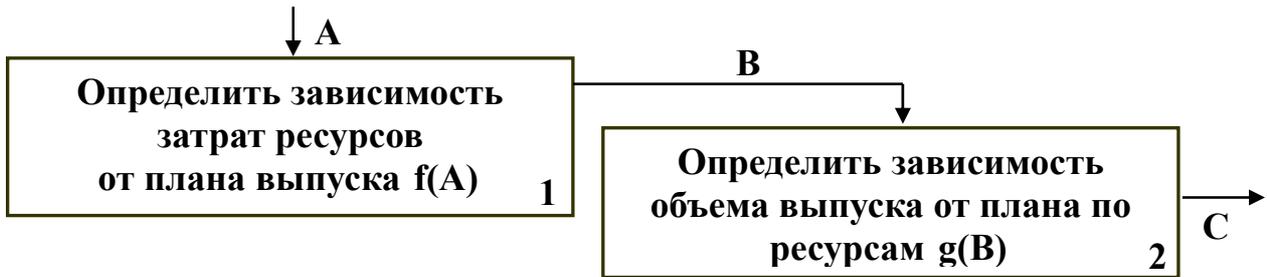


Рис. 2.24. Функциональная связность

С учетом вышеизложенного обобщенные характеристики связности элементов на диаграмме представлены в таблице.

Тип связности	Функции	Данные
Логическая	Функции одного и того же множества или типа	Данные одного и того же множества или типа
Временная	Функции одного и того же периода времени	Данные, используемые в каком-либо временном интервале
Процедурная	Функции, реализующие одну и ту же фазу или итерацию	Данные, используемые во время одной и той же фазы или итерации
Коммуникационная	Функции, использующие одни и те же данные	Данные, на которые воздействует один и тот же процесс
Последовательная	Функции, выполняющие последовательные преобразования одних и тех же данных	Данные, преобразуемые последовательными функциями
Функциональная	Функции, объединяемые для выполнения одной функции	Данные, связанные с одной функцией

В заключение рассмотрим пример декомпозиции процесса «Продажа заказанного продукта». На исходной диаграмме верхнего уровня A_0 процесс представляется в виде одного блока и дуг, изображающих его взаимодействие с внешним окружением (рис. 2.25).

Входящие дуги отражают объекты-сущности, которые поступают извне и необходимы для выполнения процесса. В частности, от клиента поступает информация о заказываемом продукте, а также деньги для оплаты продукта. Кроме того, для выполнения заказа необходимы некоторые материалы и детали, из которых производится продукт. Дуги механизма отражают исполнителей, участвующих в процессе «Продавец — Отправитель», а также объекты-сущности, с помощью которых выполняется процесс «Оборудование — Транспорт».

Выходящая дуга — это результат выполнения функции, представляющей собой доставку клиенту заказанного продукта.

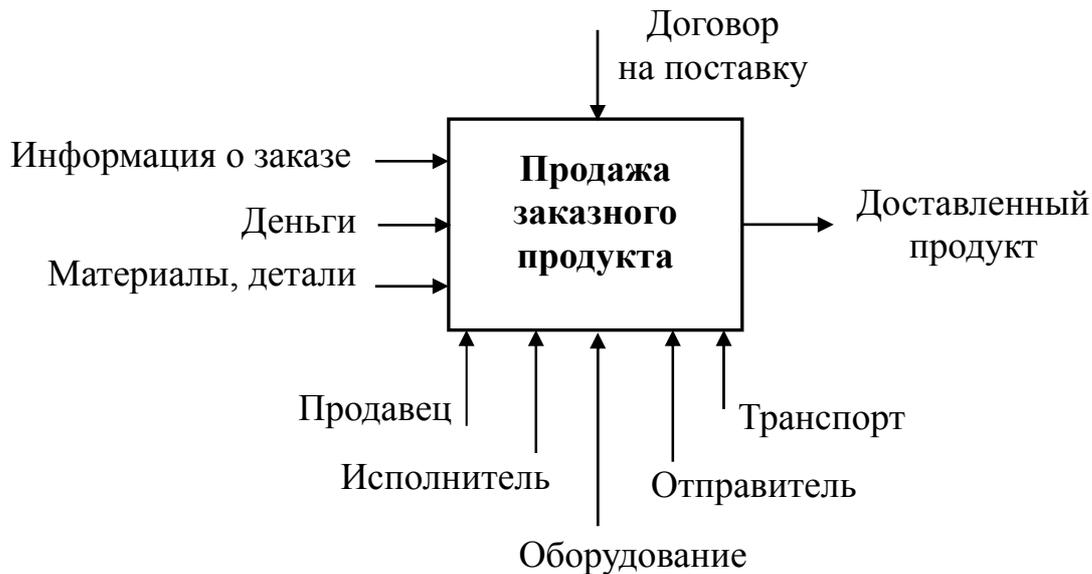


Рис. 2.25. Диаграмма A0 «Продажа заказного продукта»

В качестве «Управления» рассматривается информация об условиях взаимоотношений продавца (отправителя) и покупателя, изложенных в договоре на поставку. Далее процесс декомпозируется на соответствующие основным этапам процессы «Получить заказ клиента», «Выполнить заказ», «Получить оплату заказа» и «Отправить заказ клиенту». Соответствующая диаграмма представлена на рис. 2.26.

Этап 1 — «Получить заказ клиента». Входом является «информация о заказе», получаемая от клиента. Этому входу соответствует дуга **И1**, которая переносится с родительской диаграммы. Выходом является «Заказ», содержащий: «Описание продукта» (передается блоку «Выполнить заказ») и «Адрес клиента» (передается блоку «Отправить заказ клиенту»). Механизмом является дуга **М1** — «Продавец», который обеспечивает исполнение этапа.

Этап 2 — «Выполнить заказ». Дуга «Описание продукта» является управляющей, т.к. она предписывает, каким образом должно происходить выполнение заказа. Входом являются «Материалы, детали», используемые при производстве продукта, а выходом — «Готовый продукт» (передается блоку «Отправить заказ клиенту»). Кроме того, выходом является «Информация о выполнении заказа», которая передается блоку «Получить оплату заказа» в качестве управляющего сигнала. Механизм блока представлен дугами «Исполнитель» и «Оборудование».

Этап 3 — «Получить оплату заказа». Входом являются «Деньги», получаемые от клиента. Этому входу соответствует дуга **И3**, которая переносится с родительской диаграммы. Выходом является «Информация об оплате», которая передается блоку «Отправить заказ клиенту» в качестве управляющего сигнала. Механизмом является дуга **М1** — «Продавец», который обеспечивает исполнение этапа.

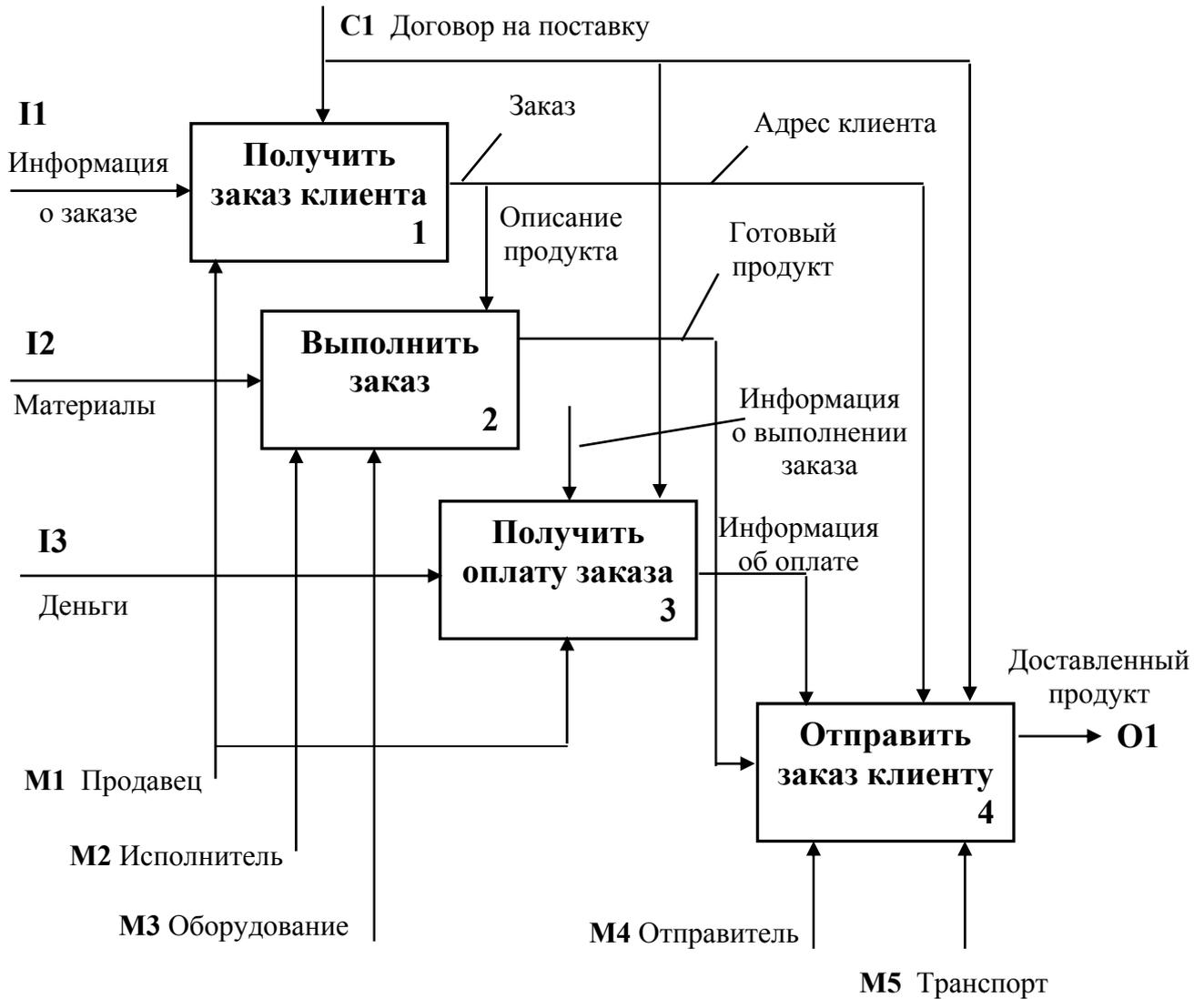


Рис. 2.26. Декомпозиция основного этапа процесса «Продажа заказного продукта»

Этап 4 — «Отправить заказ клиенту». Входом является «Готовый продукт», управляющим входом — «Информация об оплате». Выходом является «Доставленный продукт», который является и результатом всего процесса. Механизмом являются дуги «Отправитель» и «Транспорт».

2.4. Основные функциональные характеристики сложных систем

Успешное решение задач анализа и синтеза сложных систем объективно требует не только качественных содержательных моделей, но и достаточно глубоких количественных оценок исследования поведения и свойств этих систем. Такие оценки могут быть получены либо теоретически, если известны законы их поведения, либо экспериментально (путем прямого съема параметров), либо на основе имитационного моделирования их поведения, если имеется

соответствующее математическое описание систем. К числу таких оценок обычно относят эффективность, надежность, качество управления, помехозащищенность, сложность. Рассмотрим кратко каждый из перечисленных показателей [22].

Показатель эффективности достаточно подробно описан в предыдущем разделе, здесь же отметим следующее. Любая система создается для решения какой-либо проблемной ситуации и реализует множество функций по достижению заданных целевых установок. В этом случае правомочно ставить вопрос о качестве функционирования системы. Качество функционирования оценивается показателем (критерием) эффективности, под которым в общем случае понимается численная характеристика степени достижения системой заданных целевых результатов.

Не менее важное значение для функционирования сложных систем имеет *показатель надежности*. Существующие в прикладной теории надежности показатели функционирования простых (в основном технических) систем — среднее время безотказной работы или вероятность безотказной работы — применительно к производственно-технологическим и социально-экономическим системам лишены практического смысла. Они в основном фиксируют сами факты отказа и не позволяют оценить влияние отказов на конечный результат деятельности системы. В связи с этим при выборе показателей надежности функционирования социально-экономических и производственно-технологических систем решающим является правильный учет последствий, к которым приведут отказы тех или иных элементов системы, а также оценка затрат на поддержание требуемого уровня надежности функционирования системы.

Так, если в качестве системы рассматривать предприятия и организации по выпуску персональных компьютеров, то выпуск ненадежных ЭВМ приводит к материальным потерям, которые вызваны:

- увеличением выпуска ЭВМ для компенсации находящихся в ремонте;
- дополнительными затратами на ремонт и обеспечение работоспособности ЭВМ;
- потерями в управлении вследствие некачественного удовлетворения потребностей в вычислительной технике.

Задача оценки надежности в самом общем виде может быть представлена следующим образом. Будем считать, что любое изменение параметров элементов системы и их отношений влияет на показатели ее эффективности. Под **отказом** элемента понимается либо полное прекращение его работоспособности, либо выход ряда его параметров за пределы допустимых границ. В том и в другом случае происходит очевидное изменение показателя эффективности R .

Будем считать, что в общем случае математическое выражение R известно и можно вычислить два его значения: R_p° — значение показателя эффективности при абсолютно безотказной работе и R_n° — когда отказы элементов происходят в соответствии с заданными вероятностными характеристиками

(вероятность брака, недопоставка комплектующих, выход из строя оборудования и т.д.). Тогда величина $\Delta R_p^\circ = R_p^\circ - R_n^\circ$ может быть принята в качестве показателя надежности работы сложной системы.

Применительно к автоматизированным системам управления показатели надежности необходимо рассматривать по отношению к каждой из обеспечивающих частей. Информационное и программное обеспечения требуют комплекса мероприятий по копированию и восстановлению, защите от умышленных и неумышленных искажений, несанкционированного использования и распространения информации.

Техническое обеспечение требует обоснованных расчетов надежности функционирования систем, необходимого и достаточного резервирования, использования методов структурной надежности, планирования профилактических мероприятий и т.д.

Характеристика *качества управления* является одной из наиболее важных сторон общей оценки эффективности системы. При оценке качества учитывают:

- факторы, связанные с качеством критерия оптимальности;
- факторы, определяющие частоту выдачи управляющих команд;
- факторы, характеризующие качество информации, поступающей от объекта управления и внешней среды;
- факторы, связанные с качеством алгоритма управления.

Остановимся кратко на каждой из выделенных групп факторов.

В идеальном случае оптимизация показателя качества управления F должна приводить и к оптимизации показателя эффективности системы R . В случае, если за показатель качества берется показатель эффективности, это требование автоматически выполняется. В противном случае исследователям приходится решать множество сложных задач по согласованию этих показателей. Например, если в *системе управления производством* в качестве показателя эффективности принять себестоимость, показателя качества — ритмичность, то при выборе управляющих параметров приходится искать компромиссные решения по оптимизации вышеперечисленных параметров. Такие же противоречия могут возникать и *при выборе режимов управления самолетом*, если в качестве показателя эффективности принять транспортные издержки, а показатель качества измерять как отклонение от расчетного времени прибытия (естественно, при соответствующей надежности).

Исследование влияния частоты выдачи управляющих воздействий (длительности цикла управления) показывает, что как чрезмерное увеличение, так и чрезмерное сокращение длительности негативно сказывается на качестве управления.

В первом случае это объясняется следующими причинами. Во-первых, команды управления, выдаваемые на объект через большие промежутки времени после получения учетной информации, уже не соответствуют изменившемуся состоянию объекта. Во-вторых, команды управления, выдаваемые на каждый элемент объекта управления, не учитывают структурные изменения,

произошедшие в системе в этот промежуток времени. Вместе с тем чрезмерное уменьшение длительности цикла управления предъявляет повышенные требования к надежности, качеству и оперативности учетной информации, приводит к увеличению средств, связанных со сбором, обработкой и передачей этой информации.

Очевидно, таким же образом должен производиться анализ необходимого и достаточного качества и количества информации, требующейся для управления. Чрезмерное увеличение этих параметров вносит много «шумов» в процессы управления, их низкие характеристики приводят к ситуациям, когда решение принимается в условиях неполной и некачественной информации.

В литературе существует несколько подходов к проблеме качества информации:

- качество информации абсолютно и самоочевидно;
- качество информации определяется потребителем;
- качество информации определяется ее соответствием заданным условиям;
- качество информации определяется качеством принимаемых решений.

Критерием оценки качества информации выступают, как правило, следующие количественные и качественные показатели: стоимость либо себестоимость информации, полезность информации, потребительские свойства, репутация источников информации, корректность методов получения.

И, наконец, эффективность алгоритмов управления в большинстве случаев сводится к поискам разумных компромиссов между точностью решения и временем его поиска, устойчивостью его работы в зависимости от сбойных ситуаций (технических, программных, информационных, организационных).

В целом же оценка качества управления производится несколькими способами. Кратко остановимся на некоторых из них.

Задача *сравнительной оценки* качества основывается на определении величины отклонений показателя эффективности R при различных вариантах управления объектов $\Delta R = R_a - R_b$, где a и b — два варианта управления. Данная оценка качества наиболее проста в реализации, но обладает рядом недостатков. Во-первых, требуются дополнительные исследования о необходимом и достаточном количестве вариантов для поиска решения, во-вторых, остается открытым вопрос оптимальности полученного решения. В этом случае очевидно, что *абсолютная оценка* качества управления этих недостатков не имеет: $\Delta R = R_{\text{опт}} - R_i$, где $R_{\text{опт}}$ — заранее известное оптимальное значение показателя эффективности; R_i — его текущее значение.

Основной проблемой использования данного показателя является вопрос предварительного точного либо, в некоторых случаях, приближенного определения величины $R_{\text{опт}}$.

Существует класс систем, для которых оценка оптимального варианта решения производится посредством ряда дополнительных условий. В этом случае принято говорить об *условной оценке* качества управления. Например, если

показатель эффективности производственной системы — производительность, то в предположении, что оборудование будет работать без простоев, данный показатель может быть определен как частное от деления суммарной длительности работы оборудования на среднее время изготовления изделия. Условные оценки вводятся для сравнения качества управления в сопоставимых системах.

Показатель *помехозащищенности* характеризует качество функционирования системы в зависимости от влияния случайных факторов, связанных с внутренним состоянием системы и воздействиями внешней среды.

Будем называть процесс функционирования системы, протекающий в заранее определенных (паспортными данными) типичных (нормальных) условиях, невозмущенным процессом функционирования. Естественно предположить, что это явление в реальной ситуации встречается крайне редко. Обычно, любые системы работают в условиях возмущений, то есть в реальной жизни встречаются в основном возмущенные процессы. В этом случае отклонения реальных процессов функционирования от нормальных называются помехами. При этом различают внутренние и внешние помехи.

Внутренние помехи возникают внутри системы, как правило, от взаимодействия между элементами системы и приводят к изменению значений параметров конечных продуктов системы.

Параметрами внутренних возмущений являются, например, ошибки в определении координат самолета из-за собственных шумов радиотехнической аппаратуры; нарушение графиков работы транспорта в связи с плохим качеством дорог и транспортных средств; нарушение производственных процессов в связи с недостаточной квалификацией работающих, неудовлетворительным состоянием оборудования, инструмента и т.д.

Внешние помехи проявляются в отклонениях нормы воздействий на систему со стороны внешней среды.

Примерами внешних помех для рассматриваемых случаев могут являться атмосферные осадки и промышленные шумы, интенсивность движения пешеходов, нарушение поставок сырья и его низкое качество и т.д.

Наличие помех объективно определяет два вида сложных систем: детерминированных и случайных. В первом случае речь идет о сведении случайных помех к детерминированным возмущениям и рассмотрении процесса функционирования системы как невозмущенного процесса, протекающего в нормальных условиях, где влияние случайных помех сведено к нулю. Во втором случае случайные факторы не игнорируются и принимаются во внимание их некоторые вероятностные характеристики, тогда возмущенный процесс функционирования сложной системы складывается из двух составляющих: невозмущенного процесса и возмущений, вызванных действием помех.

Оценки помехозащищенности системы, как правило, аналогичны показателям надежности и качества управления. Например, величина абсолютной оценки помехозащищенности системы определяется по выражению $\Delta R_{\text{нор}} = R_{\text{нор}} - R^*$, где $R_{\text{нор}}$ — значение показателя эффективности

при нормальных условиях функционирования; R^* — значение показателя эффективности при наличии внутренних и внешних помех.

Сравнительная оценка может быть получена в случае замены в предыдущем выражении величин $R_{\text{нор}}$ и R^* на значения показателей эффективности двух сравниваемых возмущенных процессов. И, наконец, относительные оценки помехозащищенности могут быть получены путем определения соотношения величины $\Delta R_{\text{нор}}$ с величиной какой-либо характеристики самой помехи.

Достаточно неоднозначно трактуется при описании систем показатель *сложности*. Один из основателей кибернетики С. Бир под простыми системами понимает системы, состоящие из небольшого числа элементов, к сложным — относит достаточно разветвленные, но поддающиеся описанию, и к очень сложным — не поддающиеся точному и подробному описанию. Существует еще несколько направлений определения понятия сложности. Так, ряд авторов пытается описать сложность через количество элементов, другие связывают понятие сложности с возможностью адекватного математического описания, причем не менее чем двумя способами, третьи предлагают назвать систему простой, если ее результат на выходе соответствует поставленной цели и достигается с помощью заданных средств, в противном случае систему следует отнести к сложной. Наличие такого многообразия суждений свидетельствует о том, что характерных черт «сложности» пока нет и вряд ли они будут найдены. В связи с этим перечислим наиболее часто встречающиеся в литературе характеристики сложности:

- многомерность (размерность, потоки информации, число связей и т.д.);
- многообразие форм связей (вертикальные, горизонтальные);
- многокритериальность, т.е. наличие множества, в том числе и противоречивых, критериев, которым должна удовлетворять система;
- многообразие природы элементов, составляющих систему (люди, машины), и вытекающая отсюда разнородность циркулирующей информации;
- динамичное изменение состава и структуры системы;
- многоцелевой характер ее функционирования.

В ряде работ предлагаются количественные характеристики оценки сложности системы. Элементарная характеристика сложности связана с интегральной оценкой количества элементов системы, математическое выражение которой представлено следующей формулой:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i K_i,$$

где S_i — сложность элементов i -го типа;

K_i — количество элементов i -го типа, входящих в систему.

Очевидно, что этот критерий не лишен недостатков, в частности, он не учитывает количества взаимосвязей между элементами системы. Пусть общее количество элементов в системе равно N , тогда максимальное число связей между ними определяется выражением $N(N-1)$, через M обозначим факти-

ческое число связей. В этом случае выражение $\alpha = \frac{M}{N}(N - 1)$ определяет относительное число реализованных связей. Очевидно, что критерий сложности системы, учитывающий состав и структуру системы, может быть представлен следующим выражением:

$$S = (1 + \alpha) \sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i.$$

В целом же следует отметить, что методы определения оценки сложности представляют большой теоретический и практический интерес и заслуживают особого внимания.

Контрольные вопросы

1. Приведите ключевое понятие в определении «система», может ли какой-либо исследуемый объект быть несистемным?
2. Продемонстрируйте модель взаимодействия «система-среда» на конкретном примере студенческого общежития, приведите классификатор конечных продуктов и ресурсов системы.
3. Прокомментируйте известные Вам сравнительные характеристики анализа и оценки проблемной ситуации.
4. Дайте полный анализ проблемной ситуации «низкое качество обслуживания в студенческом кафе», докажите, что Вами рассмотрены все возможные проблемы.
5. Дайте определение цели системы, приведите и прокомментируйте вариант классификации целей организации.
6. Приведите примеры одноцелевых и многоцелевых систем, личных и общих целей.
7. Дайте определение показателя эффективности, поясните взаимосвязи понятий «цели, критерии, ограничения».
8. Дайте понятие функции, докажите возможность использования различных моделей системы при решении вопроса о необходимости и достаточности множества нормативных функций.
9. Перечислите и дайте сравнительную характеристику методам определения множества функций.
10. Дайте понятие стратегии организации и ее взаимосвязи с функциями, перечислите и прокомментируйте основные из них.
11. Дайте понятие формальной и материальной структуры, приведите примеры.
12. Перечислите и дайте сравнительный анализ типовых структур.
13. Дайте понятие внешних условий и покажите их влияние на окончание процедуры системного анализа.
14. Поясните работу алгоритма системной деятельности на примере анализа проблемной ситуации «низкое качество подготовки специалиста».

15. Дайте понятие модели системы, приведите примеры объективной необходимости использования моделей для анализа функционирования различных систем.

16. Перечислите и прокомментируйте на конкретном примере основные свойства моделей.

17. Перечислите основные достоинства и недостатки модели «черный ящик».

18. Рассмотрите модель вуза как «черного ящика» с точки зрения проректора по учебной работе.

19. Предложите формальные процедуры определения модели состава системы.

20. Дайте понятия производственно-технологической и организационно-функциональной структур системы, приведите примеры. Продемонстрируйте возможность их математического описания.

21. Опишите на конкретном примере структуру содержания типового функционального блока SADT-технологии.

22. Перечислите основные правила взаимосвязи родительской и дочерних диаграмм.

23. Перечислите и прокомментируйте основные критерии декомпозиции процессов в SADT-технологиях.

24. Опишите и проиллюстрируйте на конкретных примерах основные типы взаимосвязи между функциями в IDEF0-диаграммах.

25. Перечислите основные показатели сравнительного анализа сложных систем, докажите объективную необходимость их использования в системном анализе.

26. В каком соотношении находится показатель эффективности системы с ее целями?

27. На изучение каких процессов в системе ориентирован показатель надежности?

28. В каком соотношении находится показатель качества управления с показателем эффективности?

29. Дайте понятие сложности системы и охарактеризуйте с этих позиций систему управления хозяйством региона.

3. УПРАВЛЕНИЕ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

3.1. Содержание и классификация задач принятия решений

С точки зрения жизненного цикла управленческого решения функции «управление» и «принятие решения» часто трактуются одинаково. Вместе с тем очевидно, что функция «принятие решения» есть постоянно реализуемая в процессе управления задача, направленная на определение наилучшего способа действий для достижения поставленных целей.

В обобщенном виде задача принятия решения записывается обычно в следующем формальном виде [1]:

$$\alpha = \left\langle S, T, R \mid A, B, Y, F(A, S, R), K, Y^* \right\rangle,$$

где S — проблемная ситуация;

T — заданное время для принятия решения;

R — требуемые интеллектуальные ресурсы;

A — множество целей, которые планируется достичь;

B — множество ограничений;

Y — множество альтернативных вариантов решений;

$F(A, S, R)$ — заданная функция предпочтения при выборе решений;

K — критерий оценки и выбора решений;

Y^* — оптимальное решение.

В условиях существования проблемной ситуации S , заданного времени ее разрешения T и наличия ресурсов R необходимо сформулировать множество целей A и ограничений B , сгенерировать (определить) множество альтернативных вариантов решений Y , задать функцию предпочтения F , произвести оценку альтернативных вариантов решений и с учетом заданного критерия оптимальности K выбрать наилучшее решение Y^* .

Характерными особенностями задачи принятия решения в такой постановке являются следующие положения:

- неизвестные элементы задачи принятия решения имеют, как правило, содержательный характер и описываются на качественном уровне;
- процессы описания неизвестных элементов и нахождения оптимального решения не могут быть полностью формализованы;
- параметры, описывающие отдельные элементы задачи, могут иметь как объективные, так и субъективные (с помощью экспертов) измерения;
- в ряде случаев задачу принятия решения приходится решать в условиях частичной либо полной неопределенности характеристик ее отдельных элементов;
- результаты решения во многих случаях могут затрагивать интересы лиц, их принимающих, поэтому мотивы их поведения влияют на качество решения.

Перечисленные особенности подчеркивают многообразие типов (классов) задач принятия решения и соответственно технологий их решения. Вместе с тем с точки зрения технологии принятия решений в литературе выделяются следующие типовые этапы жизненного цикла управленческого решения: целевыявление, выработка и принятие решения, организация исполнения решений. На рис. 3.1 представлен некоторый обобщенный вариант детализации этих этапов [23].



Рис. 3.1. Схема подготовки и принятия решений

Перечисленную последовательность этапов можно с некоторыми оговорками считать инвариантной по отношению к характеру проблем, подлежащих разрешению. Этого нельзя сказать относительно методов, используемых для принятия решений на каждом из этапов. Они существенно зависят от стандартности и структуризованности проблемы, от уровня неопределенности условий, в которых принимаются решения. В этом случае существующее многообразие встречающихся на практике ситуаций требует проведения нормативной классификации задач принятия решения с последующим отнесением возникшей проблемы к одному из выделенных классов.

Как правило, множество задач принятия решений классифицируется по признакам:

- степени определенности информации;
- возможности использования формальных процедур для получения решения;
- количеству лиц, принимающих решение;
- содержанию решения;
- значимости и длительности действия решения.

Из всего множества представленных классификационных признаков остановимся в дальнейшем на первых двух. С точки зрения определенности условий множество задач принятия решений разбивается на хорошо структурированные задачи, слабоструктурированные и неструктурированные.

В хорошо структурированных задачах процедура формирования решений определяется алгоритмом решения и поэтому может быть полностью автоматизирована, т.е. существует формализованное представление процедуры выбора и обоснования варианта решения. Хорошо структурированная задача принятия решений обладает рядом свойств:

- 1) возможностью формализации и описания в терминах количественных переменных;
- 2) явно заданной целевой функцией;
- 3) известными алгоритмами получения численного решения.

При формализации данного класса задач используется аппарат математического программирования.

В слабоструктурированных задачах требуется генерация конечного множества решений. Очевидно, что каждая проблемная ситуация (задача) имеет свою специфику и вряд ли можно говорить о типизации.

Проведенный содержательный анализ процессов принятия индивидуальных решений в слабоструктурированных ситуациях позволил выделить следующие специфические особенности:

- в большинстве случаев задача может быть описана набором качественных и количественных переменных;
- алгоритмы получения конечных решений могут быть формализованы;
- варианты решений, сформулированных в терминах как качественных, так и количественных показателей, заранее известны;

- сами решения носят, в основном, характер предписаний, при этом предписания могут быть как простыми, состоящими из одного действия, так и сложными, состоящими из совокупности взаимосвязанных действий.

Неструктурированные задачи принятия решений базируются на теории статистических решений. В этом случае неполнота и недостоверность описания предметной области устанавливается путем использования случайных событий и процессов, задаваемых с помощью вероятностных характеристик.

С точки зрения количества участников при выработке и принятии управленческих решений задачи классифицируются на индивидуальные и коллегиальные (групповые). На индивидуальном уровне речь идет об отдельно рассматриваемом лице, принимающем решение. Как правило, эти решения надо принимать в реальном времени, они касаются вопросов функционирования системы и относятся к функциям оперативного планирования и регулирования.

Процесс принятия индивидуального решения является трудоемкой творческой задачей. В литературе приводится ряд практических формализованных приемов, рекомендуемых при принятии решения [5]:

- привести факты в определенный порядок (если фактов явно не хватает, отложить принятие решения);
- обратиться к своим чувствам, прислушаться к интуиции;
- правильно выбрать время принятия решения (если вы в подавленном настроении, отложите вопрос, дождитесь воодушевленности, хорошего расположения духа);
- не слишком полагаться на предположения и домыслы (часто они приводят к неверному решению);
- сосредоточиться, комплексно представить множество данных о проблеме, целях, задачах, ресурсах;
- придерживаться гибких решений (стараться корректировать действия, если цель не достигается);
- продумать все до конца (обдумывание — это подготовка к действию, люди, боящиеся действий, увеличивают срок подготовки), соблюдать баланс между сбором информации о положении дел и анализом этой информации;
- не бояться ответственности при принятии решения за коллектив.

Наиболее простым математическим аппаратом формализации процедур принятия индивидуальных решений являются таблицы решений.

В табл. 3.1 на основе обобщения литературы по теории принятия решений представлена классификация математических методов относительно их применения на каждом из этапов жизненного цикла подготовки, принятия и реализации управленческих решений.

Таблица 3.1

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИСОР

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РЕШЕНИЯ	Экспертные методы	Логико-лингвистическое моделирование, математическая логика	Системный анализ	Теория принятия решений	Теория графов	Имитационное моделирование, деловые игры	Математическая статистика	Теория расписаний и комбинаторная математика	Теория игр и статистических решений	Дифференциальные уравнения, принцип максимума Понтрягина	Математическое программирование
Анализ состояния	+	+	+	+		+	+				
Прогноз состояния	+	+		+		+	+				
Выявление проблемы	+	+	+	+		+	+				
Формирование целей	+		+				+				
Постановка задачи	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Поиск вариантов решений		+		+	+	+		+	+	+	+
Выбор решения	+			+							
Согласование и утверждение решения			+						+		
Формирование плана реализации решения			+		+			+			
Координация выполнения решения					+	+					
Учет и контроль выполнения							+				
Анализ последствий от принимаемых решений	+		+				+				

3.2. Метод экспертных оценок

3.2.1. Постановка задачи

Проблемы выбора и обоснования коллегиальных решений по вопросам стратегии и тактики развития исследуемых задач, решения вопросов по распределению ограниченного количества ресурсов, поиску эффективных решений в экстремальных ситуациях требуют привлечения экспертов-специалистов. При этом предполагается, что информация об объемах анализа слабо структурирована и носит в основном качественный характер. Методы получения, обработки и анализа информации в слабоструктурированных системах с использованием знания и опыта специалистов получили название *метода экспертных оценок* [17, 24, 25]. Основная идея экспертных методов состоит в том, чтобы использовать интеллект людей, их способность находить решения в слабоформализованных задачах при большом количестве качественной информации, наличии противоречивых целей, критериев и ограничений.

В качестве примера рассмотрим задачу оценки перспективности продуктовых стратегий сельскохозяйственного предприятия. Основные продуктовые стратегии формулируются следующим образом:

- развитие мясного скотоводства;
- организация производства по переработке мяса;
- выращивание картофеля;
- организация производства по выращиванию семян;
- развитие молочного скотоводства;
- организация производства по переработке молочных продуктов.

Оценку каждой из стратегий предлагается провести по нижеприведенным критериям:

- ожидаемой прибыли;
- потенциальному спросу;
- требуемым финансовым ресурсам;
- предполагаемым издержкам производства;
- наличию конкуренции;
- наличию специалистов;
- наличию местных источников сырья.

При этом перспективность каждой из стратегий должна быть оценена по шкале:

- очень перспективно → оценка в интервале [7–10];
- перспективно → оценка в интервале [4–7];
- перспектива не ясна → оценка в интервале [2–4];
- не перспективно → оценка в интервале [0–2].

Требуется определить количественные согласованные оценки выбранных направлений развития и дать экономическую, производственную и коммерческую интерпретацию полученных результатов.

Другой пример, требующий привлечения экспертов-специалистов, касается распределения ограниченного количества ресурсов на финансирование множества инвестиционных проектов. При этом каждый из проектов оценивается в следующей системе качественных критериев: практическая направленность, потенциал исполнителей, актуальность, обозримость, эффективность, комплексность, коммерческая направленность, научно-технический уровень, реализуемость.

Требуется определить относительную важность (значимость) каждого из проектов в заданной системе оценочных критериев и с учетом этого разработать предложения по финансированию.

Разновидностью метода экспертных оценок является *метод PATTERN* [25], предназначенный для формирования долгосрочных стратегий научно-технического развития компании. Сущность метода заключается в оценке относительной важности каждого элемента декомпозиции (цели, мероприятия) для достижения вышестоящей цели (мероприятия). Оценка относительной важности может проводиться по нескольким критериям, сумма коэффициентов относительной важности мероприятия одного уровня для каждой подцели должна быть равна единице. Итоговая значимость некоторой цели (мероприятия) определяется коэффициентом связи, представляющим сумму произведений весов критериев на соответствующие коэффициенты важности. Общий коэффициент каждой подцели некоторого уровня определяется путем перемножения соответствующих коэффициентов важности мероприятий, ветвящихся из данной вершины.

Способы организации экспертного оценивания, критерии оценки объектов могут существенно отличаться в зависимости от специфики рассматриваемой проблемы. Вместе с тем сама технология организации экспертного опроса и математические методы обработки достаточно упорядочены и формализованы.

На рис. 3.2 представлен один из возможных детализированных вариантов организации экспертного оценивания, состоящий из трех этапов:

- 1) организации работ по проведению экспертизы;
- 2) проведении экспертизы;
- 3) формирования экспертного заключения и ознакомления участников с результатами экспертного оценивания.

Начальный этап организации работ по проведению экспертного оценивания предполагает прежде всего создание конкурсной комиссии, основными обязанностями которой являются:

- определение целей и задач экспертизы;
- определение условий и сроков организации работ и представления документов;
- подготовка необходимых организационно-распорядительных документов (приказа о проведении экспертизы, методики организации работ, объявления о конкурсе и т.д.);

- организация приема и регистрации документов, описывающих объекты экспертизы;
- выбор и обоснование системы критериев оценки объектов и их относительной важности;
- формирование экспертной комиссии и организация ее работы.



Рис. 3.2. Технология реализации экспертного анализа

Процедура проведения экспертизы может состоять из трех этапов:

- 1) предварительной экспертизы, проводимой конкурсной комиссией на предмет формального соблюдения правил представления материалов об объектах экспертизы;

2) основной экспертизы, проводимой экспертами в сроки и по технологии, согласованной с заказчиком;

3) повторной экспертизы, проводимой в том случае, если результирующий коэффициент согласованности экспертов не удовлетворяет заданному уровню достоверности оценок; при этом экспертам предлагается публично обсудить результаты и повторно провести экспертное оценивание, иначе конкурсная комиссия изменяет состав экспертов.

Экспертное заключение составляется на основе материалов, представленных экспертами, и результатов обработки экспертного оценивания проектов, содержит краткие сведения о представленных объектах экспертизы, краткие сведения об экспертах, сроки и порядок проведения экспертизы, результаты математической обработки, степень согласованности экспертов, выводы и рекомендации, приложения.

3.2.2. Формирование экспертной комиссии

Существующие в настоящее время методы отбора экспертов далеки от совершенства и основаны скорее на соображениях здравого смысла, чем на строгих научных рекомендациях. Прежде всего, эксперт должен обладать высокой компетентностью, профессионально относиться к делу, быть независимым в своих суждениях, обладать определенным уровнем правовой защиты.

Формирование экспертной комиссии состоит из следующей последовательности этапов:

- определения количественного состава экспертов;
- разработки формальных и профессиональных требований к эксперту;
- определения состава экспертной комиссии;
- оформления договоров (трудовых соглашений) на проведение экспертизы;
- определения степени компетентности каждого эксперта.

Количественно состав экспертов ограничивается финансовыми и временными ресурсами на проведение экспертизы, при этом, чем больше специалистов участвует в экспертной комиссии, тем больше вероятность получения точных групповых оценок относительной важности проектов.

Подбор количественного состава экспертов производится на основе анализа сложности проблемы, требуемой достоверности оценок, характеристик экспертов и наличия ресурсов. Сложность решаемой проблемы определяет необходимость привлечения к экспертизе специалистов различного профиля, следовательно, минимальное число экспертов определяется количеством различных аспектов, направлений, которые необходимо учесть при решении проблемы. Достоверность оценок группы экспертов зависит от уровня знаний отдельных экспертов и их количества. Если предположить, что эксперты являются достаточно точными измерителями, то с увеличением числа экспертов достоверность экспертизы всей группы возрастает. Затраты ресурсов на прове-

дение экспертизы пропорциональны количеству экспертов. В [6] минимальное количество экспертов предлагается определить по формуле $N = 0,5(3/\alpha + 5)$, где $0 < \alpha \leq 1$ — параметр, задающий минимальный уровень ошибки экспертизы. С увеличением числа экспертов увеличиваются временные и финансовые затраты, связанные с формированием группы, проведением опроса и обработкой его результатов. Таким образом, повышение достоверности экспертизы связано с увеличением затрат. Финансовые ресурсы ограничивают максимальное число экспертов в группе. Ограничение числа экспертов снизу и сверху позволяет определить границы общего количества экспертов в группе.

Основные требования, предъявляемые к эксперту, можно сформулировать таким образом:

- широкий кругозор и знание предметной области рассматриваемых проектов;
- наличие научных трудов и практического опыта работы по проектированию и внедрению информационных технологий;
- административная и экономическая независимость от организаций, представляющих проекты;
- экономическая заинтересованность и юридическая ответственность эксперта за качество работы;
- способность решать творческие задачи, независимость мышления.

Индивидуальные характеристики экспертов задаются с помощью коэффициента компетентности, который может быть определен как по априорным, так и по апостериорным данным. При использовании априорных данных оценка коэффициента компетентности производится до проведения экспертизы на основе самооценки эксперта и взаимной оценки со стороны других экспертов. При использовании апостериорных данных оценка коэффициента компетентности производится на основе обработки результатов экспертизы.

Метод самооценки состоит в том, что кандидату в эксперты дается анкета с перечнем вопросов, подлежащих решению экспертной комиссией, и предлагается оценить свои знания по этим вопросам в баллах. При этом вопросу, в котором данный специалист считает себя наиболее компетентным, предлагается присвоить высший балл (например, 10), а вопросу, в котором он меньше всего разбирается, — 1. Остальные вопросы оцениваются в соответствии со степенью компетентности эксперта (по его самооценке).

Получив данные об индивидуальной самооценке, можно рассчитать среднюю групповую самооценку по каждому вопросу и выявить таким образом необходимость в изменении состава комиссии. Практика показывает, что методы самооценки недостаточно точны и могут быть использованы лишь на предварительном этапе отбора экспертов.

Наиболее простым методом определения компетентности при взаимной оценке экспертов является методика оценки относительных коэффициентов компетентности по результатам высказываний специалистов о составе экспертной группы. Сущность этой методики заключается в следующем. Ряду специалистов предлагается высказать суждение о включении лиц в экспертную группу

для решения определенной проблемы. Если в этот список попадают лица, не вошедшие в первоначальный список, то им также предлагается назвать специалистов для участия в экспертизе. Проведя несколько туров такого опроса, можно составить достаточно полный список кандидатов в эксперты. По результатам проведенного опроса составляется матрица, значения переменных которой равны

$$X_{sp} = \begin{cases} 1, & \text{если } p\text{-й эксперт назвал } s\text{-го эксперта,} \\ 0, & \text{если } p\text{-й эксперт не назвал } s\text{-го эксперта.} \end{cases}$$

Причем каждый эксперт может включать или не включать себя в экспертную группу. По данным матрицы вычисляются коэффициенты компетентности как относительные веса экспертов по формуле:

$$K_s = \frac{\sum_{p=1}^m X_{sp}}{\sum_{s=1}^m \sum_{p=1}^m X_{sp}}, \quad s = \overline{1, m}, \quad (3.1)$$

где K_s — коэффициент компетентности s -го эксперта;

m — количество экспертов.

Коэффициенты компетентности нормированы так, что их сумма равна единице.

Сущность методики определения компетентности экспертов на основе апостериорных данных, т.е. по результатам оценки объектов, основывается на степени согласованности индивидуальных оценок экспертов с групповой. При этом компетентность эксперта считается тем выше, чем ближе его мнение (высказывание) к средним оценкам.

3.2.3. Организация экспертного опроса

Опрос экспертов представляет собой заслушивание и фиксацию в качественной и (или) количественной форме суждений экспертов по решаемой проблеме. Вид опроса, по существу, определяет разновидность технологии организации экспертных оценок. Основными видами опроса являются метод Дельфи, мозговой шторм, анкетирование, интервьюирование, дискуссия.

Выбор того или иного вида опроса определяется целями экспертизы, сущностью решаемой проблемы, полнотой и достоверностью исходной информации, располагаемым временем и затратами на проведение опроса. Методы Дельфи и мозгового шторма были подробно рассмотрены в предыдущем разделе, в этой связи остановимся на трех последних.

Анкетирование — опрос экспертов в письменной форме с помощью анкет. В анкете содержатся вопросы, которые можно классифицировать по содержанию и типу. По содержанию вопросы делятся на три группы:

- объективные данные об эксперте (возраст, образование, должность, специальность, стаж работы и т.п.);

- основные вопросы по сути анализируемой проблемы;
- дополнительные вопросы, позволяющие выяснить источники информации, аргументацию ответов, самооценку компетентности эксперта и т.п.

По типу основные вопросы можно разделить на открытые, закрытые, с веером ответов. Открытые вопросы предполагают ответ в произвольной форме. Закрытые вопросы — это такие, на которые ответ может быть дан в виде «да», «нет», «не знаю». Вопросы с веером ответов предполагают выбор экспертами одного или нескольких ответов из совокупности предлагаемых.

Открытые вопросы целесообразно применять в случае большой неопределенности проблемы. Этот тип вопросов позволяет широко охватить рассматриваемую проблему, выявить спектр мнений экспертов. Недостатком открытых вопросов является большое разнообразие и произвольная форма ответов, что существенно затрудняет обработку анкет.

Закрытые вопросы применяются в случае рассмотрения четко определенных двух альтернативных вариантов, когда требуется определить степень большинства мнений по этим альтернативам. Обработка закрытых вопросов не вызывает каких-либо трудностей.

Вопросы с веером ответов целесообразно использовать при наличии нескольких достаточно четко определенных альтернативных вариантов. Эти варианты формируют для ориентации экспертов по возможному кругу направлений в решении проблемы.

Кроме анкеты, экспертам предлагается обращение — пояснительная записка, в которой разъясняются цели и задачи экспертизы, дается необходимая эксперту информация, приводятся инструкции по заполнению анкет и необходимые организационные сведения.

Интервьюирование — это устный опрос, проводимый в форме беседы-интервью. Для подготовки беседы интервьюер разрабатывает вопросы, характерной особенностью которых является возможность быстрого ответа на них, поскольку опрашиваемый практически не имеет времени на их обдумывание.

Тематика интервью может сообщаться эксперту заранее, но конкретные вопросы ставятся непосредственно в процессе беседы. Целесообразно в связи с этим готовить последовательность вопросов, начиная с простых, постепенно их углубляя и усложняя, но вместе с тем и конкретизируя.

Достоинством интервью является непрерывный живой контакт интервьюера с экспертом, что позволяет быстро получить необходимую информацию путем прямых и уточняющих вопросов в зависимости от ответов эксперта. Недостатками интервью являются возможность сильного влияния интервьюера на ответы эксперта, отсутствие времени для глубокого продумывания ответов, а также большие затраты времени на опрос всего состава экспертов. Интервьюер должен хорошо знать анализируемую проблему, четко формулировать вопросы, создавать непринужденную обстановку и уметь слушать.

Дискуссия — вид экспертизы, широко применяемый на практике для обсуждения проблем, путей их решения, анализа различных факторов и т.п.

Сама дискуссия проводится как открытое коллективное обсуждение рассматриваемой проблемы, основной задачей которого является всесторонний анализ всех факторов, положительных и отрицательных последствий, выявление позиций и интересов участников. В ходе дискуссии разрешается критика. Большую роль в дискуссии играет ведущий. От его умения создать творческую, благожелательную атмосферу, четко выступить с постановкой проблемы, кратко и глубоко резюмировать выступления и, главное, умело направлять ход дискуссии на решение проблемы существенно зависит эффективность обсуждения.

Рассмотренные виды опроса дополняют друг друга и в определенной степени являются взаимозаменяемыми. Для генерации новых объектов (идей, событий, проблем, решений) целесообразно применять мозговой штурм, дискуссии, анкетирование и метод Дельфи (первые два тура).

Всесторонний критический анализ имеющегося перечня объектов сравнения эффективно может быть проведен в форме дискуссии. Для количественной и качественной оценки характеристик объектов применяется анкетирование и метод Дельфи. Интервьюирование целесообразно использовать для уточнения результатов, полученных другими видами экспертизы.

3.2.4. Формальные методы описания предпочтений объектов

При организации экспертизы специалистам, как правило, предлагается оценить (измерить) предпочтение некоторых альтернативных вариантов развития (состояния) рассматриваемой проблемы. При этом под *измерением* понимается процедура сравнения объектов по определенным показателям (признакам). В качестве объектов сравнения выступают основные элементы системного анализа: проблемные ситуации, цели, критерии, функции, структуры. Каждый из объектов может описываться (характеризоваться) набором качественных и количественных параметров. Процедура сравнения заключается в определении отношений между объектами.

Для формального описания множества объектов и отношений между ними при фиксированных показателях сравнения вводится понятие эмпирической системы:

$$M = \langle X, R \rangle, \quad (3.2)$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ — множество объектов сравнения;

$R = (R_1, R_2, \dots, R_s)$ — множество отношений между объектами.

Запись вида $x_i R_k x_j$, или $(x_i, x_j) \in R_k$ означает, что объекты x_i и x_j находятся между собой в отношении R_k . Такое отношение называется бинарным (двухместным), поскольку оно связывает между собой два объекта.

Рассмотрим основные свойства бинарных отношений. Будем рассматривать объекты x_i из множества X и некоторое бинарное отношение R . Если все объекты из множества X сравнимы между собой по этому отношению, то говорят, что отношение R является *полным* (совершенным, линейным). Если не все

объекты сравнимы по отношению R , то оно называется **неполным** (несовершенным, нелинейным, частичным). Полное и неполное отношение R может иметь нижеперечисленные свойства:

- рефлексивность $x_i R x_i$, т.е. это свойство означает, что объект находится в отношении R к самому себе;
- симметричность — если $x_i R x_j$, то и $x_j R x_i$, т.е. отношение симметрично к обоим объектам;
- транзитивность — если $x_i R x_j$ и $x_j R x_k$, то $x_i R x_k$.

Используя перечисленные свойства, определим **отношения эквивалентности, строгого порядка и нестрогого порядка**.

Отношение эквивалентности содержательно интерпретируется как взаимозаменяемость, одинаковость объектов. Для обозначения отношения эквивалентности используется специальный символ « \sim ». Запись вида $x_i \sim x_j$ означает эквивалентность объектов. Отношение эквивалентности порождает разбиение множества объектов на классы и является рефлексивным, симметричным и транзитивным отношением. В каждый класс попадают эквивалентные, т.е. неразличимые по показателю (или группе показателей) объекты.

Отношение строгого порядка является антирефлексивным и транзитивным отношением и может интерпретироваться как предпочтительность, в широком смысле, одного объекта по сравнению с другим объектом, например «важнее», «лучше», «выше», «больше» и т.д. Для обозначения отношения строгого порядка используется специальный символ « $>$ », например, если объект x_i строго предпочтительнее объекта x_j , то это записывается в виде $x_i > x_j$. Отношение полного строгого порядка порождает строгое упорядочение объектов по предпочтительности.

Отношение нестрогого порядка есть объединение отношений строгого порядка и эквивалентности и обладает свойствами рефлексивности, антисимметричности и транзитивности. В соответствии с этим для обозначения отношения нестрогого порядка применяется символ « \geq ». Запись $x_i \geq x_j$ означает, что объект x_i либо строго предпочтительнее, либо эквивалентен объекту x_j ; другими словами, эта запись интерпретируется как непредпочтительность объекта x_j по сравнению с объектом x_i или, например, что объект x_i не хуже объекта x_j . Отношение полного нестрогого порядка порождает строгое упорядочение классов эквивалентности объектов.

Описанные процедуры позволяют каждому эксперту задать свои индивидуальные предпочтения на множестве сравниваемых объектов

$$(R_1, R_2, \dots, R_s, \dots, R_n).$$

При групповой экспертизе ставится задача о выработке некоторого нового отношения R , которое согласует индивидуальные выборы, выражает в каком-то смысле «общее мнение» и принимается за групповые выборы. Очевидно, что это отношение должно быть какой-то функцией индивидуальных

выборов: $R = F(R_1, \dots, R_n)$. Различным принципам согласования будут отвечать разные функции F . Теоретически функции F могут быть совершенно произвольными и учитывать не только индивидуальные выборы, но и другие факторы, в том числе и исход некоторых случайных событий (например, бросания жребия), и главный вопрос состоит в том, чтобы правильно отобразить в функции F особенности конкретного варианта реального группового выбора [7].

Одним из наиболее распространенных принципов согласования является **правило большинства**: принятой считается альтернатива, получившая наибольшее число голосов.

Правило большинства может быть представлено в виде двух модификаций:

1) $(x_i, x_j) \in R$ тогда и только тогда, когда не менее определенного количества экспертов полагают, что $x_i > x_j$;

2) $(x_i, x_j) \in R$ тогда и только тогда, когда число экспертов, считающих, что $x_i > x_j$, не меньше числа экспертов, придерживающихся мнения, что $x_j < x_i$.

Как отмечается в [7], правило большинства привлекательно своей простотой и экономичностью, но имеет некоторые особенности:

- только дальнейшая практика показывает, правильным или ошибочным было решение, принятое большинством голосов (само голосование — лишь форма согласования дальнейших действий);
- даже в простейшем случае выбора одной из двух альтернатив легко представить себе ситуацию, когда правило большинства не срабатывает — разделение голосов поровну при четном числе голосующих. Это порождает варианты: «председатель имеет два голоса», «большинство простое (51 %)», «подавляющее большинство (около $\frac{3}{4}$)», «абсолютное большинство (близкое к 100 %)», наконец, «принцип единогласия (консенсус, право вето)».

3.2.5. Формальные методы определения предпочтений

Для определения субъективных предпочтений экспертов наиболее часто используются методы:

- ранжирование;
- парное сравнение;
- непосредственная (балльная) оценка;
- последовательное сравнение.

Ранжирование заключается в упорядочении объектов по степени их предпочтения. В зависимости от вида отношений между объектами возможны несколько вариантов упорядочения.

Если между объектами нет одинаковых по сравнительным показателям элементов, т.е. отсутствует отношение безразличия, то можно говорить, что присутствует отношение строгого порядка: $x_1 > x_2 > x_3 \dots > x_n$.

Для отображения вида отношений могут использоваться действительные числа натурального ряда, связанные между собой отношением неравенства: $C_1 > C_2 > C_3 > C_i > \dots > C_n$, где $C_i = f(x_i) = i$. Числа C_1, C_2, \dots, C_n в этом случае называются рангами.

Если между рядом объектов существуют отношения безразличия, то будем иметь упорядочение нестрогого порядка: $x_1 > x_2 > x_3 \sim x_4 \sim x_5 > \dots > x_n$. В этом случае при ранжировании наиболее предпочтительному объекту присваивается ранг, равный единице, второму по предпочтительности — ранг, равный двум и т.д. Для эквивалентности объектов назначаются одинаковые ранги, равные среднему арифметическому рангов, присваиваемых одинаковым объектам. Для данного примера ранг объектов x_3, x_4, x_5 определяется как $C_3 = C_4 = C_5 = (3 + 4 + 5)/3 = 4$. Таким образом, при групповом ранжировании получается матрица $C = \|C_{i,s}\|$, размерности $n \times m$, где m — число экспериментов.

Вместе с тем следует иметь в виду, что ранги как числа не позволяют сделать выводы о степени предпочтительности одних объектов над другими, а определяют только порядок расположения объектов по показателям сравнения.

Достоинством ранжирования как метода субъективного измерения является простота использования процедур, недостатки связаны с практической невозможностью упорядочения большого количества объектов. Последнее связано с необходимостью учета взаимосвязей с большим количеством объектов при рассмотрении их как единой совокупности.

Парное сравнение представляет собой процедуру установления предпочтения при сравнении всех возможных пар объектов. При сравнении двух объектов x_i и x_j эксперт упорядочивает их по одной из альтернатив $x_i > x_j, x_i < x_j, x_i \sim x_j$. При этом для количественной оценки предпочтений используются выражения:

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } x_i > x_j \text{ или } x_i \sim x_j; \\ 0, \text{ в противном случае;} \end{cases} \quad (3.3)$$

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } x_i > x_j; \\ 0,5, \text{ если } x_i \sim x_j; \\ 0, \text{ если } x_j > x_i. \end{cases} \quad (3.4)$$

Если сравнения пар объектов производятся отдельно по различным критериям или сравнения производит группа экспертов, то по каждому показателю или эксперту составляется своя матрица результатов парных сравнений.

Непосредственная оценка представляет собой процедуру присваивания объектам числовых значений (баллов) в принятой шкале интервалов. Как правило, на практике используются пяти-, десяти- и стобалльные шкалы.

Последовательное сравнение представляет собой комплексную процедуру измерения, включающую как ранжирование, так и непосредственную оценку. При последовательном сравнении эксперт выполняет операции:

- 1) ранжирования объектов;
- 2) непосредственной оценки объектов на отрезке $[0,1]$, полагая, что числовая оценка первого в ранжировании объекта равна единице, т.е. $f(x_1) = 1$;
- 3) определения, будет ли первый объект превосходить по предпочтительности все остальные объекты вместе взятые. Если да, то эксперт увеличивает значение числовой оценки первого объекта так, чтобы она стала больше суммы числовых оценок остальных объектов:

$$f(x_1) > \sum_{i=2}^m f(x_i). \quad (3.5)$$

В противном случае он изменяет величину $f(x_1)$ так, чтобы она стала меньше, чем сумма оценок остальных объектов;

- 4) определения, будет ли второй объект предпочтительнее, чем все последующие вместе взятые объекты, и изменения $f(x_2)$ так же, как и для $f(x_1)$ в (3.5);

- 5) сравнения предпочтительности последующих объектов и изменения их числовых оценок в зависимости от своего решения о предпочтительности.

Рассмотренные четыре метода измерения — ранжирование, парное сравнение, непосредственная оценка и последовательное сравнение — обладают различными качествами, но приводят к близким результатам. Экспериментальная сравнительная оценка этих методов показала, что наиболее эффективным является комплексное применение всех методов для решения одной и той же задачи. При этом следует учитывать, что методом, требующим минимальных трудозатрат, является ранжирование, а наиболее трудоемким — метод последовательного сравнения. Метод парного сравнения без дополнительной обработки не дает полного упорядочения объектов.

3.2.6. Математические методы обработки результатов экспертизы

Пусть d экспертов произвели оценку m объектов по n показателям. Результаты оценки представлены в виде величин (x_{is}^h) , где s — номер эксперта, i — номер объекта, h — номер показателя (признака сравнения). Если оценка объектов произведена методом ранжирования, то величины x_{is}^h представляют собой ранги. Если оценка объектов выполнена методом непосредственной оценки или методом последовательного сравнения, то величины x_{is}^h представляют собой числа или баллы. Обработка результатов оценки существенно зависит от рассмотренных методов измерения.

Рассмотрим вначале случай, когда величины x_{is}^h ($s = \overline{1, d}; i = \overline{1, m}; h = \overline{1, n}$) получены методами непосредственной оценки или последовательного сравнения и, следовательно, являются числами или баллами. Для получения групповой оценки объектов в этом случае можно воспользоваться средним значением оценки для каждого объекта:

$$x_i = \sum_{h=1}^n \sum_{s=1}^d q_h k_s x_{is}^h / i = d, \quad i = \overline{1, m}, \quad (3.6)$$

где q_h — коэффициенты весов показателей сравнения объектов;

k_s — коэффициенты компетентности экспертов.

Коэффициенты весов показателей и компетентности экспертов являются нормированными величинами:

$$\sum_{h=1}^n q_h = 1, \quad \sum_{s=1}^d k_s = 1. \quad (3.7)$$

Если эксперты производят измерения объектов в порядковой шкале методом ранжирования, то задача обработки результатов экспертизы сводится к построению обобщенной ранжировки по индивидуальным ранжировкам экспертов. Для простоты рассмотрим вначале случай одного признака сравнения, поэтому индекс h у величин x_{is}^h опустим. Каждую ранжировку можно представить в виде матрицы парных сравнений с элементами, определяемыми по правилу:

$$y_{ik}^s = \begin{cases} 1 & \text{при } x_{is} \leq x_{ks} \\ 0 & \text{при } x_{is} > x_{ks} \end{cases} \quad (3.8)$$

где x_{is} и x_{ks} — ранги, присваиваемые s -экспертом i -му и k -му объектам.

Пусть, например, дана ранжировка одним экспертом ($s = 1$):

$$O_1 > O_2 \sim O_3 > O_4 > O_5.$$

Тогда матрица парных сравнений для этой ранжировки может быть представлена в виде табл. 3.2.

Таблица 3.2

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
O_1	1	1	1	1	1
O_2	0	1	1	1	1
O_3	0	1	1	1	1
O_4	0	0	0	1	1
O_5	0	0	0	0	1

Если имеется d экспертов, то каждый эксперт дает свое ранжирование, которому соответствует матрица парных сравнений. Таким образом, количество матриц парных сравнений равно числу экспертов.

Введем расстояние (метрику) между матрицами парных сравнений, которое будем вычислять по формуле:

$$\rho_{sl} = \sum_{i,k=1}^d |y_{ik}^s - y_{ik}^l|, \quad s, l = \overline{1, d}. \quad (3.9)$$

Смысл этого выражения состоит в том, что расстояние между матрицами парных сравнений определяется числом подразрядных несовпадений всех значений элементов матриц (метрика Хэмминга). Используя эту метрику, предста-

вим обобщенную ранжировку в виде некоторой матрицы парных сравнений, которая наилучшим образом согласуется с аналогичной матрицей парных сравнений, получаемой на основе ранжировок экспертов. Понятие наилучшего согласования на практике чаще всего определяют как **медиану**. Медиана есть такая матрица парных сравнений, сумма расстояний от которой до всех матриц парных сравнений, получаемых экспертами, является минимальной:

$$\|y_{ik}^*\| = \min_{y_{ik}} \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m k_s |y_{ik}^s - y_{ik}|. \quad (3.10)$$

Построение матрицы парных сравнений, соответствующей медиане, осуществляется по принципу простого большинства голосов экспертов для каждого элемента матрицы.

Не вдаваясь в подробности доказательств, отметим, что величины y_{ik}^* определяются по следующей формуле:

$$y_{ik}^* = \begin{cases} 1, & \text{если } \alpha_{ik} \geq 0,5 \\ 0, & \text{если } \alpha_{ik} < 0,5, \end{cases} \quad (3.11)$$

где $\alpha_{ik} = \sum_{s=1}^d k_s y_{ik}^s$ — количество голосов, поданных экспертами за предпочтение i -го объекта k -му объекту.

При наличии нескольких критериев оценки объектов сравнения эксперты упорядочивают их по каждому из критериев. Пусть $p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_n$ — оценки важности каждого из критериев. В этом случае обобщенная матрица парных сравнений будет определяться по следующему выражению:

$$\|y_{ik}^*\| = \min_{y_{ik}} \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^d \sum_{i,k=1}^m k_s p_j |y_{ik}^{sj} - y_{ik}|, \quad (3.12)$$

$$\text{где } y_{ik}^* = \begin{cases} 1, & \text{если } c_{ik} \geq 0,5 \\ 0, & \text{если } c_{ik} < 0,5; \end{cases} \quad c_{ik} = \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^d p_j k_s y_{ik}^{sj}.$$

3.2.7. Оценка согласованности экспертов

Субъективный характер восприятия экспертами оцениваемой ситуации приводит к расхождению во мнениях по методам ее разрешения. В связи с этим возникает необходимость количественной оценки степени согласованности экспертов относительно важности альтернатив (мероприятий). Для этих целей на практике используется **дисперсионный коэффициент конкордации**.

Рассмотрим матрицу результатов ранжировки m объектов группой из d экспертов: $\|r_{is}\|$ ($s = \overline{1, d}, i = \overline{1, m}$), где r_{is} — ранг, присваиваемый s -м экспертом i -му объекту.

Составим суммы рангов по каждой строке. В результате получим вектор с компонентами:

$$r_i = \sum_{s=1}^d r_{is} \quad (i = \overline{1, m}). \quad (3.13)$$

Будем рассматривать величины r_i как реализации случайной величины и найдем оценку дисперсии. Как известно, оптимальная по критерию минимума среднего квадрата ошибки оценка дисперсии определяется формулой:

$$D = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (r_i - \bar{r})^2, \quad (3.14)$$

где \bar{r} — оценка математического ожидания, $\bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i$.

Дисперсионный коэффициент конкордации определяется как отношение оценки дисперсии (3.14) к максимальному значению этой оценки:

$$W = \frac{D}{D_{\max}}. \quad (3.15)$$

Коэффициент конкордации изменяется от нуля до единицы, поскольку $0 \leq D \leq D_{\max}$. Максимальное значение дисперсии равно:

$$D_{\max} = \frac{d^2(m^3 - m)}{12(m-1)}. \quad (3.16)$$

Введем обозначение:

$$S = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{s=1}^d r_{is} - \bar{r} \right)^2. \quad (3.17)$$

Используя (3.17), запишем оценку дисперсии (3.14) в виде:

$$D = \frac{1}{m-1} S. \quad (3.18)$$

Подставляя (3.16), (3.18) в (3.15) и сокращая на множитель $(m-1)$, запишем окончательное выражение для коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12}{d^2(m^3 - m)} S. \quad (3.19)$$

Данная формула определяет коэффициент конкордации для случая отсутствия связанных рангов, равный единице, если все ранжировки экспертов одинаковы, и нулю, если все ранжировки различны. Качественная интерпретация результатов экспертизы приведена в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Относительная шкала изменения коэффициента конкордации

Значение коэффициента конкордации	< 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7	0,7 – 0,9	> 0,9
Качественная характеристика взаимосвязи экспертов	Слабая	Умеренная	Заметная	Высокая	Очень высокая

Если степень согласованности экспертов, по мнению лица, принимающего решение, недостаточна, экспертиза может быть повторена. При этом в

открытой либо закрытой дискуссии должны участвовать эксперты, имеющие крайние точки зрения.

3.3. Формальное описание таблиц решений

Одним из возможных математических аппаратов описания задачи принятия индивидуальных решений является математический аппарат таблиц решений (ТР), который нашел достойное применение при создании системного программного обеспечения благодаря возможности использования быстродействующих арифметических и логических операций, выполняемых, как правило, параллельно [26]. В данном разделе сделана попытка использования этого аппарата в организационных системах управления. Наиболее часто в литературе ТР представляются в виде модели принятия решений, состоящей из 4 квадрантов, содержащих соответственно условие задачи, правило выбора решений, перечень решений (действий), результаты решения (последовательность действий) (табл. 3.4).

Формализованное описание ТР представляется в виде следующего кортежа:

$$\langle S, Y, R, X, C, A \rangle, \quad (3.20)$$

где $S = \{s_i\}, i = \overline{1, m}$, — множество условий, описывающих существенные параметры рассматриваемой предметной области.

Как правило, эти условия задаются набором качественных (описываемых бинарными отношениями «да», «нет») и количественных (описываемых отношениями «=», «<», «>» либо интервальными значениями « $m - n$ ») высказываний или предикатов (например, параметр s_i — больше (меньше или равен) норме).

Таблица 3.4

Формальная модель ТР

Условия	Правила выбора			
	R_1	R_2	...	R_n
S_1				
S_2				
...				
S_m				
Действия	Последовательность действий			
y_1	π_1	π_k	.	π_2
y_2		π_2	.	π_k
...	
y_k		π_1	.	π_1

Таблицы решений, представленные набором качественных параметров, получили название ТР с ограниченным входом. Таблицы решений с многозначным заданием условий получили название ТР с расширенным входом.

$Y = \{y_j\}, j = \overline{1, k}$, — множество входов действий, описываемых на содержательном уровне и имеющих характер предписаний. Предписания могут иметь смысл окончательного или промежуточного решения. Окончательное решение может определяться одним-единственным действием, приводящим к оптимальному выбору $y^{\text{опт}} = \pi$, либо содержать оптимальную последовательность действий:

$$y^{\text{опт}} = \pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k),$$

где $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k$ — числа натурального ряда, определяющие порядок (организационный регламент) выполнения действий при реализации данного управленческого решения. В обоих случаях такого рода действия являются простыми по отношению к данной ТР.

В случае, если таблица решений имеет вложенную иерархическую структуру, промежуточное решение содержит только ссылку на следующую таблицу решений, являющуюся продолжением первой (головной) с предписанием типа: <перейти к ...>. Этот вариант находит применение при больших размерностях рассматриваемой проблемной ситуации. В этом случае выбранное действие является сложным.

$R = \{r_\rho\}, \rho = \overline{1, n}$, — множество решающих правил, определяющих отношение между множеством действий и множеством условий (т.е. какое действие из множества Y выполняется при определенных значениях параметров из множества условий).

$X = \{x_q\}, q = \overline{1, m}$, — множество векторов нормативных данных (возможных качественных и количественных значений условий), где

$$x_q = \{S_1^q, S_2^q, \dots, S_k^q\}.$$

$C = \|c_{i\rho}\|, A = \|a_{j\rho}\|$ — матрицы, устанавливающие взаимосвязи множества векторов данных с векторами действий. Вектор-столбцы c_ρ матрицы C задают возможные разбиения множества X на n непересекающихся классов, каждый из которых характеризуется определенным действием, а вектор-столбцы a_ρ матрицы A служат для задания отношений между множеством условий S и множеством действий Y . Выражение $R_\rho = (c_\rho, a_\rho)$ называется решающим правилом, а элементы матриц C и A определяются следующим образом:

$$c_{i\rho} = \begin{cases} 1, & \text{если условие } S_i \text{ для правила } R_\rho \text{ выполняется;} \\ 0, & \text{если условие } S_i \text{ для правила } R_\rho \text{ не выполняется;} \\ x, & \text{если условие } S_i \text{ для правила } R_\rho \text{ не существенно.} \end{cases}$$

$$a_{j\rho} = \begin{cases} a \in (1, \dots, m), & \text{если правило } R_\rho \text{ приводит к выбору решения } u_i; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

С учетом вышеизложенного будем считать, что правило определяет действие, которое необходимо выполнить при вполне конкретном сочетании результатов проверки условий. Для предотвращения тупиковых ситуаций при анализе таблиц решений вводится правило «иначе» — $\varepsilon = (c_\rho, a_{\rho+1})$, определяющее конкретное действие при полной неопределенности множества условий $c_\rho, \rho = \overline{1, m}$.

В ряде случаев размерности рассматриваемой проблемной ситуации требуют декомпозиции исходной таблицы решений на ряд подтаблиц. Тогда в качестве одного из действий могут использоваться рекомендации на переход к таблице следующего уровня. С учетом вышеизложенного представим возможные варианты организации таблицы решений в виде схемы (рис. 3.3).

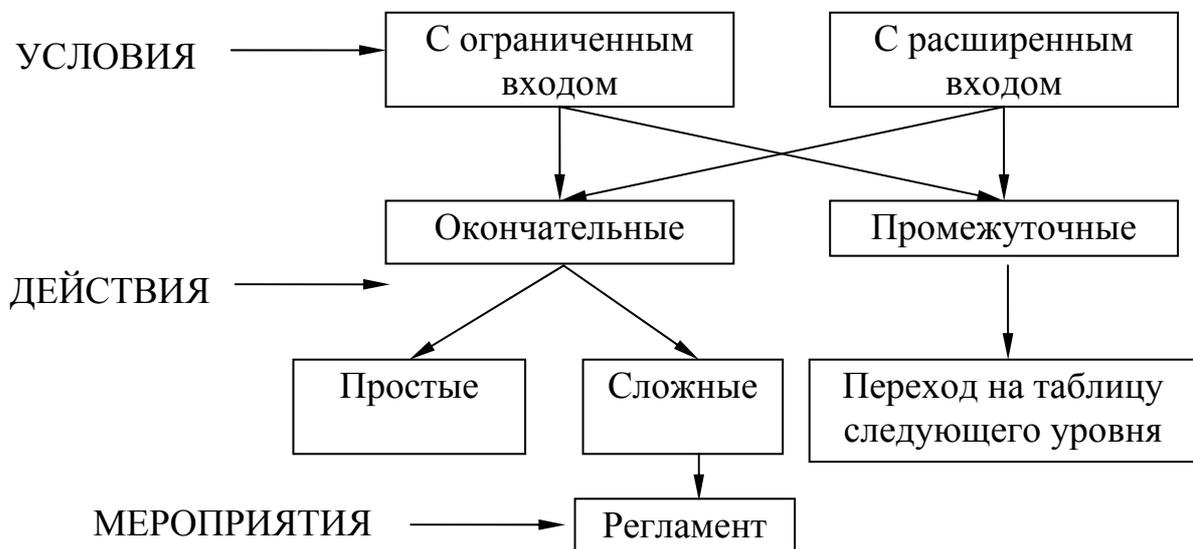


Рис. 3.3. Классификация вариантов ТР

Пусть существующая проблемная ситуация описывается некоторым вектором входных данных (условий) $B = \{b_i\} \leq X$. Тогда задача принятия решения с использованием формализованных таблиц решений состоит в сопоставлении реальных значений условий, описывающих проблемную ситуацию, с множеством нормативных данных, в определении на этой основе решающего правила R_ρ и выборе рационального (с точки зрения решающего правила) варианта действий Y_k по ликвидации проблемы. Обобщенный алгоритм поиска решения можно представить в виде последовательности шагов:

- определяется множество условий, существенных для описания данной проблемной ситуации;
- определяется решающее правило, элементы которого совпадают со значениями условий с точностью до ε , т.е. определяется отношение b_i и c_ρ ;

• определяется единственное решение, приводящее к ликвидации проблемной ситуации, либо осуществляется переход к проверке дополнительных условий.

Очевидно, что каждая проблемная ситуация имеет свою специфику и вряд ли целесообразно говорить о содержательной типизации таблиц решений. Поэтому сформулируем лишь исходные положения по их созданию и основные требования к программной реализации, выделив при этом две самостоятельные задачи: проектирование адекватного информационного и алгоритмического обеспечения таблиц решений и разработку простых и удобных информационно-программных средств по их созданию и использованию. Методы и средства по решению первой задачи довольно подробно описаны в многочисленной литературе по системному анализу и теории принятия решений. Обобщая изложенные в литературе положения, выделим основные этапы построения содержательной информационной модели таблицы решений:

- определение проблемной ситуации;
- определение необходимого и достаточного перечня условий, адекватно описывающих задачу;
- упорядочение условий в соответствии с существующими причинно-следственными и временными отношениями между ними;
- определение последовательности проверки условий и процедуры вычисления соответствия между значениями нормативных и фактических параметров описания проблемы;
- определение необходимого и достаточного перечня действий по ликвидации существующей проблемной ситуации;
- формирование множества решающих правил по установлению однозначного соответствия между входами условий и действиями, а также безусловных переходов по правилу.

Качество управленческих действий, формируемых с использованием таблиц решений, существенно зависит от качества выполнения каждого из перечисленных этапов. В связи с этим для его повышения требуется привлечение квалифицированных экспертов, компетентных в исследуемой предметной области. Корректировка содержательных моделей таблиц решений может быть реализована в виде некоторой итерационной процедуры, описывающей наиболее важные специфические условия возникшей проблемы и применяемые для ее разрешения нетрадиционные действия (правила).

Информационное обеспечение описанной задачи можно представить в виде следующих баз данных (БД): «Условие», «Правило», «Действие», «Регламент», «Дерево ТР». Формальное описание каждой из баз данных целесообразнее всего представить в виде множества фреймов. Тогда структура БД «Условие» будет выглядеть следующим образом:

$$F_i = \left[\langle S_1^i, t_1^i, x_1^i \rangle, \langle S_2^i, t_2^i, x_2^i \rangle \dots \langle S_k^i, t_k^i, x_k^i \rangle \right],$$

где F_i — уникальный номер фрейма (условия);

S_k^i — наименование k -го слота i -го фрейма (наименование условия);

t_k^i — тип k -го слота i -го фрейма (тип задания условия $\{<0,1>, <="=">, <"\geq">, <"\leq">, <k \div l>\}$);

x_k^i — значение k -го слота i -го фрейма.

По аналогии описываются и остальные структуры:

- БД «Правило» — <номер правила, вектор условий, номер действия>;
- БД «Действие» — <номер действия, тип действия (окончательное простое, окончательное сложное, промежуточное), наименование действия (функция, регламент, переход к промежуточной ТР)>;
- БД «Регламент» — <номер регламента, список мероприятий (действий), список исполнителей>.

Структура БД «Дерево ТР» может задаваться как в списочном, так и в табличном виде.

Контрольные вопросы

1. Поясните логическую взаимосвязь функций управления и принятия решений, приведите постановку задачи принятия решений.
2. Представьте и прокомментируйте основные этапы технологии подготовки и принятия решений.
3. Приведите классификацию задач принятия решений.
4. Сформулируйте цели использования метода экспертных оценок и основные этапы организации экспертизы.
5. Приведите постановку задачи согласования индивидуальных предпочтений и проиллюстрируйте ее на примере оценки студентами деятельности преподавателей.
6. Дайте сравнительный анализ различных методов определения предпочтений объектов.
7. Приведите основные требования, предъявляемые к экспертам, обоснуйте количественный состав экспертной комиссии.
8. Дайте понятие коэффициента компетентности экспертов и приведите формулу его вычисления.
9. Дайте сравнительный анализ методов анкетирования и интервьюирования.
10. Поясните основной смысл алгоритма обработки экспертной информации, приведите его отличие в зависимости от используемых методов определения предпочтений.
11. Дайте понятие коэффициента конкордации, поясните алгоритм его вычисления.
12. Представьте и прокомментируйте формальную структуру таблицы решений.
13. Раскройте технологию принятия решений на основе информационной модели таблицы решений.

4. СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

4.1. Содержательная модель декомпозиции сложных систем — метод «дерева целей»

Основной операцией декомпозиции является разбиение целого на части: система распадается на подсистемы, проблема — на подпроблемы, цели — на подцели и т.д. Метод, определяющий технологию (процедуру) получения строго иерархических структур путем последовательного деления целого на части, получил в литературе по системному анализу название «дерево целей» [7, 12, 25]. В тех случаях, когда исследуемая система слабо структурирована и плохо формализована, процедура декомпозиции поручается специалистам-экспертам. Если поручить провести декомпозицию одного и того же объекта исследования различным экспертам, результаты экспертизы могут получиться разными. Это зависит не только от различного уровня знаний экспертов об объекте, но и от используемых ими умозрительных методик декомпозиции. Переход от чисто имперического умозрительного подхода деления целого на части к формализованному возможен при использовании содержательных моделей систем, описанных в разделе 2.

Для дальнейшего изложения материала, кроме уже знакомых понятий «система», «среда» и другие, введем следующие дополнительные определения.

Декомпозиция — процедура формального разбиения системы на составляющие ее элементы (разбиение целого на части).

Модель основания-декомпозиции — набор формальных элементов, обеспечивающих однозначное разбиение целого на части.

При нормативном определении множества элементов декомпозиции используются в основном три вида моделей:

- модель «состава», предназначенная для определения формального набора элементов системы;
- модель структуры, позволяющая раскрыть внутренние элементы и взаимосвязи между ними;
- модель «жизненного цикла», обеспечивающая выделение строго упорядоченной совокупности элементов, описывающих эволюционное преобразование исходных ресурсов в конечные продукты и услуги системы.

Примеры формальных структур различных моделей декомпозиции объектов, используемых для нормативного определения элементов следующего уровня, приведены в табл. 4.1.

В этом случае процедура декомпозиции представляется как сопоставление объекта декомпозиции с некоторой моделью и выделение в объекте материальных элементов, которые соответствуют формальным элементам модели. Поэтому количество элементов данного уровня декомпозиции исследуемого объекта соответствует количеству элементов в модели основания-деком-

позиции. Вместе с тем очевидно, что использование различных моделей для выделения следующего уровня элементов декомпозиции приведет к различным результатам.

Таблица 4.1

Структура моделей декомпозиции

Объект декомпозиции	Тип модели декомпозиции	Элементы объекта декомпозиции
1. Система как «черный ящик»	«состав»	<множество конечных продуктов, множество ресурсов>
2. Конечные продукты и ресурсы	«состав»	<материальные, финансовые, трудовые, информационные, энергетические>
3. Состав объектов целеполагания	«состав»	Цели <вышестоящих организаций, внешней среды, подведомственных организаций, системы>
4. Социально-экономическая система как структура	«структура»	<предмет деятельности, средства деятельности, кадры, процесс деятельности>
5. Объект управления	«жизненный цикл»	< маркетинг, снабжение, производство, испытание, реализация, сопровождение, модернизация, ликвидация>
6. Система управления	«жизненный цикл»	<целевыявление, выработка решений, организация исполнения, контроль, анализ, регулирование>
7. Система обработки информации	«жизненный цикл»	<регистрация, сбор, передача, обработка, отображение, хранение, защита, уничтожение>

Например, первый уровень «дерева целей» — «Повышение эффективности учебной деятельности вуза», может содержать варианты, приведенные на рис. 4.1, 4.2.



Рис. 4.1. Декомпозиция вуза — модель «структура»

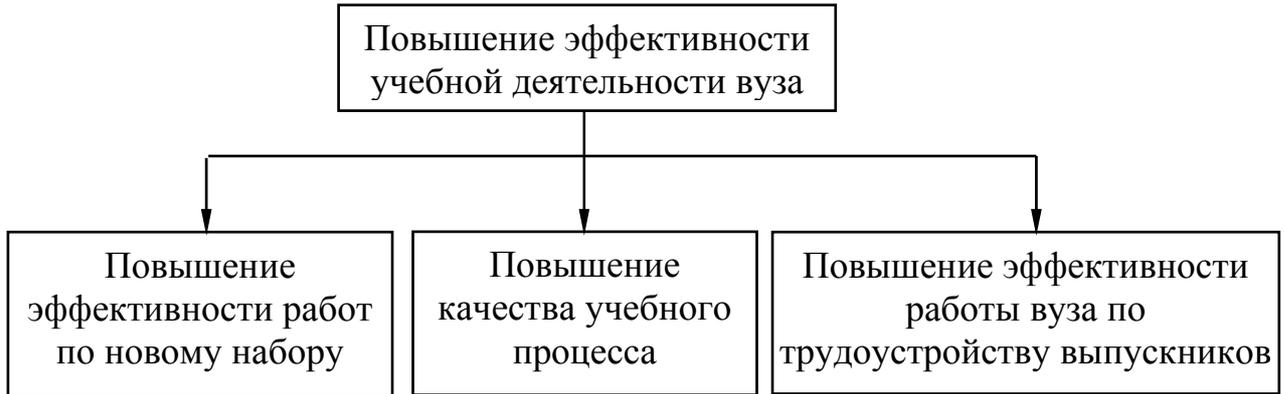


Рис. 4.2. Декомпозиция вуза — модель «жизненный цикл»

Этот пример позволяет сделать вывод о том, что очередность применения моделей декомпозиции является творческой работой эксперта и существенно зависит от целей исследования. Отметим, что в ряде случаев целесообразно строить несколько вариантов «деревьев целей», перебирая в определенной последовательности модели основания-декомпозиции.

Вторая проблема, с которой сталкивается эксперт при декомпозиции любой системы, — проблема полноты анализа, которая определяется размерностью используемой формальной модели декомпозиции.

Например, при декомпозиции производственной системы в качестве модели декомпозиции типа «жизненный цикл» можно использовать агрегированную формальную модель, содержащую три элемента: <снабжение, производство, реализация>, а можно — достаточно подробную формальную модель, состоящую из восьми элементов: <закупка сырья, транспортировка, хранение сырья, производство продукции, контроль качества, хранение продукции, транспортировка, реализация>.

Очевидно, что использование второй модели существенно увеличивает размерность «дерева целей». В этом случае **понятие полноты** вступает в противоречие с **понятием простоты**. С одной стороны, система должна быть рассмотрена максимально всесторонне и полно, а с другой — полученные результаты должны быть доступны для понимания и анализа. Это противоречие снимается при использовании **понятия существенности**: в модель включаются только элементы, существенно влияющие на целевые результаты системы. Очевидно, что это понятие субъективно и решение вопроса о том, какие элементы модели являются существенными, а какие нет, целиком возлагается на эксперта. Использование понятия существенности позволяет регулировать размерность «дерева целей» «вширь».

«Глубина» же разбиения целого на части связана с **понятием элементарности**. Использование понятия полноты предполагает продолжение декомпозиции до получения результата, не требующего дальнейшего разложения, т.е. результата простого, понятного, заведомо выполнимого. Такие компоненты разложения будем называть элементарными. В большинстве случаев понятие

элементарности также субъективно. Неэлементарные компоненты подлежат дальнейшей декомпозиции по другим моделям декомпозиции. Очевидно, что эффективность работы эксперта, размеры получаемого дерева и в конечном итоге качество анализа в определенной степени зависят от последовательности, в которой эксперт использует имеющиеся модели декомпозиции.

В случае, если эксперт перебрал все модели и не достиг элементарности на какой-либо ветви «дерева целей», рекомендуется вернуться обратно на уже декомпозированные подуровни дерева и детализировать (пополнить) используемые на этих подуровнях формальные модели декомпозиции.

С учетом вышеизложенного формальную процедуру декомпозиции можно представить в виде схемы (рис. 4.3).

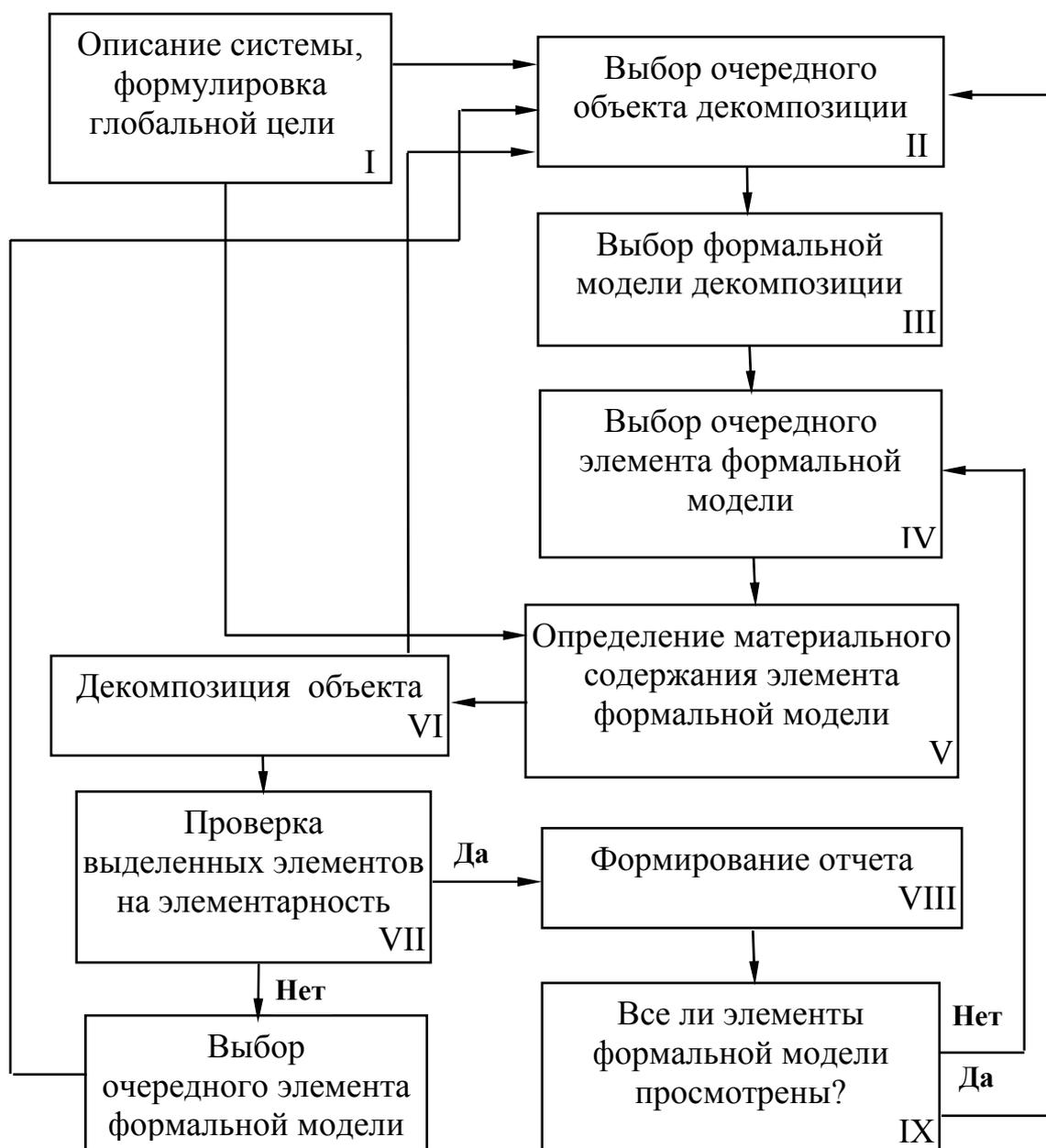


Рис. 4.3. Формальная процедура построения «дерева целей»

Остановимся кратко на описании каждого из блоков.

Блок I. В данном блоке определяется и описывается исследуемая система: множество конечных продуктов и ресурсов, множество элементов внешней среды и их связь с системой, формулируется глобальная цель системы, задачи исследования.

Блок II содержит динамическое множество объектов декомпозиции. Очевидно, что на первом шаге единственным очередным объектом является глобальная цель системы, на следующих шагах в блоке рассматриваются все неэлементарные объекты, требующие дальнейшей детализации.

Блок III содержит множество формальных моделей декомпозиции и рекомендуемые правила (условия) их перебора.

Блок IV. В нем происходит последовательный выбор элементов формальной модели декомпозиции.

Блок V. Строится содержательная модель объекта, соответствующая выделенному элементу формальной модели, на основании которой и будет происходить декомпозиция данного объекта. Например, в качестве объекта декомпозиции выбрана цель «Повышение эффективности учебной деятельности вуза». В качестве формальной модели декомпозиции принимается множество конечных продуктов, тогда в качестве содержательной модели декомпозиции можно рассматривать множество специальностей, по которым вуз выпускает специалистов (рис. 4.4).

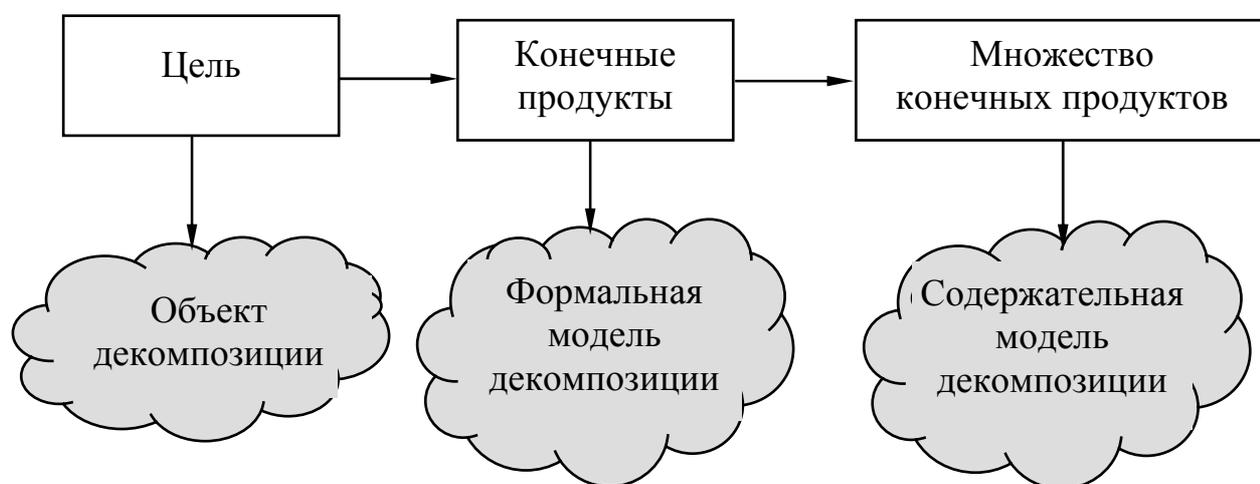


Рис. 4.4. Соответствие объекта декомпозиции его формальной и содержательной модели

Содержание блоков IV, VII и IX было пояснено ранее по тексту.

Блок VIII. Окончательный результат анализа оформляется в виде древовидной структуры, конечными фрагментами ветвей которой являются либо элементарные объекты, либо объекты, признанные экспертами сложными, декомпозиция которых на данный момент невозможна.

Очевидно, что в каждом конкретном случае формальная структура дерева целей будет зависеть от задач, стоящих перед экспертами, типов и последова-

тельностью использования моделей декомпозиции. В качестве примера рассмотрим проблему: «Низкое качество подготовки специалистов вуза». Перед экспертами стоит задача разработки стратегии вуза, ориентированной на повышение качества учебного процесса. Очевидно, что глобальная цель исследуемой системы может быть сформулирована следующим образом: «Повысить качество учебного процесса». На первых двух уровнях декомпозиции можно использовать любую из комбинаций двух формальных моделей:

- модель состава объектов целеполагания;
- модель состава конечных продуктов.

В случае, если последовательность использования моделей будет соответствовать вышеприведенному порядку, первые два уровня дерева целей будут выглядеть следующим образом (рис. 4.5).

Цели вышестоящей организации (министерства), очевидно, будут ориентированы на максимальное соответствие Государственным образовательным стандартам знаний и умений выпускника; цели внешней среды, очевидно, должны быть сформулированы с точки зрения соответствия знаний и умений выпускника требованиям организаций-потребителей (финансовым, промышленным структурам, государственным органам власти и управления и т.д.). И, наконец, собственные цели системы и ее филиальной сети должны формулироваться, исходя из требования высокой конкурентоспособности выпускника вуза на рынке труда в целом.

Третий и четвертый уровень декомпозиции предполагают определение необходимого и достаточного множества нормативных функций, обеспечивающих достижение заданных целей. В связи с этим предполагается на третьем уровне декомпозиции использовать модель «жизненный цикл», а на четвертом — модель структуры «социально-экономическая деятельность». Множество нормативных мероприятий определяется по каждому из этапов жизненного цикла отдельно, при этом на каждом этапе экспертам предлагается формулировать конкретные предложения с точки зрения:

- взаимоотношения с абитуриентами и студентами;
- развития и эффективного использования материальной базы вуза и его учебно-материального обеспечения;
- эффективного использования кадрового потенциала;
- внедрения в учебный процесс перспективных образовательных технологий.

И, наконец, на пятом уровне декомпозиции с использованием модели «состав ресурсов» необходимо определить множество ресурсов, необходимых для реализации множества нормативных функций.

В качестве другого примера приведем без комментариев формальную структуру дерева целей, ориентированного на определение множества задач управления учебной деятельностью (рис. 4.6).



Рис. 4.5. Формальная структура «дерева целей»

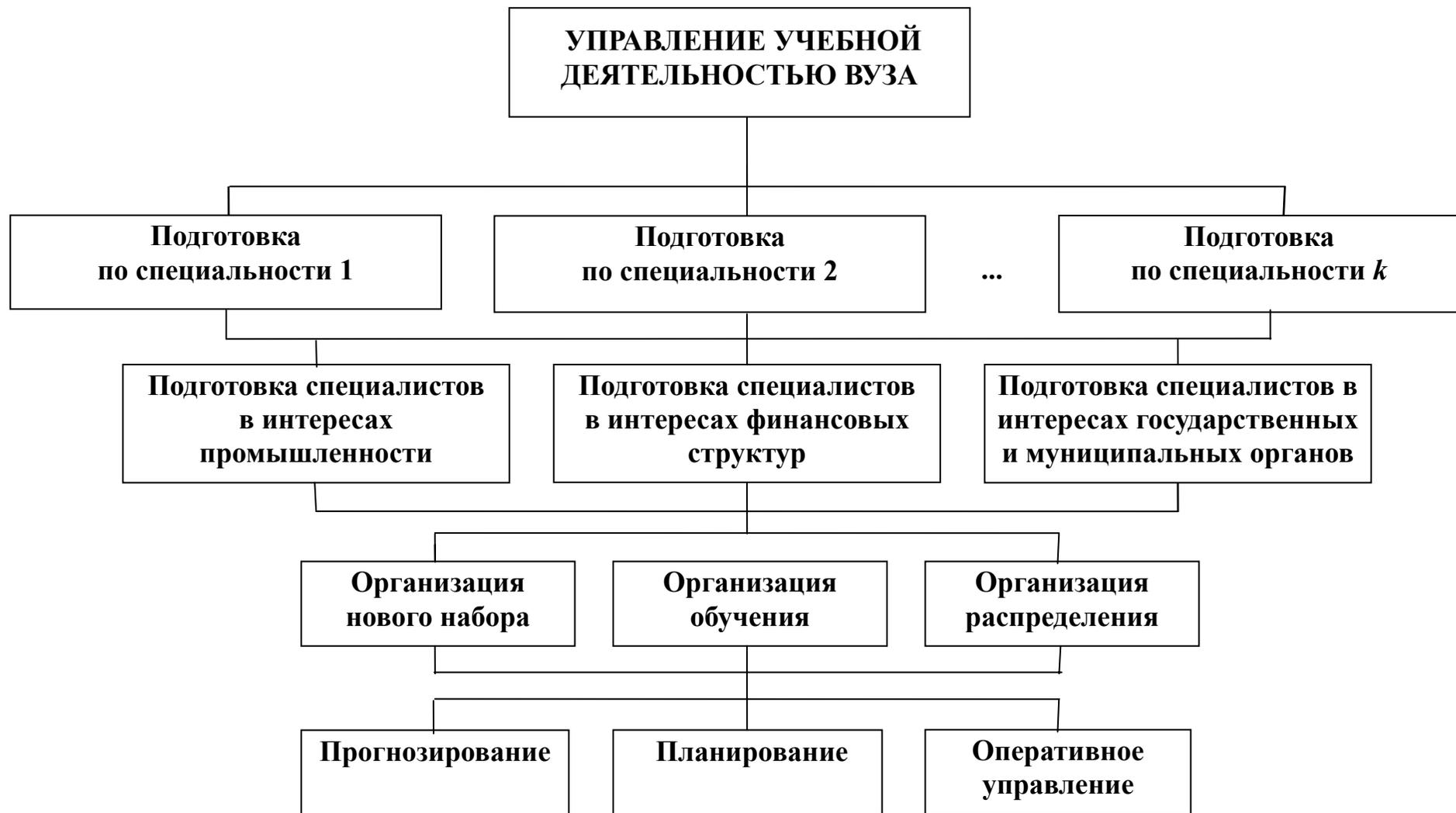


Рис. 4.6. Фрагмент «дерева целей»: «Управление учебной деятельностью вуза»

4.2. Модель последовательного синтеза автоматизированных информационных технологий управления

Появление термина «новые информационные технологии управления» связано с бурным ростом парка персональных ЭВМ и их интенсивным использованием непосредственно на рабочих местах пользователей. В этой связи понятие новых информационных технологий связывают, как правило, с совокупностью форм, методов и средств автоматизации учрежденческой деятельности аппарата управления организации. При этом в литературе рассматриваются как методы принятия решений (в основном на базе применения экспертных систем), так и современные средства передачи, обработки, хранения и отображения информации. Вместе с тем пока остаются открытыми проблемы анализа и синтеза информационных технологий в действующих системах управления.

По аналогии с понятием технологии в других отраслях знаний будем рассматривать понятие информационной технологии управления в трех взаимосвязанных аспектах [23]:

- 1) как совокупности методов и средств реализации функций управления и переработки информации;
- 2) как определенной последовательности операций по изменению форм и свойств информационных конечных продуктов системы;
- 3) как описание организационного регламента деятельности аппарата управления по реализации конечных продуктов системы управления.

Дальнейшая терминологическая детализация требует введения следующих основополагающих понятий.

1. При анализе любой системы будем выделять конечные продукты, производимые объектом управления (материальные, финансовые, информационные) и производимые системой управления (информационные).

2. Множество конечных продуктов объекта управления определяется его целями и функциональными особенностями. Множество конечных продуктов системы управления ориентировано на информационное отображение управленческих решений и включает в себя следующие продукты деятельности: постановления, решения, приказы, распоряжения, отчеты, справки, сведения, предложения, программы, планы, планы мероприятий и т.д. Информационные конечные продукты являются информационными ресурсами управления по выпуску (производству) и реализации материальных конечных продуктов системы.

3. Для каждого из видов конечных продуктов характерно наличие собственного жизненного цикла существования. При этом под жизненным циклом будем понимать определенную последовательность изменения формы и свойств конечных продуктов, начиная от их возникновения и заканчивая потреблением. Состав моделей декомпозиции «жизненный цикл», ориентированных на выпуск материальных конечных продуктов и услуг, достаточно подробно рассмотрен в предыдущих разделах.

4. Информационные конечные продукты характеризуются жизненными циклами управления и переработки информации. Жизненный цикл управления определяется принятой классификацией управленческих функций и включает в себя следующие фазы: прогнозирование, планирование, контроль, анализ, регулирование. Жизненный цикл переработки информации характеризуется наличием таких этапов, как регистрация, сбор, передача, обработка, отображение, хранение, защита, уничтожение. Очевидно, что все предложенные модели не абсолютны и могут изменяться и дополняться.

5. Проектирование автоматизированных информационных технологий управления (АИТ) включает в себя процессы последовательного взаимодействия выделенных фаз (этапов) жизненных циклов материальных конечных продуктов, управления и переработки информации.

Основываясь на введенных понятиях и определениях, будем считать, что процессы определения нормативного множества автоматизированных информационных технологий включают в себя последовательное применение необходимого и достаточного количества функций управления к каждой из фаз жизненного цикла производства материального конечного продукта. В свою очередь, каждая из функций управления реализуется за счет использования современных информационных и программно-технических средств на выделенных этапах жизненного цикла переработки информации. Один из вариантов материальной структуры модели определения множества нормативных АИТ представлен на рис. 4.7.

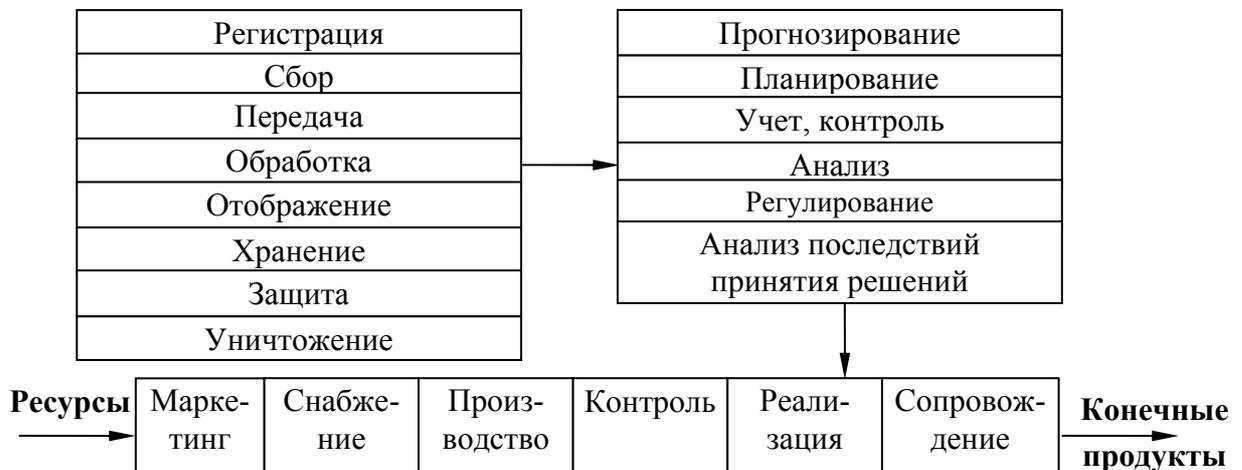


Рис. 4.7. Модель определения множества АИТ

Очевидно, что структура модели может изменяться в зависимости от состава элементов моделей «жизненный цикл».

Пусть $P = \{p_i\}$, $Z = \{z_j\}$, $X = \{x_p\}$ — множество фаз (этапов) жизненного цикла получения конечных продуктов, управления и переработки информации соответственно. Последовательно сопоставляя элементы множества P и Z , сформулируем множество задач управления по выпуску продуктов системы:

$$PZ = \langle p_i \times z_j \rangle = \langle p_1z_1, p_1z_2, p_1z_3, \dots, p_iz_j, \dots, p_kz_n \rangle,$$

при этом $p_i z_j$ равно единице, если функция управления j для этапа i существенна, и нулю — в противном случае. Аналогичным образом, последовательно сопоставляя элементы множеств PZ и X , определим множество способов переработки информации при реализации каждой из задач управления. С учетом вышеизложенного множество информационных технологий управления может быть представлено в виде следующего выражения:

$$PZX = \bigcup_{i=1}^k \bigcup_{j=1}^n \bigcup_{p=1}^m (p_i \times z_j \times x_p). \quad (4.1)$$

В качестве примера рассмотрим модель выбора задач управления при организации работы кафедры учебного заведения.

Будем считать, что множество элементов состоит из следующих этапов: $P = \langle \text{организация нового набора, организация обучения, организация распределения} \rangle$. Множество Z состоит из элементов: $\langle \text{прогнозирование, планирование, оперативное управление} \rangle$, а множество X — из элементов: $\langle \text{сбор информации, обработка информации, хранение информации, защита информации} \rangle$.

В этом случае множество задач управления может быть сформировано таким образом:

$p_1 z_1$ — прогнозирование нового набора;

$p_1 z_2$ — планирование нового набора;

$p_1 z_3$ — оперативное управление работой приемной комиссии.

Аналогичным образом может быть расписано и множество задач $\langle p_i \times z_j \rangle$. Для детализации этапа p_2 представим процесс обучения в виде следующей модели социальной деятельности: $\langle \text{преподаватели, обучаемые, материальная база учебного процесса, технология обучения} \rangle$. В этом случае задачи множества $\langle p_2 \times z_1 \rangle$ могут быть представлены в виде:

$p_1 z_1^I$ — прогнозирование потребности в кадрах;

$p_1 z_1^{II}$ — прогнозирование потребности в учебно-методической литературе;

$p_1 z_1^{III}$ — прогнозирование развития материально-технической базы учебного процесса;

$p_1 z_1^{IV}$ — прогнозирование методов и средств (технологий) организации учебного процесса.

Проектирование информационных технологий реализации вышеперечисленных задач проиллюстрируем на примере:

$p_1 z_1 x_1$ — определение системы сбора исходной информации для решения задачи прогнозирования нового набора (потребность в специалистах, наличие абитуриентов, возможности учебного заведения и т.д.);

$p_1 z_2 x_2$ — разработка и реализация алгоритмов прогнозирования;

$p_1 z_2 x_3$ — разработка концептуальной, логической и физической структур базы данных;

$p_1z_2x_4$ — разработка механизмов защиты информации от несанкционированного доступа.

По логике проектирования этапы x_p могут выполняться и в другой последовательности.

Предложенная схема позволяет, с одной стороны, перейти к проектированию инструментальных математических, технических и информационно-программных методов и средств реализации необходимых этапов жизненного цикла переработки информации при решении функциональных задач управления относительно каждой фазы жизненного цикла материальных конечных продуктов, а с другой — к рассмотрению технологии как определенной последовательности управленческих действий по получению информационных конечных продуктов системы. В обоих случаях в качестве графического представления вышеперечисленных технологий можно использовать IDEF0-модели, описанные в разделе 2.

4.3. Содержательные методы построения информационных моделей системы

При создании информационных технологий управления немаловажное значение имеет задача определения «необходимости и достаточности» количества информации и ее влияния на качество принимаемого решения. Очевидно, что отсутствие оперативных и достоверных данных — явление, так же нежелательное, как и наличие множества «кладбищенской информации». В этом случае объективно встает задача нормативного определения количества и качества информации, необходимой для подготовки и принятия решения. Множество таких информационных показателей об объекте будем называть его информационной моделью, предполагая при этом, что информационная модель имеет ту же формальную структуру, что и сам объект. В основу нормативного проектирования информационной модели положены такие понятия системного подхода, как «система и среда», «конечные продукты и ресурсы», «формальные и материальные модели систем типа «черный ящик», «состав», «структура».

Первым этапом построения информационной модели исследуемой системы является процедура выделения и описания элементов ее внешней среды. Множество элементов внешней среды определяется на противопоставлении существенных взаимосвязей системы с внешней средой. Каждый из элементов внешней среды предлагается описывать группой параметров:

- адресно-справочной информацией об объектах внешней среды;
- производственной, финансовой и иной информацией о характере взаимосвязей с системой.

Структурный анализ информационной модели объекта предполагает начинать обследование с ее представления в виде модели «черного ящика» (рис. 4.8): $S \subset X \times Y$, где X — множество входных параметров модели; Y — множество ее выходных параметров.

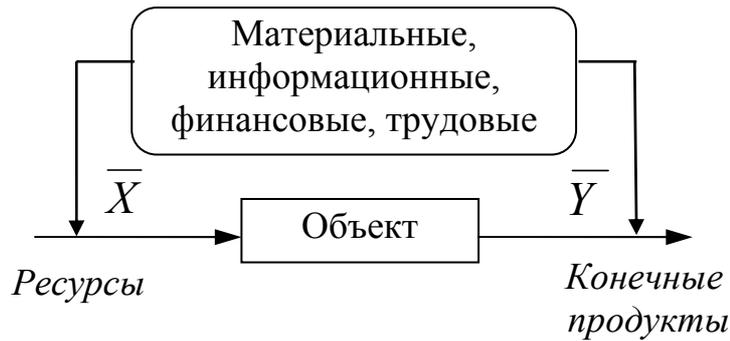


Рис. 4.8. Описание информационной модели в виде «черного ящика»

На первом уровне информационная модель объекта может быть представлена в виде совокупности двух множеств показателей:

- описывающих конечные продукты объекта;
- описывающих ресурсы, поступающие на объект.

Детализация описания модели достигается через некоторую классификацию показателей в каждом из множеств, например выделение материальных, информационных, финансовых, трудовых, энергетических и иных конечных продуктов и ресурсов.

Такая модель может быть полезной при проведении многоаспектного макроэкономического анализа, выявления и оценки проблемных ситуаций, построения производственных функций системы.

Следующим уровнем описания информационной модели объекта является ее представление в виде структурной модели, отображающей ее состав и внутренние взаимосвязи между элементами состава (рис. 4.9):

$$S = (\{S_i\}, \{U_{ij}\}), \quad (4.2)$$

где $\{S_i\}, i = \overline{1, n}$, — множество элементов системы;

$\{U_{ij}\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$, — множество взаимосвязей между ними.

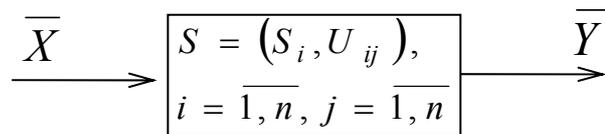


Рис. 4.9. Описание информационной модели в виде «структура»

При описании объектов управления следует говорить о производственно-технологической структуре, а при описании систем управления — об организационно-функциональной структуре. И в том и в другом случаях в качестве элементов системы выступают структурные подразделения, упорядоченные в соответствии с технологической последовательностью получения конечных продуктов, а в качестве взаимосвязей — материальные, финансовые либо информационные потоки.

Представление объектов в виде сложной иерархической схемы позволяет говорить о многоуровневой, вложенной структуре информационной модели, например:

- представление акционерного общества в виде совокупности предприятий;
- представление предприятия в виде совокупности цеховых структур;
- представление цеховых структур в виде совокупности производственных участков;
- представление производственных участков в виде совокупности рабочих мест.

Очевидно, что уровень детализации зависит от целевой ориентации информационной модели, вместе с тем принципиальные возможности алгоритмического агрегирования информации об элементарном объекте в более общие представления позволяет говорить о многоаспектном использовании информационной модели типа «структура» для проведения анализа и синтеза систем и объектов управления. Структурные модели систем хорошо понятны специалистам различных областей знаний и описываются бинарными отношениями, графами, реляционными таблицами и т.д.

Как отмечалось в предыдущих разделах, детализация и конкретизация любой системы как процесса может быть реализована через описание множества ее «элементарных» объектов и взаимоотношений между ними в виде модели типа «социальная деятельность» (рис. 4.10):

$$M=(N, K, Q, NRKRQ), \quad (4.3)$$

где N — описание средств деятельности;

K — описание объектов деятельности;

Q — описание субъектов деятельности;

R — оператор отношения между элементами;

$NRKRQ$ — описание процессов (технологий) деятельности.

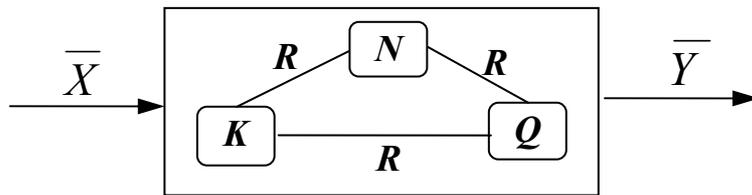


Рис. 4.10. Информационная модель описания элементов структуры системы

Все три типа информационной модели объекта должны описываться через множество показателей:

1) состояние конечных продуктов системы — множеством показателей результативности $Y = \{y_i\}$;

2) состояние входов системы — множеством ресурсных показателей $X = \{x_j\}$;

3) внутреннее состояние системы — множеством показателей процесса $W = \{w_p\}$;

4) качество функционирования системы — множеством показателей эффективности $Z = \{z_k\}$.

Как правило, показатели эффективности выражаются через отношение показателей результативности, ресурсов и процесса:

$$\bar{Z}_1 = \bar{Y}R\bar{X}, \quad \bar{Z}_2 = \bar{W}R\bar{X}, \quad \bar{Z}_3 = \bar{Y}R\bar{W}.$$

Например, объем выпуска на единицу ресурсов, объем основных фондов на одного работающего, объем выпуска на одного работающего и т.д. В общем случае свойства каждого из элементов информационной модели, выраженные через соответствующие показатели, могут отображаться в трех измерениях: {<языки описания>, <временной интервал измерения>, <способ отображения численных значений>}.

В качестве языков описания показателей предполагается использовать производственный \bar{P} , финансовый \bar{F} и социально-ценностный \bar{C} языки. Производственный язык описания показателя отображает функциональные и эксплуатационные характеристики элементов системы. Финансовый язык используется для отображения экономического состояния элементов системы. Социально-ценностный язык описания отображает социальные, экологические, эргономические свойства элементов системы и др. Объективная необходимость выражения каждого из параметров элементов системы тремя видами описаний диктуется возможными несоответствиями качества показателей относительно состояния этого элемента. Например, объем производства конечных продуктов в натуральных показателях может соответствовать желаемому результату, объем продаж в денежном выражении относительно невысок по причине низких цен, а эргономические и экологические параметры продукции не соответствуют нормативам.

С другой стороны, каждый из показателей может быть представлен:

- в будущем временном интервале <прогноз, план>;
- в настоящем временном интервале <план, норматив, факт>;
- в прошедшем времени <факт>.

И, наконец, каждый показатель может выражаться как в абсолютных, так и в относительных единицах. Относительные единицы могут выражаться через отношения: <план/факт>, <факт/норматив>, <факт(t)/факт($t-1$)> и т.д.

С учетом вышеизложенного функциональную структуру информационной модели системы можно представить в виде схемы (рис. 4.11).

Изложенный подход ориентирует проектировщиков информационных технологий прежде всего на информационную поддержку управления целенаправленной деятельностью объекта через идентификацию его основных свойств и процессов.



Рис. 4.11. Функциональная структура информационной модели системы

4.4. Содержательные модели проектирования организационного регламента деятельности

4.4.1. Определение и классификация организационных регламентов

Технология подготовки, принятия и исполнения управленческого решения реализуется определенной структурой управления. В качестве элементарных объектов этой структуры выделим совокупность организаций, подразделений и отдельных лиц, участвующих в реализации всех этапов жизненного цикла управленческого решения, и совокупность функций управления — мероприятий, обеспечивающих реализацию заданных целевых установок. Определение отношений между объектами означает распределение функций между подразделениями и задание правил взаимодействия между подразделениями в процессе выполнения этих функций. В этом случае разработка процедуры принятия решения есть определение схемы «кто, что и когда делает» либо, в другой терминологии — определение множества подразделений, множества функций и их пространственного и временного взаимодействия по получению и реализации конечных управленческих решений.

Как правило, эти вопросы рассматриваются при проектировании и реализации регламентов управленческой деятельности и излагаются в уставе организации и должностных инструкциях. В данном случае под регламентом будем понимать конечную упорядоченную совокупность взаимосвязанных действий подразделений и отдельных должностных лиц по формированию конечных продуктов (решений) деятельности системы управления, а также документацию по их построению и исполнению.

С точки зрения документирования к предмету регламентации относятся функции, выполняемые в подразделениях, и их конкретное содержание; время и порядок выполнения; права, обязанности и ответственность участников регламента; ресурсы, требуемые для реализации регламента.

Все это может быть описано совокупностью определенных показателей, характеризующих управленческую деятельность с качественной и количественной сторон. Такими показателями могут быть, например, виды работ, действий и операций, на которые декомпозируются управленческие функции, виды перерабатываемой информации, данные, характеризующие периодичность и сроки выполнения работ, состав исполнителей, наименование объектов, попадающих в сферу внимания, и т.п. Фиксирование таких показателей в регламентах позволяет выявить и оценить полноту их отображения, обеспечить учет, контроль и анализ их реализации.

В настоящее время в литературе описываются общие, типовые, примерные и конкретные регламентационные технологии. Однако четких критериев разграничения общих и типовых регламентов не установлено. Нет и правил относительно того, какой орган может создавать технологию того или иного типа.

Общие технологии — это технологии, свойственные всем однородным субъектам и отражающие единые требования, функции, показатели, характеризующие управленческий труд. Они могут применяться, и во многих случаях

применяются, непосредственно, без разработки на их основе уточняющих технологий. Регулируя общие черты деятельности органов управления, должностных лиц, категорий работников, они могут действовать во всех областях деятельности объекта управления. Таким регламентом для высшей школы является положение о высшем учебном заведении. Применение регламентов в качестве самостоятельных не исключает возможности и необходимости в ряде случаев разработки наряду с ними конкретных технологий, в которых отражаются черты, свойственные только данному органу, должностному лицу, а общие положения могут и повторяться. Иначе говоря, общие технологии, адресованные определенному субъекту, действуют параллельно, дополняя друг друга.

Типовыми следует считать регламентационные технологии, которые устанавливают положения, требующие дальнейшей конкретизации в технологиях индивидуального назначения. «Типовой» — являющийся образцом, типом, моделью для ряда подобных случаев. Обычно такие технологии действуют в пределах одной отрасли, одной системы либо отдельного органа. Аналогом типового регламента для вуза являются «правила приема».

Регламентационные технологии, разрабатываемые в настоящее время как «примерные», наиболее правильно рассматривать как действующие временно и вводимые в целях апробации на местах, закрепляемых в общих положениях. Обязательное введение в регламентах параметров времени и исполнителей позволяет обеспечить синхронизацию деятельности как в пределах данного органа управления, так и с другими организациями. Важными принципами разработки рассматриваемых регламентов являются, кроме того, максимальное совмещение по времени и по уровням системы идентичных мероприятий и обязательное закрепление резервов рабочего времени для решения непредвиденных вопросов осуществления задач оперативного управления.

Традиционно для управления такого рода регламентами создаются временные органы (различные комиссии, оргкомитеты, рабочие группы), выполняющие набор вполне конкретных управленческих функций, содержание и организационно-технологическая схема реализации которых периодически повторяются. Будем называть такие наборы мероприятий регламентными, а совокупность управленческих функций по их реализации — управлением в регламентных ситуациях. Отсутствие постоянных органов управления ими и следующая из этого несогласованность действий руководства являются основной причиной трудностей, возникающих на этапе подготовки решений по проведению регламентных мероприятий. Эти трудности имеют субъективный и объективный характер. Причиной трудностей субъективного характера являются периодические изменения в руководстве проведением стандартных мероприятий. Это, как правило, приводит к необходимости самообучения со всеми вытекающими отсюда издержками.

К числу трудностей объективного характера следует отнести масштабность мероприятий, принципиальную сложность охвата всего комплекса работ на этапе планирования, а также сложность внесения корректировок на этапе оперативного управления. Кроме того, сложность проблемы усугубляется еще и

периодическими изменениями условий проведения мероприятий (сроки, ресурсы, дополнительные работы и т.д.).

Примерами таких регламентов могут быть организационные мероприятия: проведение выборов, праздничных и спортивных кампаний, организация нового набора в вузе и т.д.; производственно-хозяйственные: ликвидация аварийных ситуаций, подготовка к зимнему сезону объектов теплоснабжения, организация сельскохозяйственных кампаний, планирование разработки и реализации новой продукции и т.д. Вместе с тем таким мероприятиям присущи общие характерные признаки:

- периодичность (повторяемость) мероприятий;
- временная и ресурсная взаимосвязь составляющих мероприятия работ;
- относительная стабильность состава и структуры работ;
- межотраслевой характер и отсутствие постоянных органов управления;
- многовариантность стратегий реализации мероприятий.

Это позволяет использовать при автоматизации управления данными мероприятиями формальные модели и алгоритмы.

4.4.2. Проектирование организационного регламента деятельности

В общем случае будем считать, что организационный регламент деятельности представляет собой множество взаимосвязанных мероприятий, ориентированных на достижение заданных целевых результатов.

Каждое из мероприятий может иметь сложную структуру и состоять, в свою очередь, из множества «элементарных» мероприятий. Элементарность следует понимать как отношение «целого и части», т.е. каждое мероприятие может рассматриваться как самостоятельный объект моделирования, в то же время допускается вариант его декомпозиции на более «мелкие» составляющие, при этом не обязательно взаимосвязанные. Агрегирование множества элементарных мероприятий целесообразно, очевидно, при больших размерностях модели организационного регламента.

Взаимосвязи мероприятий могут иметь временную, технологическую и ресурсную компоненты.

Временная (логическая компонента) определяется условием: <следующее мероприятие может начаться по прошествии определенного времени с начала предшествующего мероприятия>. Это время назовем временем задержки и обозначим через U . При этом величина U может задаваться двумя способами:

1) величина U равна длительности выполнения предшествующих мероприятий, т.е. должно выполняться условие: последующее мероприятие наступает после завершения всех предыдущих;

2) величина U определяется как некоторое время задержки в наступлении всех предшествующих мероприятий. В этом случае последующее мероприятие наступает через время, равное максимальному времени задержки из всех предшествующих мероприятий, и величина U может задаваться просто как времен-

ная константа либо выражаться в виде некоторой функции, зависящей от состояния множества элементарных работ рассматриваемого мероприятия.

Технологическая компонента определяет функциональную взаимосвязь мероприятий и определяется условием: <последующее мероприятие начинается после полного завершения всех предшествующих мероприятий>.

И, наконец, ресурсная компонента характеризуется условием наличия внешнего ресурса для успешной реализации данного мероприятия.

Традиционный подход к проектированию и реализации любого регламентного мероприятия включает в себя следующие укрупненные стадии жизненного цикла: <подготовка, проведение, подведение итогов>.

Вместе с тем дальнейший структурный анализ (декомпозиция) этих стадий трактуется не всегда однозначно. Очевидно, что существует объективная необходимость в создании формальных процедур декомпозиции, понятных и доступных специалистам различных прикладных областей. Различные варианты таких моделей декомпозиции представлены в предыдущих разделах. Кроме того, немаловажное значение для внедрения компьютерных технологий реализации регламентных мероприятий имеют вопросы их наглядного структурного отображения.

Наглядное графическое описание и сопровождение моделей организационного регламента можно реализовать с использованием SADT-технологий, включающих три взаимосвязанных компоненты [19, 20]:

- IDEF0-модели построения функциональных моделей объектов;
- IDEF1-модели построения информационных моделей объектов;
- IDEF2-модели построения динамических моделей объектов.

В общем случае IDEF0-модель применительно к организационному регламенту состоит из набора функций и взаимосвязей между ними. Каждая из функций отображается графически в виде диаграммы, представленной на рис. 4.12. Под функцией будем понимать определенный вид деятельности по достижению целевых результатов системы. Блоки функции описывают набор взаимосвязанных мероприятий организационного регламента, а дуги (стрелки) определяют условие выполнения (реализации) данного мероприятия. При этом входящие дуги слева от блока описывают ресурсы, требующиеся для реализации функций. Входящие дуги сверху от блока являются управляющими условиями, определяющими цели и ограничения реализации функции. Управляющие условия в организационном регламенте могут задаваться в виде стандартов, инструкций, требований, заданий, нормативов, требующихся для выполнения мероприятия. Входящие дуги снизу представляют собой «механизмы» реализации функций при описании организационных регламентов. В качестве элементов таких механизмов можно рассматривать средства деятельности и исполнителей. Выходящие стрелки отображают результат выполнения функции, в данном случае множество информационных конечных продуктов (поток данных), при этом потоки могут играть роль входов управления либо механизмов для других блоков.

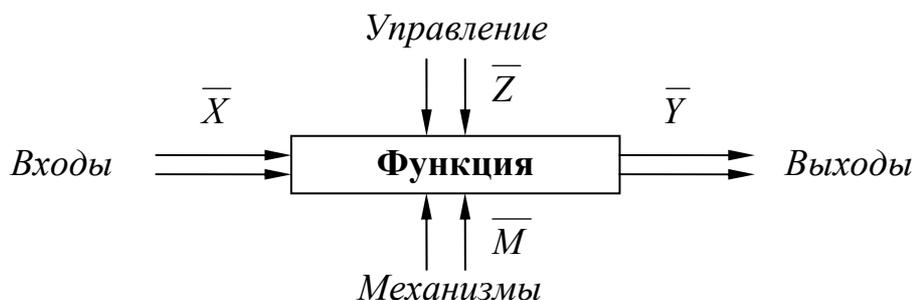


Рис. 4.12. Элементарное описание функции организационного регламента

Таким образом, модель организационного регламента деятельности может быть описана совокупностью взаимосвязанных блоков (диаграмм). При этом возможны следующие виды взаимосвязей между блоками:

- выход одного блока является управлением для другого;
- выход одного блока является входом для другого;
- выход одного блока является механизмом для другого;
- выход блока не соединяется ни с одним из блоков диаграммы данного уровня.

Первые три вида взаимодействия играют роль ограничений, фактически определяя роль технологических, временных и ресурсных зависимостей между мероприятиями. Стрелки на диаграмме определяют условия реализации блока (выполнения функции). Блок, получающий данные, не может быть реализован, пока не будут получены данные, производимые другими блоками, либо не поступят из внешней среды. При этом возможны случаи, когда несколько функций на диаграмме могут выполняться одновременно. Последняя характеристика выхода описывает один из конечных информационных продуктов исполнения регламента.

Одной из отличительных особенностей IDEF0-методологии является возможность последовательной декомпозиции некоторой обобщенной функции на совокупность более мелких. Первоначально весь организационный регламент деятельности формулируется в виде модели «черного ящика» и изображается одним блоком, имеющим интерфейсы с внешней средой.

Дальнейшая формализованная декомпозиция обобщенной функции может быть реализована с использованием описанных ранее моделей декомпозиции. При этом следует выделять формальные и материальные модели декомпозиции. Наиболее приемлемы два типа формальных моделей декомпозиции: «жизненный цикл» и «состав».

Первый тип модели декомпозиции отображает необходимое и достаточное количество этапов реализации организационного регламента от его «возникновения» до «завершения». В данном случае можно говорить о моделях:

- жизненный цикл проведения регламента — N_1 — <подготовка, проведение, подведение итогов, модернизация>;
- жизненный цикл управления регламентом — N_2 — <планирование, организация исполнения, учет, контроль, анализ, регулирование>;

- жизненный цикл информационной поддержки регламента — N_3 — <регистрация информации, сбор, обработка, отображение, хранение, защита, уничтожение>.

Вторая модель декомпозиции отображает формальный состав входов, выходов, управлений и механизмов. В этом случае можно говорить о следующих моделях:

- состав ресурсов и конечных продуктов — R_1 — <материальные, трудовые, финансовые, энергетические, информационные>;

- состав элементов внешней среды, оказывающих влияние на реализацию функции, — R_2 — <управляющие (вышестоящие), подведомственные (подчиненные), потребители конечных продуктов, поставщики ресурсов>;

- состав элементов социальной деятельности при реализации функции — R_3 — <средства деятельности, предметы деятельности, кадры, технологии деятельности>.

С учетом введенных формальных правил декомпозиции составных частей диаграммы можно формализовать и саму процедуру декомпозиции. Один из возможных формальных алгоритмов структурного анализа представлен схемой (рис. 4.13).



Рис. 4.13. Алгоритм структурного анализа диаграммы

В алгоритме допускается принципиальная возможность декомпозиции отдельного блока на диаграмме по одной из моделей типа N_i — «жизненный цикл». Наличие циклов в структурной схеме говорит о возможности поэтапной декомпозиции каждого уровня.

Очевидно, что предложенный алгоритм не может претендовать на универсальность и однозначность. Состав блоков и показателей его описания во многом определяется экспертами, проводящими декомпозицию. Вместе с тем использование при декомпозиции формальных моделей обеспечивает:

- системность декомпозиции;
- гарантию полноты множеств $\{Z, M\}$;
- формальное обоснование элементов этих множеств.

В качестве примера рассмотрим организационный регламент деятельности служб коммунального хозяйства по ликвидации аварий в системах теплоснабжения и канализации. Особенности данного рода деятельности:

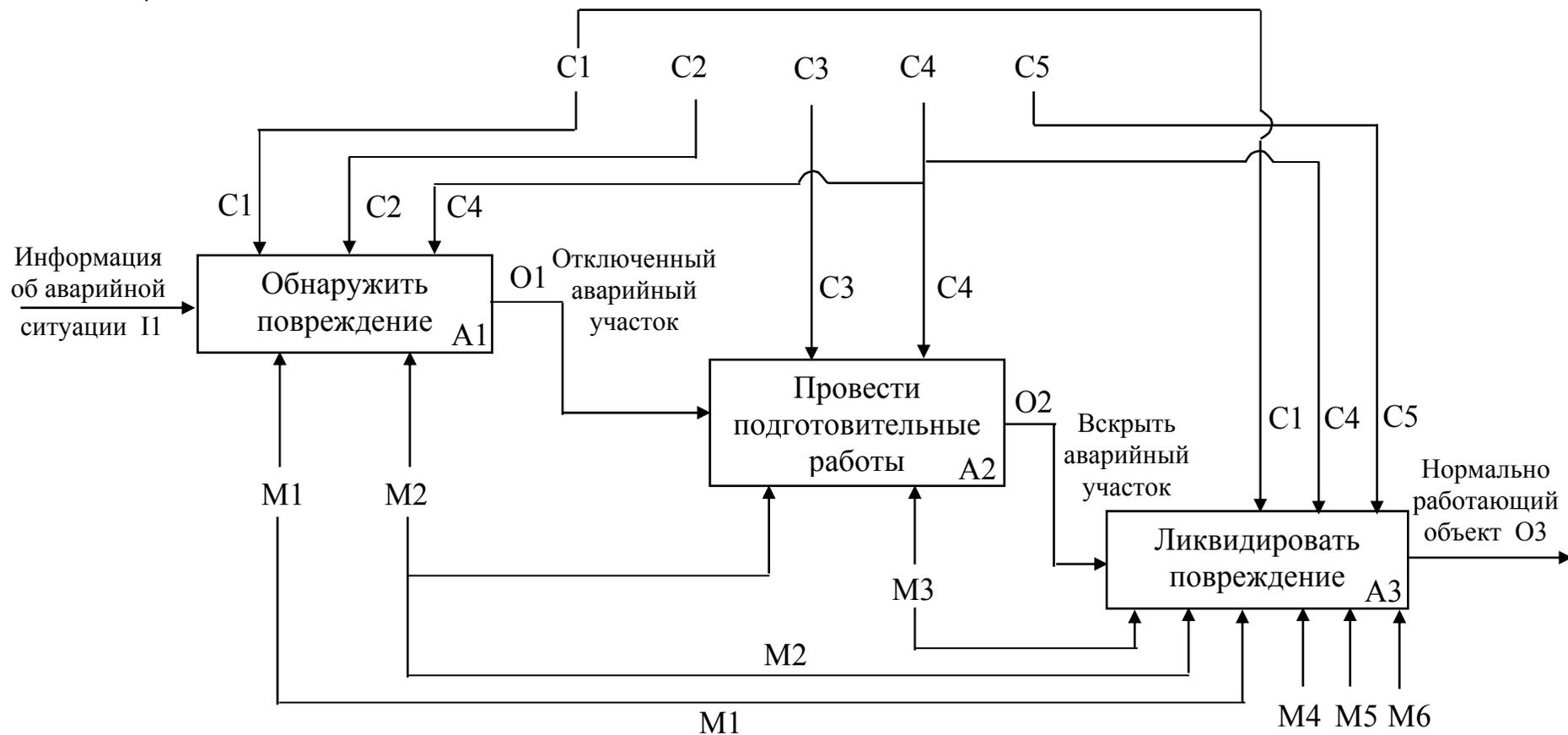
- необходимость устранения аварий в кратчайшие сроки;
- привлечение к ликвидации аварий подразделений и служб разных ведомств;
- наличие жестких инструкций, регламентирующих деятельность этих служб.

В этих условиях особое значение приобретают вопросы координации деятельности всех подразделений, участвующих в ликвидации аварии. Использование моделей структурного анализа позволяет учитывать взаимодействие различных служб, временные и ресурсные ограничения на выполнение различных этапов, организовать контроль исполнения различных этапов, повысить наглядность и компактность визуального представления всего комплекса работ. Фрагмент набора диаграмм организационного регламента деятельности по ликвидации аварий в системе водоснабжения показан на рис. 4.14–4.16.

Декомпозиция основных этапов деятельности (функций) проводилась с использованием модели N_1 , выделение механизмов реализации функции — по модели R_3 , а элементов управления — в основном по модели R_2 .



Рис. 4.14. Обобщенная диаграмма процесса



C1 — нормативные параметры водовода;
 C2 — электронная карта водовода;
 C3 — разрешение архитектора на ремонт участка;
 C4 — требование мэрии на допустимое время восстановления;
 C5 — заявка мэрии по благоустройству;

M1 — диспетчерская служба;
 M2 — аварийная бригада;
 M3 — машины, механизмы;
 M4 — необходимые материалы;
 M5 — приборы, оборудование;
 M6 — бригада по благоустройству

Рис. 4.15. Декомпозиция функции «Провести аварийно-восстановительные работы на объектах...»

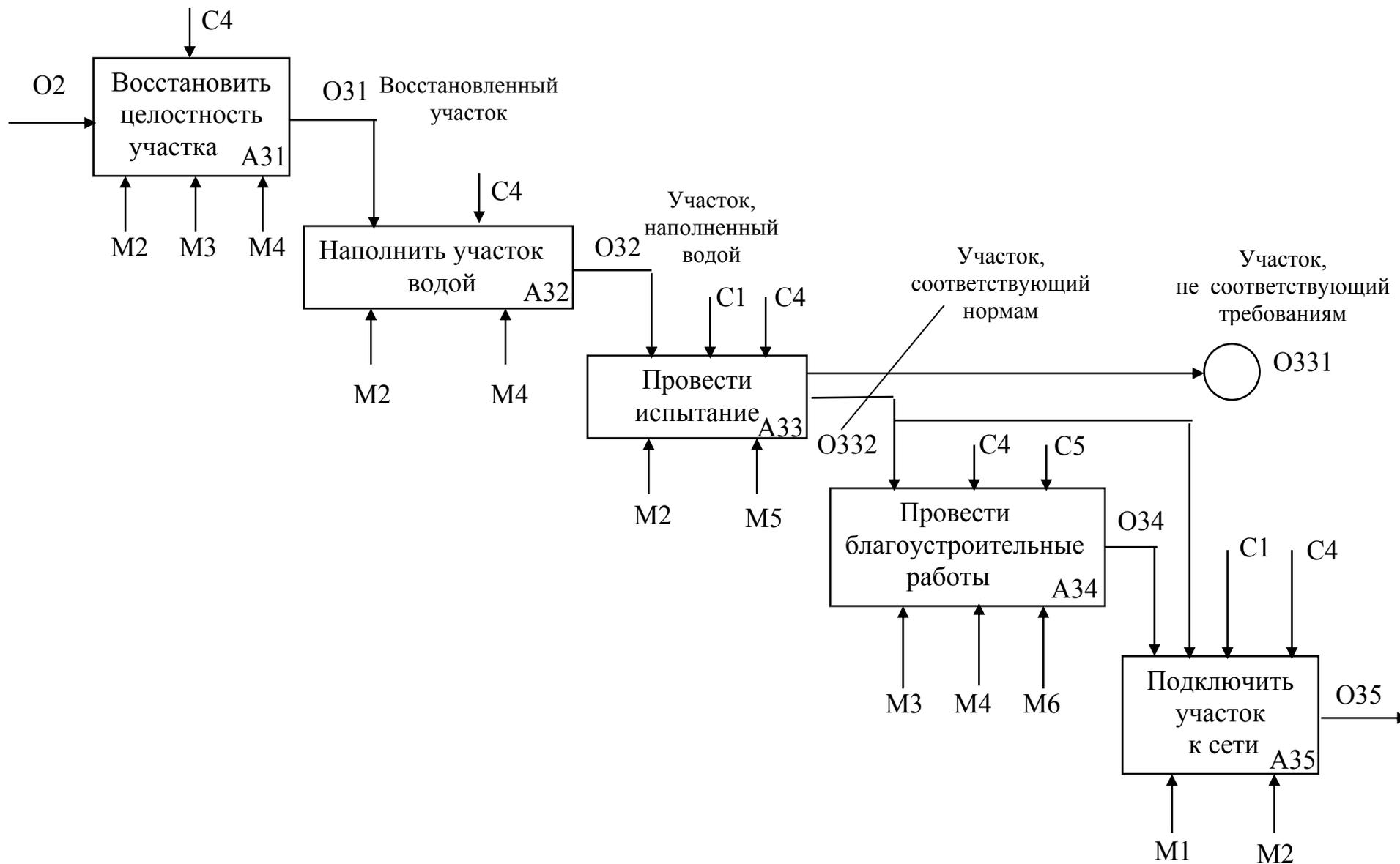


Рис. 4.16. Декомпозиция функции «Ликвидировать повреждение»

4.4.3. Моделирование организационного регламента деятельности

Динамические модели в IDEF-технологии строятся, как правило, с использованием математического аппарата сетей Петри (СП). Аргументацией для этого являются следующие положения:

- в сетях Петри естественным образом реализуются условия выбора, основанные на операциях «И», «ИЛИ»;
-
- сети Петри позволяют моделировать не только структуру процесса, но и динамику его функционирования посредством «перемещения» так называемых фишек (маркеров) из одних позиций сети в другие позиции;
- структура процесса представляется в наглядном графическом виде, что соответствует современным международным тенденциям представления информации.

При этом каждый функциональный блок IDEF0-диаграммы заменяется фрагментом сети Петри, имитирующим его работу.

В данном случае под переходом модели сети Петри будем понимать очередное «элементарное» мероприятие организационного регламента (блок на диаграмме). Множеству блоков соответствует множество переходов $T = \{t_i\}$.

Время срабатывания перехода определяется длительностью мероприятия и выполнением внешних условий.

Множество позиций $P = \{p_j\}$ определяет множество условий (входов, управлений, механизмов), выполнение которых обеспечивает начало срабатывания перехода. На входе перехода находится одна или несколько позиций. Одна позиция — в случае, если переходу непосредственно предшествует единственный поток данных. Если таких потоков несколько, то на входе перехода существует несколько позиций.

Взаимосвязи между позициями и переходами задаются функциями:

- следования — $F = \{t, p\}, (t, p) \in T \times P$;
- предшествования — $Q = \{p, t\}, (p, t) \in P \times T$.

На множестве P может быть задана также функция $M(p)$ как совокупность целых неотрицательных чисел, характеризующих количество условий в позиции p . В данном случае количество условий формализуется через количество маркеров (фишек) в позиции. Каждое условие имеет свои специфические особенности, поэтому речь идет о «раскрашенных» маркерах. Движение маркеров описывает преобразование (перемещение) потоков данных между блоками исходной диаграммы.

Таким образом, каждый функциональный блок может быть описан переходом, тремя входными позициями и набором выходных позиций.

Маркеры моделируют порции потоков данных, позиции накопления и хранения этих порций, а переходы — события, приводящие к изменению потоков данных (условий). При этом каждый тип маркеров изображен в позиции соответствующего изображения.

Каждый переход описывается множеством характеристик:

- количеством входных и выходных позиций;
- типами маркеров, количеством маркеров каждого типа в позиции;
- логической функцией срабатывания перехода.

Формальная структура формулы срабатывания перехода выглядит следующим образом: $\langle \text{предпосылки} \rightarrow \text{условия} \rightarrow \text{заключение} \rangle$, и выражается через логические функции:

- союзы — $\langle \text{И, ИЛИ, НЕ} \rangle$ — $\langle \&, \vee, \neg \rangle$;
- квантеры существования — $\langle \text{ЕСЛИ...ТО} \rangle$ — $(A \rightarrow B)$;
- всеобщности — $\langle \text{ДЛЯ ВСЕХ} \rangle$ — \forall , $\langle \text{ДЛЯ НЕКОТОРЫХ} \rangle$ — \exists .

В этом случае динамика процесса функционального регламента воспроизводится через описание каждого перехода некоторой логической функцией, описывающей условия срабатывания перехода.

Особенностью временных сетей Петри является то, что маркеры покидают входные позиции переходов в начальный момент их активизации и появляются в выходных позициях по завершению процесса срабатывания переходов, спустя некоторое время. На период срабатывания перехода маркеры как бы находятся в них. Функции задержки, определяющие моменты активизации и срабатывания перехода, задаются в виде временных констант $\tau(t_i)$.

Это обстоятельство следует учитывать при распределении маркеров по сети в процессе смены ее состояния. Поскольку маркеры сосредотачиваются не только в позициях, но и в переходах, пространство состояния временной сети Петри дополняется еще одним множеством $T(p)$, элементы которого определяются как совокупность целых неотрицательных чисел, характеризующих наличие фишек внутри перехода. С этой точки зрения переходы могут быть завершенными, активными, ненаступившими.

Таким образом, моделирование организационного регламента с использованием аппарата сетей Петри предполагает первоначальное задание кортежа $Z = \langle T, P, F, Q, M(p), T(p) \rangle$ и изменение его характеристик по мере изменения состояния системы.

В общем случае задача моделирования организационного регламента деятельности состоит из построения нормативной модели организационного регламента, его моделирования и организации эффективной системы контроля выполнения данного регламента.

Решение первой задачи предполагает создание текстовой базы данных, адекватно описывающей организационный регламент, представление ее в графической модели и отображение на экране в виде временной сети Петри. Для графического представления временных СП-моделей разработан способ наглядного изображения временных сетей Петри, заключающийся в следующем [27]. Считается, что ось времени вертикальна. Каждое мероприятие соответствует некоторому переходу в графической модели сети Петри и характеризуется временем возможного начала выполнения и временем завершения выполнения. Эти времена отмечаются на оси времени. С использованием этих отметок изо-

бражается переход в виде вертикально ориентированного прямоугольника, высота которого соответствует длительности соответствующего этапа. Описание нормативной модели должно адекватно отображать множества, заданные кортежем Z .

Так, например, множество T описывается следующей системой показателей: наименование мероприятия; исполнители; временные характеристики (длительность выполнения, время начала и окончания); технологические, временные и ресурсные взаимосвязи.

При этом в общем случае временные характеристики могут задаваться:

- 1) длительностью каждого мероприятия и временем начала организационного регламента в целом;
- 2) длительностью и директивным временем окончания регламента;
- 3) длительностью каждого мероприятия, временем начала и окончания каждого из них.

Очевидно, что первые два варианта требуют разработки алгоритмического обеспечения расчета временных параметров. Кроме того, каждое из мероприятий может состоять из множества элементарных работ, которые в общем случае также могут задаваться временной сетью Петри.

Множество P содержит описание условий срабатывания соответствующих переходов. Одним из таких условий является наличие к моменту начала следующего мероприятия необходимого и достаточного количества ресурсов. Ресурсные характеристики описываются в этом случае такими показателями, как наименование ресурса и количество ресурса. При этом ресурсы считаются либо заданными, либо их поступление ожидается при определенных условиях (например, к определенному времени). Другие виды условий связаны, очевидно, с временными либо технологическими моментами определения начала запуска последующего перехода.

Множества P и Q содержат описание взаимосвязей позиций и переходов и должны задаваться либо в матричном виде, либо в виде списков. И, наконец, множества $M(p)$ и $T(p)$ отражают текущее состояние сети Петри, связанное с движением маркеров.

Моделирование организационного регламента предполагает постановку и реализацию следующих задач:

- периодического изменения состояния сети Петри путем перемещения фишек;
- изменения пользователем временных либо ресурсных характеристик соответствующего мероприятия.

Первая задача, очевидно, может быть сведена к алгоритмам маркировки сетей Петри и заключается в том, что начальная маркировка M_0 соответствует начальному состоянию сети. Переход считается возбужденным (мероприятие активным), если все условия его наступления соблюдены (во всех позициях фишки помечены). Условия срабатывания перехода могут быть заданы различным образом, например в выходных позициях перехода фишки появляются сразу после того, как пользователь отметит выполнение любой из работ,

входящих в соответствующий данному переходу этап деятельности. Отметка о выполнении остальных работ данного этапа осуществляется пользователем в течение времени, отведенного для данного этапа. Это необходимо для того, чтобы избежать тупиковых ситуаций по времени срабатывания для следующих «параллельных» переходов. В случае истечения срока выполнения этапа и наличия в нем невыполненных работ пользователь получит предупреждение и возможность принять решение о дальнейших действиях. В любом случае в выходных документах будут отмечены все отклонения от регламента и список ответственных лиц, если такой список был создан при составлении модели регламента.

Окончание мероприятия порождает новое множество условий (позиций), в том числе время возбуждения следующего перехода, требуемое количество ресурсов и т.д.

Таким образом, построенная модель отражает не только взаимное расположение этапов во времени, но и их взаимосвязи, более того, такая модель может отражать текущее состояние моделируемого процесса посредством фиксации расположения фишек в позициях и, следовательно, может служить средством корректировки и контроля за моделируемым процессом.

Корректировки могут быть связаны со следующими причинами:

- необходимостью внесения изменений о ходе выполнения элементарных работ внутри мероприятий;
- необходимостью видоизменения внешних условий, в том числе поступлением либо неполучением ресурсов;
- необходимостью с некоторого момента $t = t_{\text{крит}}$ изменить временные характеристики отдельного мероприятия либо группы мероприятий.

В последнем случае, очевидно, требуется скорректировать исходные текстовые базы данных и получить новое графическое отображение временной сети Петри.

И, наконец, третья группа задач, реализация которых возможна на временной сети Петри, связана с организацией многоаспектного контроля исполнения организационного регламента. В этом случае в качестве многооконного входного меню используется графическая модель сети Петри, управляющими параметрами которой являются дискретные моменты времени на временной оси. При этом задание параметра текущего системного времени позволяет на начальном этапе контроля выделить выполненные, активные и невыполненные мероприятия. На следующем шаге, выбрав то либо иное мероприятие, пользователь получает доступ к текстовой базе данных, описывающей данное мероприятие, имеет возможность корректировать ее.

Кроме того, в системе предусматривается процедура многоаспектных выборов по исполнителям; используемым ресурсам; мероприятиям, выполненным с нарушением сроков и т.д.

На рис. 4.17 представлен фрагмент модели организационного регламента деятельности по проведению аварийно-восстановительных работ в системе водоснабжения, описанной в предыдущем пункте.

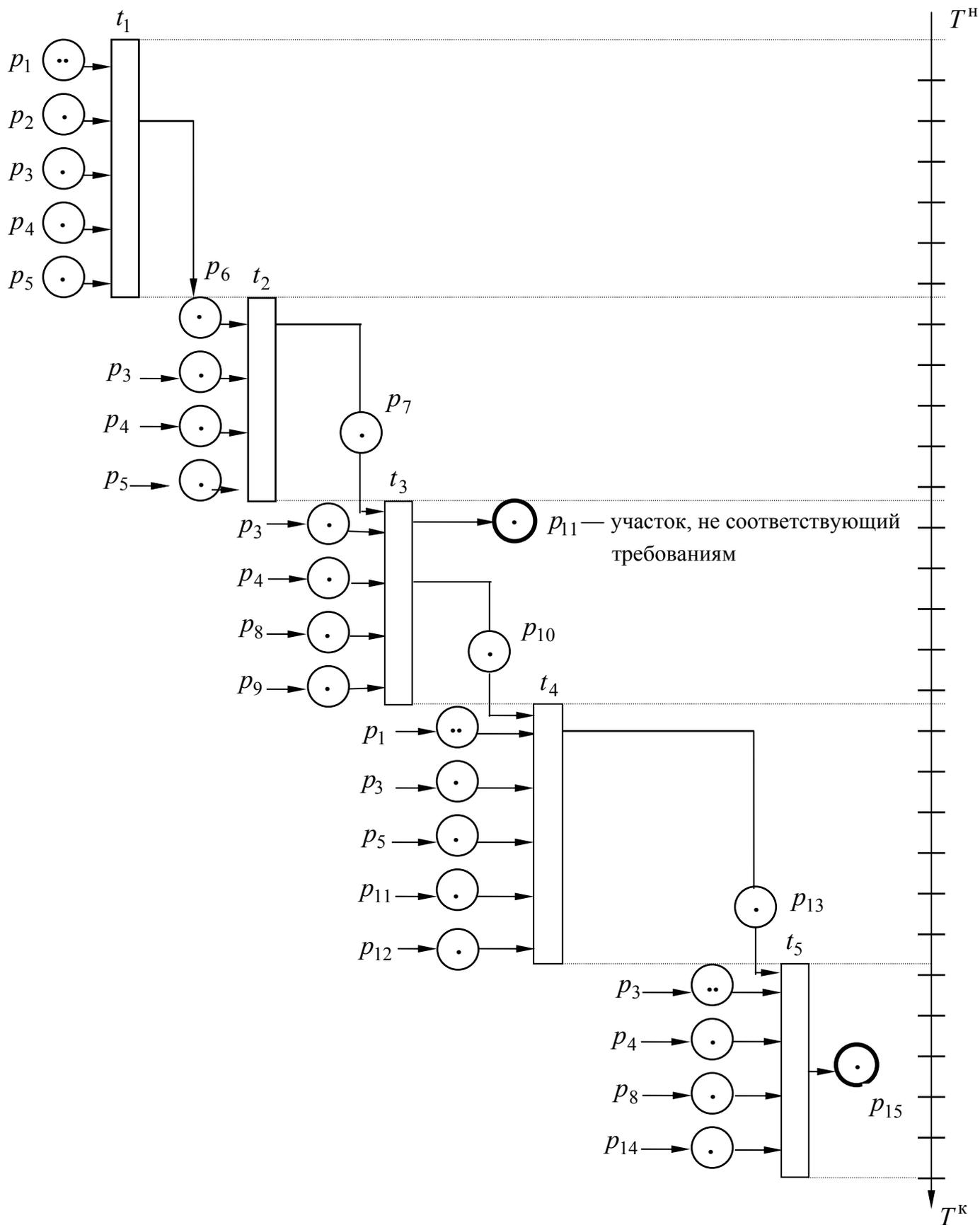


Рис. 4.17. Структура сети Петри по реализации функции «Ликвидировать повреждение»

Взаимосвязи элементов сети Петри интерпретируются следующим образом:

$t_1 = \overline{\{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}}$ — переход «Восстановить целостность участка»;

где p_1 — строительные материалы;

p_2 — локализованный аварийный участок;

p_3 — возможное время начала выполнения функции;

p_4 — аварийная бригада;

p_5 — машины, механизмы;

$t_2 = \{p_3, p_4, p_5, p_6\}$ — переход «Наполнить поврежденный участок водой»;

где p_6 — восстановленный аварийный участок;

$t_3 = \{p_3, p_4, p_8, p_9, p_{11}\}$ — переход «Провести испытание»;

где p_7 — наполненный водой восстановленный участок;

p_8 — информация о нормативных параметрах;

p_9 — приборы и оборудование для проведения испытаний;

p_{10} — участок, соответствующий нормативным требованиям;

$t_4 = \{p_1, p_3, p_{11}, p_{12}\}$ — переход «Провести благоустроительные работы»;

где p_{11} — заявка на благоустройство восстановленного участка;

p_{12} — бригада по благоустройству;

$t_5 = \{p_3, p_4, p_8, p_{13}, p_{14}, p_{15}\}$ — переход «Подключить участок к сети водоснабжения»;

где p_{13} — закрытый грунтом восстановленный участок;

p_{14} — диспетчерская служба;

p_{15} — нормально работающий объект.

Контрольные вопросы

1. Дайте понятие декомпозиции, приведите примеры системной декомпозиции при подготовке к экзамену.

2. Перечислите известные Вам модели декомпозиции и прокомментируйте наиболее предпочтительные области их применения.

3. Дайте понятие «дерева целей», приведите достоинства и недостатки представления результатов декомпозиции в виде иерархических структур.

4. Опишите алгоритм построения «дерева целей» и продемонстрируйте его работоспособность на конкретном примере.

5. Раскройте содержание автоматизированных информационных технологий управления.

6. Приведите алгоритм нормативного определения множества информационных технологий управления и продемонстрируйте его работоспособность.
7. Перечислите и прокомментируйте основные этапы нормативного проектирования информационной модели объекта исследования.
8. Проясните использование содержательной модели информационного описания системы на примере выбора и обоснования состава показателей в АРМ руководителя.
9. Дайте классификацию организационных регламентов деятельности, приведите примеры по каждому типу регламентов.
10. Поясните технологию проектирования информационных регламентов с использованием IDEF0-моделей, приведите пример организационного регламента деятельности студента при подготовке и сдаче экзамена.
11. Приведите постановку задачи динамического моделирования организационного регламента с использованием математического синтеза сетей Петри.
12. Перечислите и прокомментируйте основные этапы управления в стандартных ситуациях с использованием моделей организационного регламента деятельности.

5. ЛОГИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

5.1. Основные понятия и функциональная структура логистики

Термин «логистика» происходит от греческого слова «logistike», что означает искусство вычислять, рассуждать. В период Римской Империи под логистикой понимались правила распределения продовольствия. Впоследствии логистика определялась как искусство снабжения армии и управления ее перемещением.

Наука логистика стала формироваться после проникновения в сферу экономики как новый вид теории об управлении движением товарно-материальных потоков. В последнее время появилось достаточно много учебной литературы, посвященной этой теме. Наиболее полное определение логистики как науки выглядит следующим образом: *логистика — наука о планировании, организации, контроле и регулировании движения материальных, финансовых и информационных потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя*. При этом предполагается, что все процессы в целом должны быть направлены на повышение эффективности производства: увеличение товарооборота, снижение издержек, максимизацию прибыли.

На рис. 5.1 представлен классический вариант движения материальных, информационных и финансовых потоков между продавцом и покупателем при безналичной форме оплаты за товар.

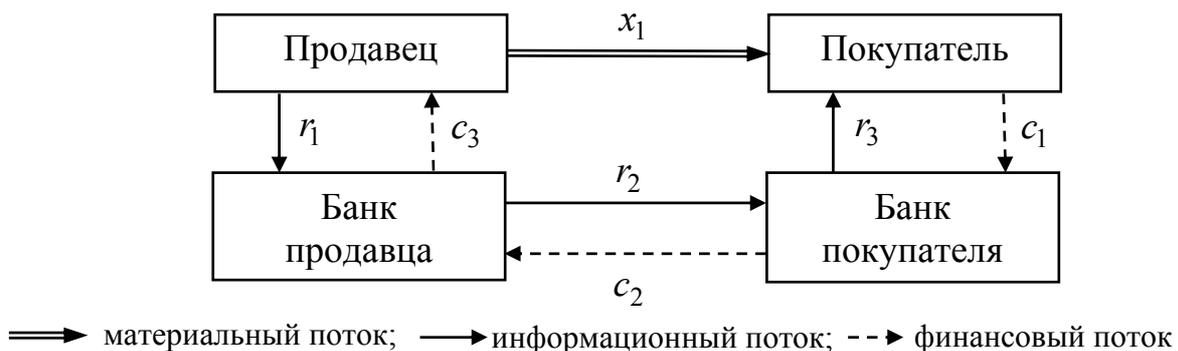


Рис. 5.1. Схема движения материального (движение товаров), финансового (движение денег) и информационного (движение платежных документов) потоков при безналичной форме расчетов

В отличие от существовавших систем оперативного управления производством, диспетчерских систем и других служб, ориентированных на выполнение каждым структурным подразделением конкретной функции управления, логистический подход трактуется как сквозное управление материальными и связанными с ними информационными и финансовыми потоками независимо

от административных и экономических взаимоотношений подразделений, участвующих в производственном процессе. Естественно, что такой подход требует жестких юридических норм, определяющих взаимоотношения структур, не находящихся в прямой административной подчиненности.

Многие авторы отмечают, что предметной областью логистики может являться не только производственная, но и другие виды деятельности: финансовая, коммерческая, учрежденческая, инновационная и т.д. При этом использование логистики для любого вида деятельности предполагает эффективное управление выпуском (производством) конечных продуктов системы на всех этапах жизненного цикла их существования. Однако большинство имеющихся публикаций по этой тематике посвящено в основном описанию предмета исследования с точки зрения «что надо делать», а не «как это делать», т.е. открытыми остаются следующие проблемы:

- выделение логистической системы из среды;
- определение множества элементов логистической системы;
- определение множества этапов жизненного цикла производства конечных продуктов логистической системы.

Раскроем эти вопросы с точки зрения системного анализа, используя понятия системы, среды, состава, структуры, функций, моделей декомпозиции. При этом последовательно рассмотрим материальные, финансовые и информационные потоки логистической системы.

Выделение *логистической системы* является одним из базовых вопросов логистики. Понятие системы следует выражать через совокупность взаимосвязанных материальных элементов, участвующих в технологическом процессе и ориентированных на достижение конкретных целевых результатов. Тогда с учетом терминов и определений системного анализа определим логистическую систему как *совокупность взаимосвязанных хозяйствующих субъектов*, обеспечивающих выпуск и доведение до потребителя конечных продуктов в заданном ассортименте и в установленный срок, с требуемым качеством и минимальными суммарными издержками. Очевидно, что минимальное количество хозяйствующих субъектов в случае торгово-закупочной логистической системы равно двум:

<поставщик — потребитель > ,

а в случае производственной системы — трем:

<поставщик — производитель — потребитель > .

Как и любая система, логистическая система может быть декомпозирована на ряд более мелких частей — подсистем.

Первичным системообразующим понятием логистики является понятие *материального потока*, что означает последовательную переработку и перемещение в пространстве и во времени исходных материальных ресурсов в готовую продукцию, доставленную до конкретного потребителя.

В качестве материальных ресурсов в логистике рассматривают предметы труда: исходное сырье, основные и вспомогательные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, сборочные единицы и, наконец, саму готовую продукцию, не доведенную до потребителя (незавершенное производство). В случае, если материальный поток не находится в состоянии переработки либо перемещения в пространстве, вводится понятие *запаса материальных ресурсов*. Как правило, полная спецификация нормативных материальных ресурсов, требующихся для производства определенного конечного продукта, содержится в технологической документации, так называемых технологических картах.

Математическое описание материального потока производится, как правило, с помощью балансовых уравнений, приведенных в соответствующем подразделе раздела 1.

По аналогии с классическим определением технологического процесса материальный поток может быть представлен как:

- определенная последовательность переработки и перемещения;
- способ переработки и перемещения;
- формальное описание последовательности и способов переработки и перемещения.

Тогда по аналогии с понятием функции в системном анализе *логистической функцией* будем называть определенную последовательность видов деятельности над элементами материального потока. Очевидно, что первичными базовыми логистическими функциями любой производственной системы будут являться функции, показанные на рис. 5.2.

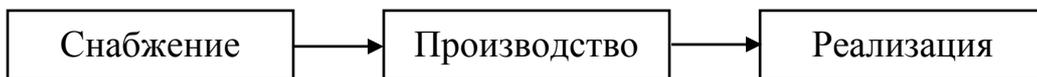


Рис. 5.2. Базовые логистические функции

При этом нормативное множество логистических функций может быть определено с помощью модели декомпозиции типа «жизненный цикл».

На рис. 5.3 предложен один из вариантов модели безотносительно к особенностям конкретного производства.

Каждый из выделенных элементов при необходимости может быть разбит на более элементарные составляющие.

Следующим понятием логистики является понятие *логистической операции*. При этом в большинстве учебников логистическая операция определяется только как логистическая функция, не подлежащая дальнейшей декомпозиции. Вместе с тем очевидно, что при описании логистической операции необходимо определить, какой элемент материального ресурса подлежит переработке, кто производит переработку либо где происходит переработка, каковы временные параметры операции и т.д.

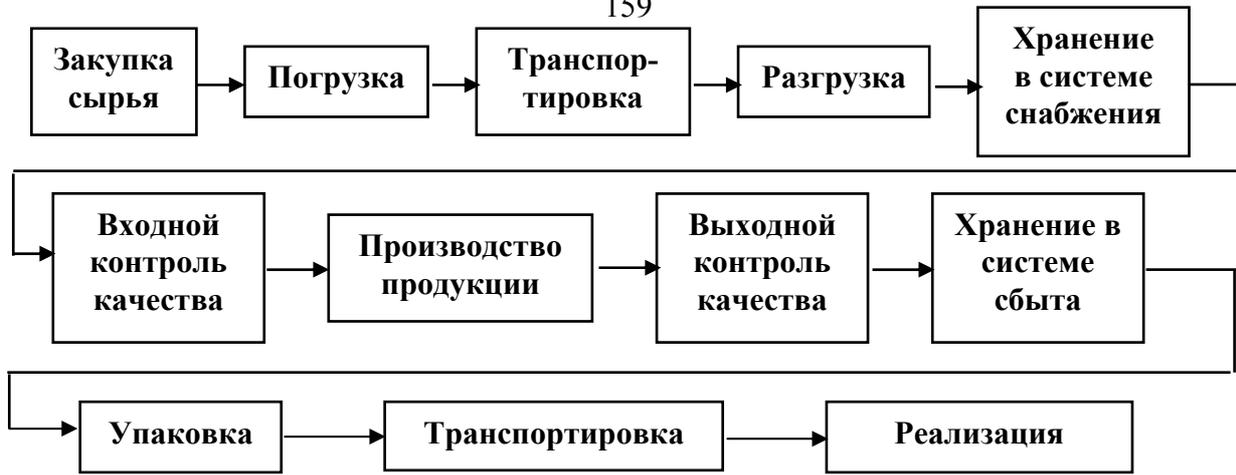


Рис. 5.3. Модель декомпозиции логистического процесса

С учетом вышеизложенного каждую логистическую операцию предлагается описывать следующим кортежем:

$$X_j = \langle J, P_j, Q_j, T_j, Z_j, U_j \rangle,$$

где J — наименование технологической операции;

P_j — наименование материального элемента потока;

Q_j — количество материального элемента;

T_j — время доставки на j -ю операцию;

Z_j — нормативные затраты (издержки) на j -ю логистическую операцию;

U_j — участник j -й логистической операции.

В учебной литературе все множество логистических операций предлагается разбивать на нижеперечисленные группы:

- операции с переходом либо непереходом права собственности материального элемента потока к другому участнику;
- операции по изменению потребительских свойств элементов материального потока;
- операции по перемещению элементов материального потока в пространстве и (или) во времени.

Синхронизация материальных и информационных потоков объективно требует декомпозиции и самого информационного потока. В этом случае информацию как специфический конечный продукт логистической системы можно описать в виде модели типа «жизненный цикл» (рис. 5.4).

Очевидно, что каждая логистическая операция материального потока с точки зрения управления должна быть рассмотрена как первичный источник информационного потока с позиций представленной выше модели.

И, наконец, требование минимизации суммарных издержек функционирования логистической системы требует эффективной системы управления финансовыми потоками, ориентированной прежде всего на своевременное и точное определение затрат на каждой логистической операции, приводящих впоследствии к минимизации совокупных издержек в логистической системе.

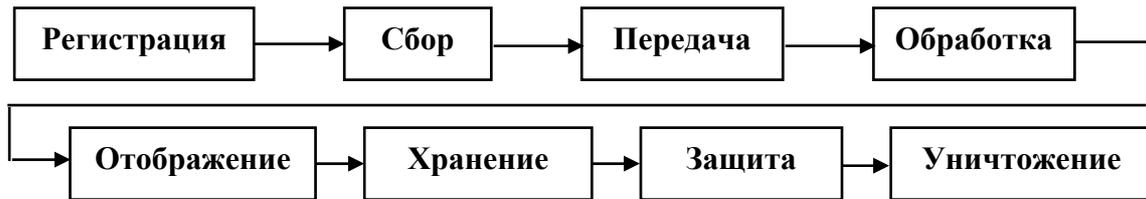


Рис. 5.4. Модель жизненного цикла информационного потока

В этом случае множество нормативных логистических операций финансового потока зависит от принятой схемы взаиморасчетов между поставщиком, потребителем и другими участниками материального потока: наличный расчет, безналичный расчет, кредит, товарный взаимозачет, страхование и т.д. В каждом случае кроме движения финансовых ресурсов важная роль должна отводиться бухгалтерскому и финансовому учету и анализу.

Участники материального потока — множество экономически и(или) функционально обособленных объектов (физических, юридических лиц), выполняющих определенный набор логистических операций — называются в логистике *логистическими звеньями*. Элементарным звеном в логистической системе называется элемент, не подлежащий дальнейшей декомпозиции, выполняющий свою локальную цель, связанную с определенными логистическими функциями или операциями.

С точки зрения изменения (преобразования) материального потока необходимо выделять *генерирующие, преобразующие, поглощающие и смешанные звенья* [30, 31].

В качестве звеньев в логистической системе могут выступать предприятия-поставщики материальных ресурсов; производственные подразделения, сбытовые, посреднические, торговые организации; транспортные и складские структуры; финансовые учреждения и т.д. В этом случае любая логистическая система состоит из совокупности элементов-звеньев, между которыми установлены определенные функциональные связи и отношения. Если определенные звенья логистической системы не входят в структуру фирмы-производителя, то для нее издержки партнеров выступают как плата за посреднические услуги (перевозка, погрузка, разгрузка, складирование, хранение и т.д.).

По аналогии с «технологическим маршрутом изготовления изделий» в логистике выделяют *логистические цепи* как линейно упорядоченную совокупность логистических операций (или функций), обеспечивающих получение определенного вида конечного продукта. Правомочность такого выделения заключается в желании сгруппировать логистические операции и соответствующие им издержки с целью получения оптимального варианта решения. В этом случае можно говорить о полном множестве вариантов построения логистических цепей и оптимальной логистической цепи получения конкретного конечного продукта.

Полное множество звеньев логистической системы, взаимосвязанных между собой по материальным, информационным и финансовым потокам, называется *логистической сетью*. В качестве формального аппарата описания логистических сетей целесообразнее использовать SADT-технологии. В этом случае речь идет о создании функциональной графической модели материального потока логистической системы, в которой каждая логистическая операция описывается в виде диаграммы, представленной на рис. 5.5.



Рис. 5.5. Формальная графическая модель логистической операции

Входные потоки описывают материальные ресурсы, необходимые для выполнения операции; вектор управления определяет стандарты, нормативы, инструкции; механизмы описывают участников логистической операции и, наконец, выход модели представлен выходным материальным потоком логистической операции. Такое графическое представление отдельной логистической операции имеет вполне конкретную интерпретацию: исходное сырье (материалы) преобразуется в промежуточный либо конечный продукт системы; управление ограничивает либо предписывает условия реализации операции, а механизмы показывают, кто выполняет эту операцию.

Одной из отличительных особенностей IDEF0-методологии является возможность последовательной декомпозиции материального потока на совокупность более мелких составляющих. При этом первоначально весь материальный поток может быть представлен в виде модели «черного ящика», а дальнейшая декомпозиция производится с использованием определенных моделей декомпозиции, принятых в системном анализе. В качестве примера рассмотрим простейшую логистическую цепь, состоящую из взаимосвязанных логистических операций (функций): производство, транспортировка, потребление (рис. 5.6), где z_1, z_2, z_3 — соответствующие звенья логистической цепи [31].



Рис. 5.6. Простая логистическая цепь

Дальнейшая декомпозиция простой логистической цепи поставки (продажи) товара покупателю позволяет выделить элементарные логистические функции:

- подготовку продукции к транспортировке,
- затаривание,
- погрузку,
- транспортировку,
- разгрузку,
- входной контроль и прием продукции у покупателя.

Каждой логистической операции соответствуют определенные издержки поставщика, которые принято условно разбивать на издержки **снабжения, транспортировки, производства и сбыта**. При этом если некоторые элементарные логистические функции могут выполняться различными звеньями логистической системы (например, погрузку и разгрузку товара могут выполнять как поставщик, так и перевозчик), то возникает задача оптимального выбора (закрепления) логистической функции за звеньями по критерию минимизации общих издержек. При наличии нескольких альтернативных вариантов транспортировки может возникнуть задача как выбора вида транспортных средств (автомобильный, водный, воздушный, железнодорожный транспорт), так и конкретных транспортных организаций.

Альтернативный вариант реализации простой логистической цепи, представленной на рис. 5.6, с учетом появления двух новых звеньев: z_4 — торгового посредника и z_5 — финансовой структуры, представлен на рис. 5.7.

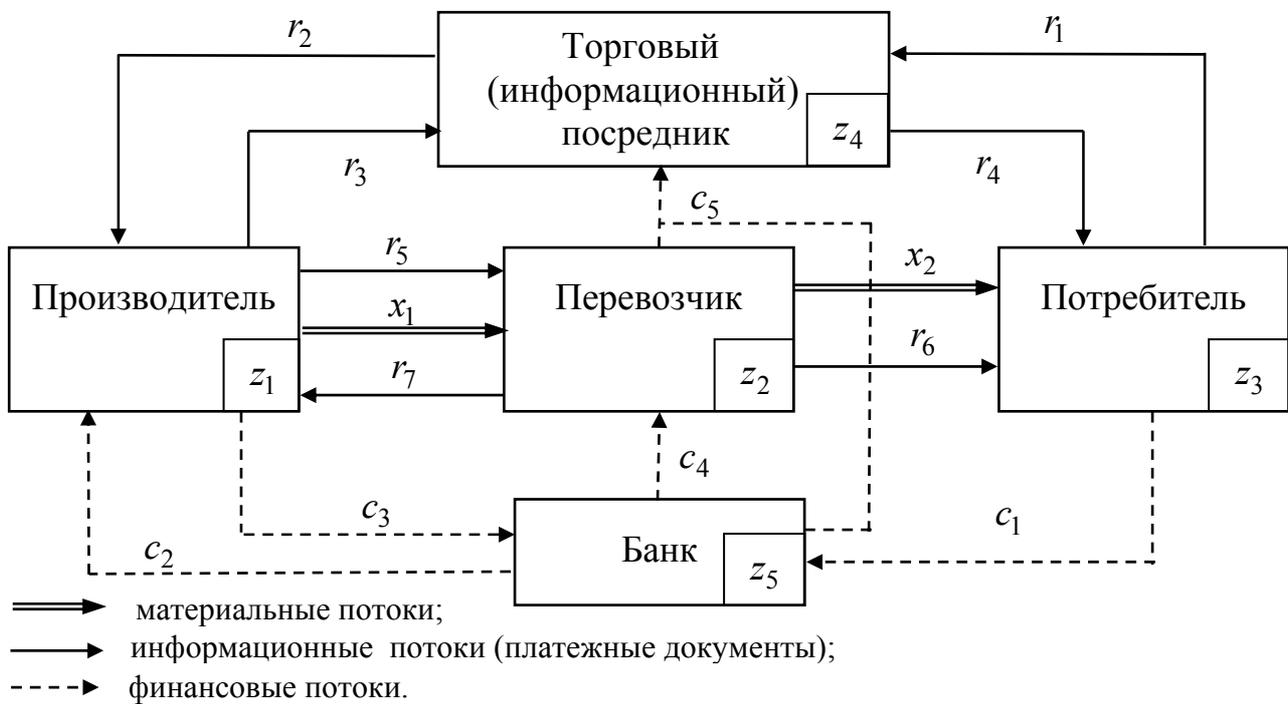


Рис. 5.7. Схема взаимодействия материальных, информационных и финансовых потоков логистической цепи, представленной на рис. 5.7.

Логистические функции по материальным, информационным и финансовым потокам

Материальные потоки		Информационные потоки		Финансовые потоки	
Обозначение	Логистическая функция	Обозначение	Логистическая функция	Обозначение	Логистическая функция
x_1	Погрузка продукции	r_1	Подача заказа на товар	c_1	Оплата товара покупателем (предоплата)
		r_2	Обработка заказа и передача его производителю (продавцу)	c_2	Получение денег за товар от покупателя
		r_3	Оформление счета на товар	c_3	Оплата производителем услуг перевозчика, посредника, банка
		r_4	Передача счета на товар для оплаты покупателю	c_4	Получение денег за транспортировку перевозчиком
x_2	Транспортировка продукции	r_5	Оформление документов на груз для перевозчика	c_5	Получение денег за услуги торговым (информационным) посредником
		r_6	Регистрация грузовых документов покупателем		
		r_7	Выставление счета за перевозку производителю		

Один из вариантов полной логистической цепи, реализующей схему на рис. 5.7, представлен на рис. 5.8.

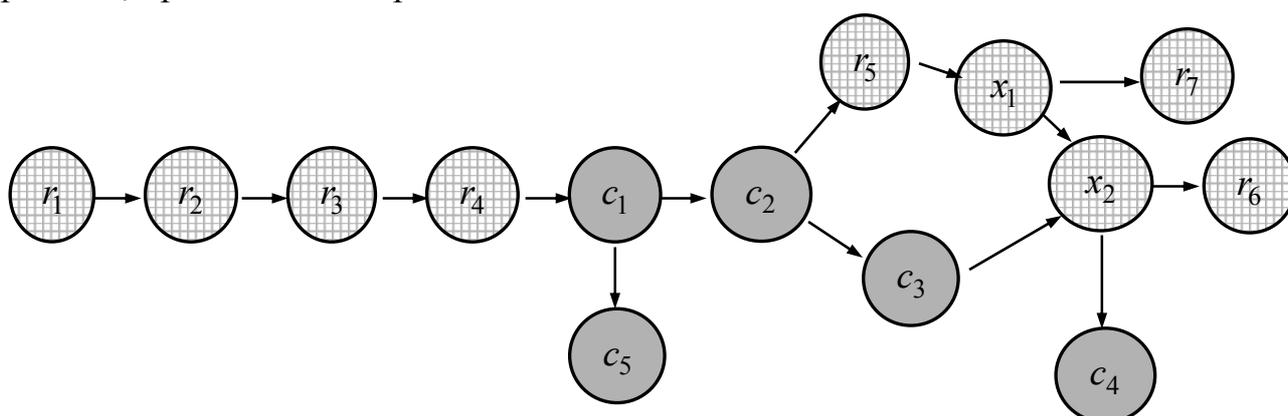


Рис. 5.8. Вариант логистической цепи при наличии финансовой структуры и торгового посредника

Проблемы построения и эффективного использования логистических цепей по материальным, информационным и финансовым потокам связаны с отсутствием изоморфизма между ними. Это можно объяснить несинхронностью движения материальных потоков и порожденных ими информационных и фи-

нансовых потоков. Так, например, информация о том, что товар отгружен и находится в пути, приходит покупателю раньше, чем сам товар. Процесс купли-продажи товара по безналичному расчету также связан с несовпадением финансовых и материальных потоков.

Эта ситуация требует постоянного внимания как специалистов логистических служб, так и центров финансового учета. Эффективным инструментальным средством решения этих проблем могут стать комплексные динамические модели материального, информационного и финансового потоков, реализованные с использованием математического аппарата сетей Петри.

5.2. Типовые логистические функции

Среди логистических функций на уровне организации бизнеса будем выделять базисные, ключевые и поддерживающие (рис. 5.9) [31]. К **базисным логистическим функциям** относятся *снабжение, производство и сбыт*. Действительно, указанные три логистические функции осуществляются практически любым товаропроизводителем. В качестве **ключевых логистических функций** выделяют: *управление качеством, управление закупками, транспортировку, управление запасами, управление процедурами заказов, оперативное управление производством, ценообразование, физическое распределение*.

Функция управления качеством призвана обеспечить заданный уровень качества выпускаемой продукции, входной контроль поступающих материальных ресурсов, организацию гарантийного сервисного обслуживания. Работы рекомендуется проводить с использованием серии международных стандартов ISO 9000, предусматривающих среди прочих мероприятий обязательную сертификацию товаров и услуг.

Организация и управление закупками рассматриваются в составе закупочной логистики, включающей в себя набор логистических функций:

- выбор поставщиков;
- определение потребности в материальных ресурсах;
- определение оптимальных сроков и объемов поставок;
- организацию и планирование закупок;
- организацию функционирования системы снабжения.

Важность процедур закупок объясняется еще и тем, что факторы времени и размещения поставщиков, качество материальных ресурсов оказывают большое влияние на величину общих логистических издержек.



Рис. 5.9. Схема-классификация логистических функций и операций

Одной из ключевых комплексных логистических функций является **транспортировка**. Это объясняется прежде всего тем, что без транспортировки практически не существует материального потока. При этом сам процесс транспортировки рассматривается в более широком плане, чем собственно перевозка грузов как совокупность процессов перевозки, погрузки-разгрузки, экспедирования и других сопутствующих логистических операций. Управление транспортировкой обычно предполагает решение таких задач, как выбор транспортного предприятия и экспедитора, выбор вида транспорта, определение рациональных маршрутов перевозок и т.д.

Управление запасами материальных ресурсов и готовой продукции представляет собой процесс создания, контроля и регулирования уровня запасов в снабжении, производстве и сбыте продукции. Если при транспортировке продукции решающее значение имеет фактор места, то при управлении запасами — фактор времени. Обычно всегда имеется определенная потребность в запасах материальных ресурсов и готовой продукции, играющих роль буфера между поставщиками материальных ресурсов и производством, с одной стороны, и между производством и потребителями готовой продукции — с другой. Снижая риск возникновения дефицита материальных ресурсов в процессе производства продукции или неудовлетворенного спроса на готовую продукцию у потребителей, запасы в то же время играют негативную роль в экономике, замораживая финансовые ресурсы организаций бизнеса в больших объемах товарно-материальных ценностей, поэтому важнейшей задачей логистического управления является оптимизация уровня запасов в логистических сетях и системах при обеспечении требуемого уровня надежности обслуживания потребителей.

Логистическая **функция оперативного управления производством** (управление производственными процедурами) заключается в оптимальном управлении потоками материальных ресурсов и незавершенного производства.

При этом основными логистическими операциями по управлению материальными потоками являются:

- формирование оперативно-календарных планов движения материального потока;
- учет, контроль и анализ выполнения планов;
- оперативное регулирование материальных потоков;
- расчет оптимального уровня запасов материальных ресурсов и незавершенного производства;
- определение календарной потребности в материальных ресурсах.

Логистическая **функция управления процедурами заказов** определяет порядок получения и обработки заказов потребителей, периоды времени получения готовой продукции и отгрузки ее потребителям, организацию работы распределительной сети, транспортных и торговых посредников.

Логистическая **функция ценообразования** тесно связана с маркетинговой и логистической стратегиями фирмы-производителя продукции. Логистическая

стратегия задает уровень общих логистических издержек, составляющих базу цены готовой продукции, а от маркетинговой стратегии зависит планируемый уровень рентабельности и окончательная цена продажи готовой продукции потребителю, определяемая конъюнктурой рынка, уровнем цен конкурентов и прогнозами спроса.

К *поддерживающим логистическим функциям* обычно относят:

- складирование;
- грузопереработку;
- защитную упаковку;
- обеспечение возврата товаров;
- обеспечение запасными частями и сервисное обслуживание;
- сбор возвратных отходов.

Складирование представляет собой логистическую функцию управления пространственным размещением запасов и предусматривает:

- определение числа, типа и дислокации складов;
- определение объема (площади) хранения материальных ресурсов, готовой продукции;
- планирование размещения запасов;
- проектирование зон транспортировки, погрузки-разгрузки;
- выбор погрузо-разгрузочного и другого складского оборудования и т.д.

Грузопереработка (обработка грузов) обычно осуществляется параллельно со складированием и также обеспечивает функцию поддержания запасов. Элементарные логистические операции, из которых складывается процесс грузопереработки, представляют собой перемещение материальных ресурсов или готовой продукции на складе, размещение продукции на складских стеллажах и пр. Данная комплексная логистическая функция обычно связана с выбором технологического оборудования для организации перемещения грузов по складу и погрузо-разгрузочного оборудования; с организацией процедур сортировки, консолидации или комплектования грузов для выполнения заказов и транспортировки; с поддержанием рационального объема грузооборота склада и т.д.

В процессах реализации готовой продукции производителей важная роль принадлежит *защитной упаковке*, обеспечивающей сохранность грузов, доставляемых потребителям различными видами транспорта. Кроме того, упаковка имеет большое значение в маркетинге, так как от ее привлекательности в значительной степени зависит потребительский спрос. Применение в физическом распределении стандартных типоразмерных рядов тары и упаковки позволяет значительно снизить логистические издержки за счет согласования объемных модулей тары и упаковки с грузоместимостью транспортных средств, а также технологическими параметрами складских помещений и грузоперерабатывающего оборудования.

К логистическим поддерживающим функциям относятся также различные **процедуры возврата товаров**, которые по каким-то причинам не удовлетворяют покупателей или не прошли гарантийного срока службы. Наряду с организацией сервисного обслуживания, ремонтом оборудования и обеспечением потребителей запасными частями процедура возврата готовой продукции предприятиям-изготовителям образует систему **послепродажного сервиса**, которую иногда относят к ключевым логистическим функциям.

В процессах производства и сбыта готовой продукции возникают так называемые вторичные материальные ресурсы, которые состоят из **отходов производства** (возвратных и невозвратных) и отходов производственного и личного потребления. Вторичные материальные ресурсы образуют специфические материальные потоки, управление которыми в настоящее время также относят к объекту исследования логистики.

Рассмотренные логистические функции являются основными, но не исчерпывают всего их многообразия в плане возможных действий над материальными потоками, потоками услуг и связанными с ними информационными и финансовыми потоками в современном бизнесе.

5.3. Типовые логистические системы

Согласно предлагаемой классификации, логистические системы делятся на две большие группы: микрологистические и макрологистические системы [31]. **Микрологистические системы** относятся, как правило, к определенной организации бизнеса, например к фирме-производителю товара (ассортимента товаров), и предназначены для управления и оптимизации материальных и связанных с ними информационных и финансовых потоков в процессе производства, снабжения и сбыта. Соответственно различают внутренние (внутрипроизводственные) и внешние микрологистические системы.

Внутрипроизводственные логистические системы оптимизируют управление материальными потоками в пределах технологического цикла производства продукции. Если задана программа выпуска готовой продукции (*производственное расписание*), то основными задачами внутрипроизводственной логистической системы являются:

- эффективное использование материальных ресурсов;
- уменьшение запасов материальных ресурсов и незавершенного производства;
- ускорение оборачиваемости оборотного капитала фирмы;
- уменьшение длительности производственного периода;
- оптимизация запасов материальных ресурсов, незавершенного производства и готовой продукции в складской системе фирмы-производителя, оптимизация работы технологического (промышленного) транспорта.

Критериями оптимизации функционирования внутрипроизводственных логистических систем обычно являются минимальная себестоимость продукции и минимальная длительность производственного периода при обеспечении заданного уровня качества готовой продукции. Микрологистические внутрипроизводственные системы могут быть детализированы до производственного (структурного) подразделения предприятия, например цеха, участка или отдельного рабочего места.

В соответствии с общей концепцией логистики построение внутрипроизводственных логистических систем должно обеспечить возможность постоянного согласования и взаимной корректировки планов и действий снабженческих, производственных и сбытовых звеньев предприятия. При этом выделяются два принципиально отличающихся способа синхронизации.

«*Толкающие системы*» ориентированы на расчет сквозных планграфиков синхронизации, начиная от первой производственной операции до конечной. При этом предметы труда, поступающие на производственный участок, непосредственно этим участком не заказываются, синхронизация обеспечивается центральной системой управления. Очевидно, что эти системы целесообразно использовать при отсутствии информации о спросе на продукцию предприятия. В этом случае производитель делает упор на регулирование запасов готовой продукции на складах, а в целях стимулирования спроса может объявлять специальные торговые скидки.

«*Тянущиеся системы*» представляют собой систему организации производства, в которой предметы материального потока поступают на последующую технологическую операцию с предыдущей по мере необходимости. При этом производственный план отдельного технологического звена определяется размером заказа последующего звена. Такой механизм функционирования подходит производственным структурам, работающим на удовлетворение определенных потребностей рынка. Этот способ организации производства ориентирован на проведение массовой рекламной кампании производителя либо посредника, стимулирующей потребительский спрос на товары, и не требует организации больших запасов готовой продукции на складах.

Основными функциями внутрипроизводственных логистических систем являются:

- прогнозирование (определение) спроса на продукцию предприятия;
- формирование портфеля заказов;
- составление оперативно-календарных планов работы производственных звеньев;
- определение оптимальных запасов готовой продукции;
- формирование программы сбыта (реализации) готовой продукции;
- определение потребности в материальных ресурсах;
- контроль и управление движением материальных потоков по стадиям производственного процесса;

- контроль и управление производственными запасами материальных ресурсов.

Внешние логистические системы решают задачи, связанные с управлением и оптимизацией материальных и сопутствующих потоков от их источников к пунктам назначения (конечного личного или производственного потребления) вне производственного технологического цикла. Таким образом, звеньями внешних логистических систем являются элементы снабженческих и распределительных сетей, выполняющие те или иные логистические операции по обеспечению движения потоков от поставщиков материальных ресурсов к производственным подразделениям фирмы-производителя и от ее складов готовой продукции к конечным потребителям. Типичными задачами внешних логистических систем являются рациональная организация движения материальных ресурсов и готовой продукции в товаропроизводящих сетях; оптимизация затрат, связанных с логистическими операциями отдельных звеньев логистической системы, и общих затрат; сокращение времени доставки материальных ресурсов и готовой продукции и времени выполнения заказов потребителей; управление запасами материальных ресурсов и готовой продукции; обеспечение высокого уровня качества сервиса.

Необходимо отметить один важный момент. Система снабжения производителя материальными ресурсами (система закупок) представляет собой частично или полностью систему сбыта продукции поставщика (группы поставщиков). Принципиальным вопросом является момент передачи прав собственников на товар (материальные ресурсы) от поставщика производителю. Условия передачи прав собственности обычно закрепляются в договоре поставки (купли-продажи) материальных ресурсов. При этом могут возникать определенные конфликтные ситуации, связанные с различиями в логистических стратегиях и задачах поставщиков и фирмы-производителя готовой продукции. На практике это часто приводит к тому, что производитель вынужден создавать собственные логистические структуры закупок материальных ресурсов, отличные от распределительных систем поставщиков. Подобные логистические структуры, состоящие из звеньев логистической системы, выполняющих различные логистические операции и функции по транспортировке, складированию, хранению, грузопереработке, вместе с товаропроизводящей сетью поставщиков (или ее частями) составляют внешнюю логистическую систему, часто называемую *логистической системой снабжения (закупок)* фирмы-производителя. Одной из важных задач логистического менеджмента в такой логистической системе является координация логистических функций и согласование целей с поставщиками и посредниками.

На рис. 5.10 представлена схема микрологистической системы.



Рис. 5.10. Укрупненная схема микрологистической системы

Базисные логистические функции (снабжение, производство, сбыт) реализуются в зависимости от поставленных перед логистической системой целей и критериев оптимизации путем создания специальной организационно-функциональной структуры, которая включает в себя высший логистический менеджмент, осуществляющий координацию и интегрированное управление материальными (финансовыми, информационными) потоками, и множество звеньев логистической системы. Звенья логистической системы могут быть как внутрифирменными подразделениями (транспортными, производственными, складскими, грузоперерабатывающими и т.п.), так и привлеченными предприятиями, организациями и учреждениями (логистическими посредниками), выполняющими те или иные логистические операции и функции. Кроме прямых материальных потоков ресурсов и готовой продукции, на схеме показаны возвратные материальные потоки (ВМП), образуемые в товаропроизводящих сетях сбыта (дистрибуции) и снабжения возвращаемой готовой продукцией, тарой, возвратными (вторичными) материальными ресурсами и отходами.

Макрологистической системой будем считать систему, назначением которой не является извлечение прибыли или достижение каких-либо других корпоративных целей организации бизнеса, создаваемую на уровне территориального или административно-территориального образования для решения социально-экономических, экологических, военных и других задач подобного рода. Макрологистические системы могут быть классифицированы по нескольким признакам: административно-территориальному делению; объектно-функциональной принадлежности; глобальности.

По признаку *административно-территориального* деления страны различают следующие виды логистических систем: районные, межрайонные, городские, областные и краевые, региональные, межрегиональные, республиканские, межреспубликанские.

По *объектно-функциональному* признаку могут быть выделены макрологистические системы для группы предприятий одной или нескольких отраслей, ведомственные, отраслевые, межведомственные (межотраслевые), торговые, военные, институциональные и т.п.

В западной практике часто используется понятие *глобальных макрологистических систем*, к которым относят государственные (транснациональные) системы, формируемые на уровне страны в целом; межгосударственные (международные) системы, охватывающие несколько стран; и трансконтинентальные системы, создаваемые в пределах нескольких континентов.

Цели создания макрологистических систем могут в значительной степени отличаться от целей и критериев построения микрологистических систем. Для фирмы в качестве критериев оптимизации ее функционирования в рыночной среде бизнеса и соответственно формирования логистической организации и управления могут применяться, например, такие критерии, как минимум общих логистических издержек, максимальный объем продаж готовой продукции (или прибыли), завоевание максимальной доли рынка, удержание позиций на рынке сбыта, максимальная величина курсовой стоимости акций и т.п. Обяза-

тельным условием при этом является наиболее полное удовлетворение запросов потребителей относительно качества продукции, сроков выполнения заказов, уровня логистического сервиса.

В большинстве случаев критерий минимума общих логистических издержек используется и при построении макрологистических систем. Однако зачастую правила формирования макрологистических систем определяются экологическими, социальными, военными, политическими и другими целями. Например, для улучшения экологической обстановки в регионе может быть создана макрологистическая система оптимизации транспортных (грузовых) региональных потоков, переключения перевозок с одного вида транспорта на другой и т.д. В макрологистических системах решаются следующие задачи:

- формирование межотраслевых материальных балансов;
- выбор видов и форм снабжения и сбыта продукции, ориентированных на определенные группы потребителей и производителей;
- размещение на заданной территории складских комплексов общего пользования, грузовых терминалов, диспетчерских (логистических) центров;
- выбор вида транспорта и транспортных средств;
- организация транспортировки и координация работы различных видов транспорта в транспортных узлах;
- оптимизация административно-территориальных распределительных систем для многоассортиментных материальных потоков и т.п.

5.4. Закупочная логистика

5.4.1. Основные функции и задачи закупочной логистики

Основной целью закупочной (снабженческой) логистики является удовлетворение потребностей производства в материальных ресурсах с максимально возможной эффективностью. Другими словами, необходимо четко определить: **что закупать, сколько закупать, у кого закупать, на каких условиях закупать**, минимизировав при этом затраты. Практическая реализация этой цели возможна при корректном решении задач [28]:

- определения оптимальных сроков и объемов закупки сырья и материалов с целью экономии оборотных средств и сокращения до минимума вероятности остановки производства по причине отсутствия сырья;
- определения оптимального соотношения между потребностями в материальных ресурсах и объемами их поставок с учетом баланса оборотных средств и обеспечения устойчивости выпуска продукции;
- обеспечения необходимого уровня качества поставленного сырья, материалов и комплектующих при минимизации издержек.

Эффективность решения этих задач во многом определяется характером взаимодействия трех участников закупочной логистики: потребителей материальных ресурсов; продавцов (поставщиков); финансовых структур (рис. 5.11).

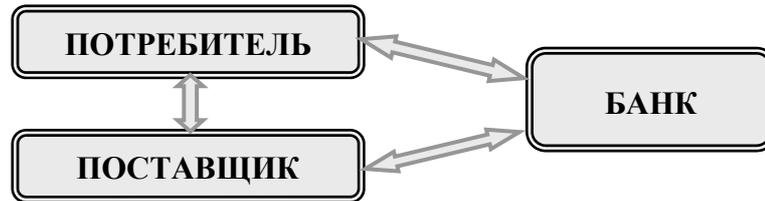


Рис. 5.11. Участники закупочной логистики

Естественным желанием потребителя является получение исходных материальных ресурсов необходимого качества, требуемого количества и по минимальным ценам. Выполнение этих требований возможно лишь при наличии хороших взаимосвязей между партнерами. По отношению к финансовым структурам потребитель должен выглядеть надежным, конкурентоспособным и устойчивым в плане финансов учреждением. Отношения с поставщиками строятся потребителем с соблюдением определенных правил:

- 1) обращаться с поставщиками так же, как с клиентами фирмы;
- 2) не забывать демонстрировать на деле общность интересов;
- 3) знакомить поставщика со своими задачами и быть в курсе его деловых операций;
- 4) проявлять готовность помочь в случае возникновения проблем у поставщика;
- 5) соблюдать принятые на себя обязательства;
- 6) учитывать в деловой практике интересы поставщика;
- 7) поддерживать, по возможности, стабильные контакты в деловой сфере.

На рис. 5.12 представлены основные функции закупочной логистики, раскрывающие взаимоотношения участников этого процесса.



Рис. 5.12. Основные функции закупочной логистики

5.4.2. Технология выбора поставщиков

Выбор поставщиков начинается, как правило, с анализа и исследования рынка материальных ресурсов. При этом исследованию подлежат:

- непосредственные рынки (обеспечивающие в настоящее время потребности в сырье и материалах);
- опосредованные рынки (рынки, используемые поставщиками);
- рынки заменителей (полностью или частично заменяемых продуктов);
- новые рынки.

Полученная информация должна отражать такие рыночные категории, как предложение, спрос и рыночный баланс. При этом анализ проводится, как правило, в трех аспектах:

- современный анализ рынка («моментальный снимок»);
- динамика изменения конъюнктуры рынка;
- прогнозы изменения рынка.

Процедура получения и оценки предложений от потенциальных поставщиков может быть организована по-разному. Наиболее распространенными и эффективными методами являются конкурсные торги и письменные переговоры между поставщиком и потребителем.

Конкурсные торги (тендеры) — распространенная форма поиска потенциальных поставщиков — проводят в случае, если предприятие решило закупить сырье, материалы, комплектующие на большую сумму или предполагает наладить долгосрочные связи с поставщиками. Конкурсные торги выгодны как поставщику, так и потребителю. Поставщик получает точное представление об условиях работы с потребителем. Потребитель совмещает решение проблем получения требуемого товара нужного качества при допустимых ценах и выбор наилучшего во всех отношениях поставщика. Проведение тендера предполагает реализацию следующих логистических функций (рис. 5.13).

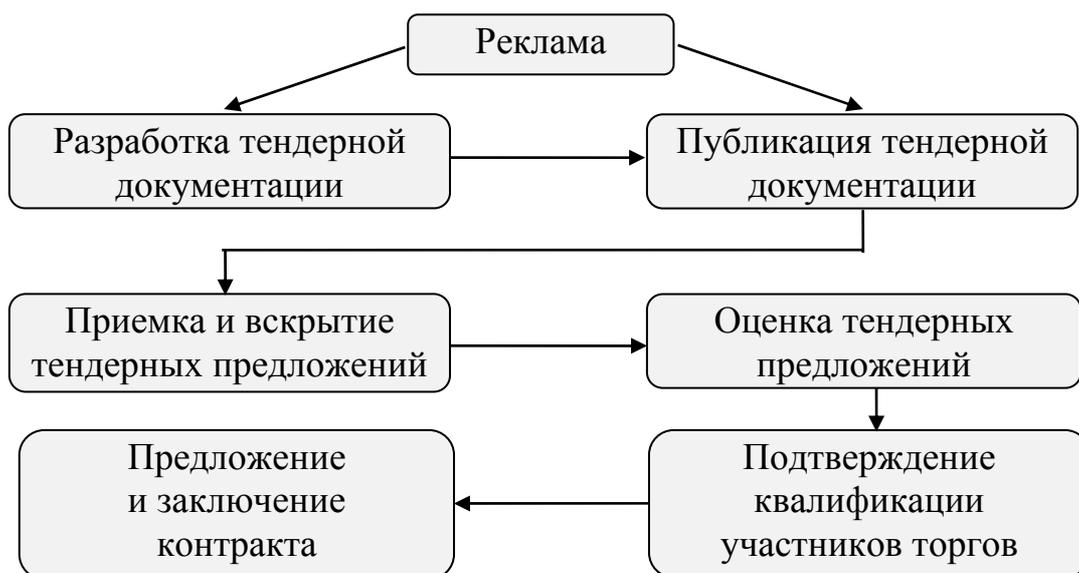


Рис. 5.13. Основные функции проведения тендера

Остановимся лишь на детализации двух наиболее существенных функций проведения тендера.

Разработка тендерной документации, как правило, довольно большой по объему, должна быть направлена на создание информационных материалов об инструкциях для участников торгов по процедуре торгов, по описанию закупаемых товаров и услуг, о критериях оценки предложений, об условиях будущего контракта.

Оценка тендерных предложений ведется в строгом соответствии с критериями, приведенными в тендерной документации. При этом при проведении тендера обязательно должны выполняться нижеприведенные требования:

- предварительное назначение членов тендерного комитета, проводящего оценку предложений;
- рассмотрение только тех предложений, которые отвечают требованиям, изложенным в тендерной документации;
- безусловное следование объявленным в тендерной документации процедурам оценки;
- отсутствие каких-либо переговоров с участниками торгов.

При работе тендерного комитета могут быть с успехом использованы модели и процедуры «метода экспертных оценок». При этом в качестве основных критериев рекомендуется использовать такие показатели, как цены товаров, качество товаров, надежность поставок.

Тендерный комитет составляет отчет об оценке тендерных предложений, в котором показывается метод оценки тендерных предложений, даются обоснования причин отклонения предложений и рекомендации по заключению контракта.

Остановимся кратко на описании каждого из показателей. При анализе ценовой политики поставщика возможно изучение этого вопроса в следующих взаимосвязанных направлениях:

- анализ цены, рассчитанной по общей стоимости произведенной работы и услуг (здесь дополнительно учитывают расходы на контроль, хранение, финансирование);
- анализ цены на основе полезности продукта (на базе субъективных оценочных критериев определяется, сколько данный продукт или услуга могут стоить на рынке);
- анализ цены во временном периоде (сравниваются старое и новое коммерческое предложение, при этом учитываются изменения в используемом сырье, затратах, рыночных отношениях и пр.);
- анализ цены по первичным издержкам на единицу продукции;
- анализ цен на основе открытых данных состояния финансового рынка (курса валют, биржевых курсов, таможенной статистики и пр.).

Такой всесторонний анализ позволяет поставщикам и получателям обмениваться информацией, раскрывающей составляющие издержек, оказывающих существенное влияние на цену. Это в последующем может оказать существенное влияние и на окончательный выбор поставщика.

При анализе качества поставляемого сырья и комплектующих изделий поставщика фирма-потребитель изучает производственно-технологические возможности партнера по ряду критериев: наличие оборудования для производства продукции необходимого качества; возможности проведения испытаний качества по заданной программе и с помощью необходимых приборов, а также проведения контроля и аттестации входящих материалов и сырья; наличия необходимых документов и инструкций, определяющих количество рабочих операций и их контроль; наличия маршрутных документов, подтверждающих проведение всех необходимых операций по производству и контролю; наличия отечественных и международных сертификатов качества.

Программы поддержания качества закупаемых комплектующих и сырья настолько глубоко продумываются, что в расчет берется даже организация учебы персонала поставщиков-смежников. Задачей обучения, как правило, является повышение уровня знаний персонала, который должен быть информирован о новейших технологиях и процессах, чтобы сделать обслуживание станков и приборов квалифицированным и эффективным.

В последние годы возникли новые формы организации производства сложных изделий с высоким требованием к качеству поставляемых материальных ресурсов. В этих условиях поставщики ресурсов и производители продукции создают ассоциацию с общим уставным капиталом, объединяющим ресурсы всех заинтересованных сторон.

Под надежностью обслуживания понимается гарантированность обслуживания потребителя нужными ему ресурсами в течение заданного промежутка времени и вне зависимости от могущих возникнуть недопоставок, нарушений сроков доставки и т.п. Надежность можно оценить через вероятность отсутствия отказа в удовлетворении заявки потребителя.

Кроме основных критериев выбора поставщика существуют и прочие критерии, количество которых может быть достаточно велико:

- удаленность поставщика от потребителя;
- сроки выполнения текущих и экстренных заказов;
- наличие у поставщика резервных мощностей;
- организация управления качеством продукции у поставщика;
- психологический климат в трудовом коллективе поставщика;
- риск забастовок у поставщика;
- способность поставщика обеспечить поставку запасных частей в течение всего срока службы поставленного оборудования;
- кредитоспособность и финансовое положение поставщика и пр.

Другим вариантом получения предложений от потенциального поставщика могут быть *письменные переговоры между поставщиком и потребителем*. В процессе письменных переговоров потребитель получает официальное предложение на поставку товаров от потенциального поставщика. Это может быть организовано двумя способами.

Первый — когда инициатива вступления в переговоры исходит от продавца товара. Он рассылает потенциальным покупателям своей продукции предложения (или оферты). В отличие от конкурсных торгов, где формы предложений строго определены, оферты в случае письменных переговоров могут иметь различную форму и содержат реквизиты, приведенные на рис. 5.14.



Рис. 5.14. Структура оферты

Оферты могут быть твердыми и свободными (инициативными).

Твердая оферта направляется только одному покупателю с указанием срока действия оферты, в течение которого продавец не может изменить свои условия. Если покупатель принимает предложение, то он направляет продавцу в пределах срока действия оферты подтверждение о принятии предложения. Продавцу могут быть направлены и контр-условия покупателя. Если контрагентам не удастся прийти к соглашению в течение срока действия предложения, то переговоры продолжаются без учета обязательств продавца, взятых им по твердой оферте. Твердые оферты высылаются, как правило, традиционным партнерам.

Свободная оферта не включает в себя никаких обязательств продавца по отношению к покупателю. Она может высылаться неограниченному числу потенциальных потребителей и включать как перечисленные выше реквизиты, так и рекламно-информационные материалы. При втором способе организации письменных переговоров между поставщиком и потребителем *инициатива вступления в переговоры исходит от покупателя*. Он рассылает потенциальным поставщикам коммерческое письмо или запрос, главной целью которого является получение предложения (оферты). В запросе указываются все необходимые реквизиты, кроме цены, которая появится в ответном предложении.

В случае, если потенциальный покупатель обращается к своим постоянным контрагентам, вместо запроса может быть выслан заказ.

Оценка предложений, поступивших к потенциальному потребителю, может вестись разными способами. Это может быть строго регламентированный процесс, как в случае конкурсных торгов, или более свободная процедура. При этом основными критериями для отбора предложения, как и в случае конкурсных торгов, являются цена приобретения продукции или услуг и качество обслуживания.

5.4.3. Способы определения потребности в материальных ресурсах

После выбора поставщиков решается задача определения потребностей фирмы в конкретных поставках. При этом существуют два принципиальных метода определения потребностей: *определение потребностей на основе заказов*; *определение потребностей на основе расходов*.

Первый метод реализуется на базе анализа конструкторской документации (спецификаций) путем разложения изделия на блоки, блоков — на узлы, узлов — на комплектующие и т.д. Общие потребности определяются с учетом имеющихся складских запасов. Второй метод основывается на анализе данных о расходах материалов при производстве изделий в прошлых периодах. В обоих случаях в основу определения потребности в материальных ресурсах положена процедура планирования производства в условиях рыночных отношений.

Правильной ориентации политики закупок служит ряд мероприятий, устанавливающих связь между производственной программой, сбытом и потребностью в материалах. Для своевременной закупки материалов составляется прогноз сбыта, если он не обеспечен заказами клиентов. Тщательность его составления имеет важное значение для определения размеров запасов, готовности к поставкам и затрат на изготовление продукта и его сбыта.

На основе прогноза составляется план сбыта, который в дальнейшем должен быть сбалансирован по основным ресурсам производства. Полученная в результате балансировки производственная программа служит основанием для последующего определения потребностей в материалах.

5.4.4. Планирование и организация закупок

Типовыми логистическими функциями разработки и реализации плана закупок являются:

- анализ и определение потребности, расчет количества заказываемых материалов;
- определение метода закупок;
- согласование цены и заключение договора;
- установление наблюдения за количеством, качеством и сроками поставок;
- организация размещения товаров на складе.

Остановимся кратко на содержании каждой из вышеперечисленных функций.

Анализ, определение потребности и расчеты количества заказываемых материалов. В процессе планирования закупок необходимо определить:

- какие материалы требуются;
- количество материалов, требуемых для производства продукта;
- время, когда они понадобятся;
- возможности поставщиков, у которых могут быть куплены товары;
- требуемые площади складских помещений;
- планируемые издержки закупки;
- возможности производства некоторых деталей на своем предприятии.

Определение метода закупок. Выбор метода закупок зависит от сложности конечного продукта, состава комплектующих изделий и материалов. Основными методами закупок являются:

- оптовые закупки;
- регулярные закупки мелкими партиями;
- закупки по мере необходимости.

Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки, выбор метода определяется, исходя из анализа следующих показателей:

- оборачиваемости капитала;
- издержек на складирование и хранение;
- потерь от возможностей остановки производства;
- издержек на оформление документации.

Согласование цены и заключение договора. В условиях рыночной экономики использование большинством фирм сложившихся ранее документов (заказ-нарядов, различного рода накладных и т.п.) во многих случаях уже не удовлетворяет современным требованиям. Относительно ведения документации по закупкам руководителям соответствующих отделов целесообразно разработать стандартные бланки заказов на поставку материальных ресурсов, в которые рекомендуется включить следующие разделы:

- наименование документа;
- порядковый номер;
- наименование и адрес предприятия-получателя;
- наименование и адрес предприятия-поставщика;
- ответственные за исполнение договора с обеих сторон;
- сроки и количество поставляемых материалов;
- адрес поставки (если он отличен от адреса предприятия-покупателя);
- цены на товары;
- условия оплаты товара;
- банковские реквизиты сторон;
- административная, юридическая и финансовая ответственность за невыполнение условий.

Для лучшей идентификации различных экземпляров документов рекомендуется оформлять их на бумаге различного цвета, например, белый — экземпляр поставщика, розовый — экземпляр отдела снабжения и т.д.

Проверка качества, количества и размещения товара. Важное значение в реализации плана закупок имеют приемка продукции, документальное оформление поставок, проверка качества и количества товаров. В первую очередь, необходимо удостовериться, что получен товар:

- нужного качества;
- в нужном количестве;
- от своего поставщика;
- в обусловленное время;
- за оговоренную цену.

Оформление поставок сопровождается следующими документами:

- копией бланка заказа;
- уведомлением об отгрузке;
- сопроводительным письмом;
- документом доставщика, в котором указываются название и адрес отправителя, описание продукции, количество мест, масса (вес) продукции, особенности транспортировки, название доставщика;
- подтверждением получения поставки;
- записью в книге регистрации товаров.

Качество поставляемых товаров должно удовлетворять предъявляемым требованиям. Отсутствие контроля качества закупок может привести:

- к дополнительным расходам, связанным с возвратом бракованных и недоброкачественных товаров;
- к остановке производства в случае, когда, например, вся партия продукции оказалась недоброкачественной и подлежит возврату;
- к судебным искам;
- к потере доверия потребителей своей продукции из-за поставок недоброкачественных материалов (деталей, изделий).

При проверке качества используются как сплошные, так и выборочные методы контроля. Использование выборочных методов контроля связано с определением «необходимого и достаточного размера выборки».

В целях экономии времени, усилий и соответственно денег следует позаботиться о том, чтобы складские помещения, места разгрузки, приемки товара были расположены как можно ближе друг к другу и недалеко от производственных помещений. Во избежание скопления транспорта на территории предприятия или у ворот склада, для экономии затрат труда на погрузочно-разгрузочных работах составьте график поставок, согласованный со всеми поставщиками. Предусмотрите при этом, чтобы основное сырье поставлялось в строго определенные дни, а другие виды материалов — по мере необходимости. Такие меры позволят, кроме того, не отрывать рабочих основного производства для разгрузки неожиданно прибывшего транспорта.

5.4.5. Организация функционирования систем снабжения

Организация поставок материалов потребителю также может быть организована в виде прямых поставок через торговых агентов фирмы или поставок материалов через посредническую фирму.

Очевидно, что первый способ наиболее выгоден для предприятия. Вместе с тем в условиях плохо изученного рынка сырья, высокой диверсификации производства, освоения принципиально новой продукции предприятию бывает выгодно действовать через фирму-посредника, профессионально работающую на рынке. При этом услуги могут быть оказаны на уровне:

- профессионального подбора поставщика;
- исполнения организационной и финансовой частей сделок;
- комплексной поставки материалов потребителю.

Традиционная схема поставок основана на принципах хранения запасов в системе взаимодействующих складов поставщиков, потребителей, посредников, продавцов. Главный недостаток данного вида организации снабжения — большие накладные расходы (издержки), основными составляющими которых являются:

- затраты на обслуживающий персонал;
- затраты на транспортные средства;
- убытки от хранения запасов.

К этому же виду расходов можно отнести и капитальные вложения фирмы на строительство складских помещений, приобретение складского и транспортного оборудования.

Другой важной проблемой организации логистического звена «снабжение» является ***резкое сокращение времени от возникновения рыночной потребности в материалах до их реальной поставки на производство.***

Данная проблема требует разработки принципиально новых подходов к организации материально-технического обеспечения производства, основными из которых являются зародившиеся в недрах развития японской промышленности системы «Kanban» и «Точно в срок». Основная идея системы «Kanban» состоит в минимизации издержек на производственные запасы конечной продукции и комплектующих изделий, что достигается:

- производством и поставкой продукции в сроки, оговоренные с потребителем;
- изготовлением комплектующих не впрок, а непосредственно для подачи на сборочные операции;
- поставкой исходного сырья именно в тот срок, когда оно необходимо для изготовления изделий.

При системе «Kanban» план производства комплектующих изделий на данной технологической операции (участке) определяется, в основном, потребностями в этих комплектующих на последующей операции (участке), при этом

начало всему определяет конечный выпуск, под который подстраиваются все предшествующие этапы производства. Очевидно, что такая технология может быть использована при относительно стабильной производственной программе, а также незначительных отклонениях показателей загрузки оборудования от имеющихся мощностей. Вместе с тем номенклатура и объемы выпуска в рамках общей производственной программы могут изменяться.

Для внедрения этой системы необходимо наличие множества взаимозаменяемого оборудования, позволяющего выпускать разнообразные комплектующие, что, естественно, накладывает менее жесткие требования к наличию страховых запасов. Так, на многих японских фирмах, использующих эту технологию, запасы пополняются трижды в день. Устранение буферных складских запасов и усиление попарных связей между производственными участками-смежниками увеличивает стабильность производственного процесса.

Вместе с тем отсутствие запасов требует:

- высокой надежности работы оборудования;
- высокого качества комплектующих изделий;
- наличия гибкого программируемого оборудования, способного быстро реагировать на изменение спроса.

Система не работоспособна при значительных колебаниях объема производственной программы предприятия.

Отличительными особенностями системы «Точно в срок» являются:

- поставка сырья и комплектующих изделий небольшими партиями, непосредственно на технологические операции, минуя складские помещения;
- отгрузка конечной продукции потребителям непосредственно с последней (сборочной) операции.

Для практической реализации этих принципов предприятие ориентируется на **сокращение запасов и расстояний**, что достигается за счет сокращения числа изделий в партии запуска и уменьшения страховых запасов. Производство мелкими партиями с большой частотой более соответствует высоким темпам потребления продукции, при этом сокращаются запасы, уменьшаются текущие издержки, быстрее выявляются причины и факторы выпуска продукции низкого качества. Аналогичные результаты достигаются и при сокращении страховых запасов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение логистической системы, поясните ее основное отличие от традиционных систем диспетчерского управления.

2. Представьте модели описания материального, информационного и финансового потоков в виде совокупности соответствующих логистических функций.
3. Дайте понятие логистической операции, покажите ее основное отличие от логистической функции.
4. Что такое логистические звенья и цепи? Поясните на примере задачу выбора оптимальной логистической цепи.
5. Перечислите базисные, ключевые и поддерживающие логистические функции, поясните логические связи между ними.
6. Дайте определение и основные характеристики микрологистической системы.
7. Объясните принципиальные схемы толкающей и тянущей систем управления материальными потоками.
8. Дайте определение и основные характеристики макрологистической системы.
9. Перечислите и охарактеризуйте основные функции и задачи закупочной логистики.
10. Опишите технологию выбора поставщика.
11. Перечислите основные методы определения потребности в материальных ресурсах.
12. Приведите технологию планирования и организации закупок.
13. Дайте сравнительные характеристики логистических систем «Kanban» и «Точно в срок».

6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ

6.1. Общая постановка задачи

В предыдущих разделах учебника проблемная ситуация рассматривалась как несоответствие между желаемым и фактическим состоянием системы. Относительно систем производственного назначения это может быть несоответствие между величинами планового и фактического объема продаж, финансовых ресурсов, уровнями рентабельности и т.д. При этом перед исследователем стоит следующая задача — измерить и сравнить желаемое и фактическое состояние системы по схемам:

$$\langle \text{план} — \text{факт} — \text{норматив} \rangle \rightarrow \langle P_t, F_t, N_t \rangle;$$

$$\langle \text{план} — \text{прогноз} — \text{норматив} \rangle \rightarrow \langle P_{t+k}, Q_{t+k}, N_{t+k} \rangle,$$

т.е. измерить и оценить величину проблемной ситуации в текущем и прогнозном интервалах времени. Количественная оценка рассогласования может быть представлена в виде соотношения разностей следующих величин:

$$\begin{aligned} Z'_t &= |P_t - F_t|, & Z''_t &= |N_t - F_t|, \\ Z'_{t+k} &= |P_{t+k} - Q_{t+k}|, & Z''_{t+k} &= |N_{t+k} - Q_{t+k}|. \end{aligned} \quad (6.1)$$

При этом задача состоит в определении как индивидуальных характеристик проблемной ситуации относительно каждого показателя, описывающего проблему, так и некоторой интегральной характеристики проблемы в целом.

Основным понятием при комплексном оценивании проблемной ситуации является так называемое «таксономическое расстояние» [32]. Это расстояние между точками многомерного пространства $\rho(x_i, x_j)$ (двумя объектами сравнения), исчисляемое чаще всего по правилам аналитической геометрии. Размерность пространства определяется числом показателей, по которым сравниваются объекты анализа. Исчисленные расстояния позволяют определить положение каждого объекта относительно остальных объектов и, следовательно, определить место этого объекта во всей совокупности, что делает возможным их упорядочение и классификацию.

В качестве наиболее употребляемой методики определения расстояния между двумя объектами используется обычное либо взвешенное Евклидово расстояние:

$$\rho(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{s=1}^p \alpha_s (x_{is} - x_{js})^2}, \quad (6.2)$$

где α_s — неотрицательный коэффициент, определяющий вес (значимость) s -го показателя и принимающий значение от нуля до единицы;

x_{is}, x_{js} — значения s -го показателя для i -го и j -го объектов сравнения.

В случае, если объекты описываются дихотомическими признаками, используется уравнение Хеминга:

$$\rho(x_i, x_j) = \sum_{s=1}^p |x_{is} - x_{js}|. \quad (6.3)$$

Как следует из выражения (6.3), расстояние между двумя объектами, описываемыми в двоичном пространстве, равно количеству несовпадений значений соответствующих признаков в рассматриваемой паре (x_i, x_j) . В данном случае речь будет идти о вычислении расстояния между фактическими (прогнозируемыми) и нормативными (плановыми) значениями показателей, описывающих проблемную ситуацию в рассматриваемой производственной системе:

$$Z_t(x_i, \bar{x}_t) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \alpha_i (x_{it} - \bar{x}_{it})^2}, \quad (6.4)$$

где x_{it} — фактическое значение i -го показателя, характеризующего проблемную ситуацию в интервале t ;

\bar{x}_{it} — его плановое (нормативное) значение.

С учетом вышеизложенного измерение и анализ проблемной ситуации состоит в периодическом сравнении желаемого и фактического состояния системы в настоящем, нормативного и прогнозируемого — в будущем и в сопоставлении отклонений с некоторой пороговой величиной: $\bar{Z}_t \leq \Delta Z_t$. Очевидно, что если в интервале t эти условия не выполняются, то проблемная ситуация либо наступила, либо наступит в будущем, и требуется вмешательство лиц, принимающих решение. Практическая реализация задачи предсказания проблемной ситуации требует наличия множества математических моделей исследуемых систем, позволяющих реализовать функцию прогнозирования.

При построении таких моделей инертность развития производственных систем следует понимать двояко: как сохранение в основных чертах взаимосвязей прогнозируемых параметров с другими параметрами и как сохранение общей тенденции изменения параметров во времени.

Наличие инертности первого вида позволяет представлять поведение изучаемого объекта в виде аналитического выражения, которое связывает изменение некоторого показателя эффективности системы с изменением ряда факторов-аргументов, т.е. поиску выражения типа

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (6.5)$$

Зависимости такого типа получили название уравнений регрессии, либо моделей производственных функций. Инертность второго вида позволяет подобрать аналитическую зависимость изменения наблюдаемого явления во времени, т.е. определяется выражение типа

$$y_t = f(y_{t-1}). \quad (6.6)$$

Эти зависимости относятся к классу трендовых моделей. И, наконец, можно говорить о некоторой обобщенной модели, когда к факторам-аргументам добавляется величина зависимой переменной в прошедшем периоде времени, т.е. в прогнозе используется выражение типа

$$y_t = f(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}, y_{t-1}). \quad (6.7)$$

Во всех случаях реализация функции прогнозирования осуществляется путем подстановки в аналитические выражения с численно оцененными параметрами значений независимых переменных. При этом различают точечный и интервальный прогноз. В последнем случае значение прогнозируемого показателя задается в области доверительного интервала.

Исходя из вышеизложенного, укрупненная схема определения и оценивания проблемной ситуации может быть представлена следующей схемой (рис. 6.1):

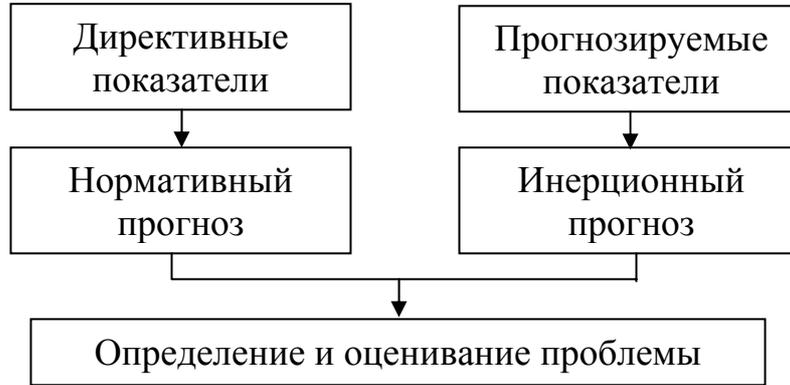


Рис. 6.1. Укрупненная схема определения проблемной ситуации

Нормативный (целевой) прогноз основан на директивном задании факторов-аргументов в используемой модели прогноза. В свою очередь, при инерционном прогнозировании допускается, что изменение значений факторов-аргументов будет происходить в связи со сложившимися в прошлом закономерностями, и для определения этих тенденций также требуется прогнозирование.

6.2. Построение многофакторных регрессионных моделей

6.2.1. Этапы построения регрессионных моделей

При построении регрессионных зависимостей [8] в настоящее время различают структурный и функциональный подходы. Структурный подход основывается на структурном анализе производственной системы, путем декомпозиции ее до некоторых «элементарных» составляющих, характеризующихся вполне конкретными технологическими параметрами, и описании этих элементов с помощью аналитических выражений, отражающих физические процессы и явления. Надо сказать, что этот способ создания моделей позволяет определять зависимости, наиболее адекватные реальным процессам. Вместе с тем он достаточно трудоемок и требует разработки некоторых неформальных методов декомпозиции и идентификации.

Более распространен в настоящее время функциональный подход, основывающийся на представлении производственной системы в виде модели «черного ящика». В этом случае делается предположение о сохранении

в математической модели объекта тенденций, которые наблюдались в прошлом, и для ее нахождения может быть использован известный метод наименьших квадратов.

Если производственная система является сложным многоцелевым объектом, то следует использовать разумную комбинацию структурного и функционального подходов. В этом случае на первом этапе производственную систему разбивают на «элементарные» и одно-продуктовые объекты, а затем для каждого объекта находят свои математические выражения. Обобщенная схема определения регрессионных моделей с использованием функционального подхода представлена на рис. 6.2. Кратко остановимся на описании каждого из этапов.



Рис. 6.2. Основные этапы построения регрессионной модели

6.2.2. Выбор и обоснование факторов-аргументов

Познавательная ценность уравнения регрессии повышается, если в него включается наибольшее количество факторов, влияющих на рассматриваемый результативный признак. Естественно, возникают вопросы: сколько и каких факторов следует включать в уравнение регрессии, когда включение дополнительных факторов себя оправдывает и в каком случае это нецелесообразно.

Поставленный вопрос должен решаться с одновременным применением как экономико-качественных, так и математико-статистических критериев.

При построении многофакторного уравнения регрессии в первую очередь должен быть проведен анализ качественной стороны изучаемых взаимосвязей, поэтому до построения общей регрессионной или корреляционной модели необходимо иметь определенную научную теорию, в соответствии с которой будут интерпретироваться полученные результаты, т.е. рассматривать в составе модели факторы, имеющие причинно-следственные связи с результатом.

После выдвижения определенной гипотезы о качественной стороне взаимосвязей при помощи методов корреляционного анализа можно, во-первых, проверить по определенному фактическому материалу правильность выдвинутой теории для ее подтверждения или отклонения, во-вторых, изучить количественно комплексную взаимосвязь факторов и явлений.

Практически, на основе качественного анализа составляется перечень достаточно большого количества факторов, которые могут быть причинами изучаемого результативного признака. Отбор факторов целесообразно проводить в две стадии. На первой стадии (стадия качественного анализа) отбираются факторы, качественно связанные с исследуемой проблемой, численные значения (данные) которых можно собрать или определить. Затем, на второй стадии в процессе количественного анализа отбираются факторы, влияние которых на результативный показатель существенно. Чтобы облегчить отбор существенных факторов на второй стадии анализа, рекомендуется уже на первой стадии отобрать только те из них, которые при логическом анализе окажутся наиболее важными. От менее значимых факторов следует отказаться в самом начале исследования.

Так, например, на первом этапе в модель можно включать только те факторы, коэффициент корреляции которых с результирующим показателем не менее 0,3. Перечень отобранных на первой стадии факторов не должен быть слишком обширным. Кроме того, отобранные факторы не должны иметь тесных корреляционных связей между собой. Качественные факторы выражать через количественные и включать их в модель не рекомендуется. Если же один или несколько качественных признаков в пределах предпринятого исследования так важны, что отказаться от них невозможно, следует всю совокупность наблюдений классифицировать в соответствии с выделяемым значением атрибутивного признака и количественный анализ провести в каждой выделенной группе в отдельности.

6.2.3. Выбор и обоснование формы уравнения регрессии

Выбор формы, или класса уравнения, по которому будут проведены расчеты, равносильно выдвижению в общем виде некоторой гипотезы о форме связей между выбранными факторами и результирующим признаком.

Выбор той или иной формы связей определяется следующими соображениями:

- избранный тип уравнения регрессии должен отражать качественный характер экономических закономерностей, присущих изучаемым явлениям;
- для оценивания параметров методом наименьших квадратов необходимо использовать уравнения, которые по отношению к определяемым константам регрессии являются линейными или могут быть к таким приведены путем несложных преобразований;

- уравнение регрессии должно быть достаточно простым, т.е. не содержать слишком много констант.

Существует несколько способов установления формы связей, из которых наиболее простыми и надежными являются два:

- установление формы связи при помощи логического анализа, используя профессиональные знания об изучаемой проблеме;
- установление формы связи при помощи анализа регрессии и корреляции.

Рассмотрим несколько типов математических функций, которые часто используются при описании систем производственного типа. Наиболее распространенными функциями регрессионного анализа являются линейные функции типа

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i. \quad (6.8)$$

Обратной по отношению к линейной функции является гипербола

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i}{x_i}. \quad (6.9)$$

Характерное свойство гиперболы — асимптота.

Близкой по своему характеру к гиперболе является логарифмическая функция

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \ln x_i. \quad (6.10)$$

Эти функции асимптот не имеют, но при больших значениях зависимая переменная меняется незначительно.

В экономике широко применяются степенная и экспоненциальная функции

$$y = a_0 \times \prod_{i=1}^k x_i^{\alpha_i}; \quad y = a_0 \times \prod_{i=1}^k e^{\alpha_i x_i}. \quad (6.11)$$

Степенная и экспоненциальная функции, рассмотренные путем логарифмирования, могут быть приведены к линейному по отношению к константам виду:

$$\ln y = \ln a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \ln x_i; \quad \ln y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i. \quad (6.12)$$

Логарифмически-линейная форма рассмотрения взаимосвязей используется тогда, когда по мере прироста абсолютной величины факторного признака его влияние на результативный признак снижается, но все же остается значимым при больших значениях. В логарифмически-линейной функции пропорциональны относительные приращения факторного и результативного признаков.

До сих пор рассматривались кривые, равномерно возрастающие или убывающие во всей области существования исследуемых связей. Однако в эко-

номике имеются связи, при которых определенному значению факторного признака соответствует минимальное или максимальное значение результативного. Такие связи называются экстремальными.

Для описания экстремальных связей может быть использовано уравнение второго порядка

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k b_i x_i^2. \quad (6.13)$$

Этот тип связи имеет тот недостаток, что кривая по обе стороны от экстремума симметрична. В экономике таких связей почти нет. Более подходящей для правильного отображения экономических взаимосвязей является кинетическая функция

$$y = a_0 \times \prod_{i=1}^k x_i^{\alpha_i} \times \prod_{i=1}^k e^{b_i x_i}. \quad (6.14)$$

Она приводится к линейному виду путем логарифмирования и в этом случае имеет вид:

$$\ln y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \ln x_i + \sum_{i=1}^k b_i x_i. \quad (6.15)$$

Сложные уравнения нелинейной регрессии следует использовать только тогда, когда более простые уравнения выражают взаимосвязи недостаточно точно или вовсе неправильно. Если преимущество сложной формы не обосновано, следует применять более простую.

6.2.4. Определение параметров уравнения регрессии

Наиболее распространенным методом оценивания параметров регрессии является метод наименьших квадратов [29]. Суть метода заключается в подборе таких значений параметров регрессионной модели, при которых сумма квадратов отклонений наблюдаемых и «теоретических» значений достигает минимальной величины. Метод может эффективно использоваться только при линейной форме связи результирующей переменной и факторов-аргументов, кроме того, между ними должны соблюдаться следующие условия:

- факторы-аргументы, включаемые в модель, линейно независимы;
- ошибка уравнения является случайной величиной с математическим ожиданием, равным нулю, и постоянной дисперсией;
- последовательные значения ошибок не зависят друг от друга.

В тех случаях, когда выбранные зависимости не удается путем логарифмирования свести к линейным относительно параметров выражениям, целесообразно использовать методы замены переменных.

Кроме того, при параметризации модели вместе с расчетом значений параметров определяются и обусловленные наличной информацией границы изменения независимых переменных, при которых корректно ее применение.

6.2.5. Статистическое оценивание параметров

В результате реализации метода наименьших квадратов определяется множество численных параметров уравнения регрессии: свободный член, угловые коэффициенты (параметры) при каждом факторе-аргументе. Следующим шагом построения регрессионной модели является этап статистического оценивания полученных параметров.

При формировании критерия, по которому оценивается существенность отдельных факторов в уравнении множественной регрессии, следует учитывать то обстоятельство, что при использовании уравнения только для определения наиболее вероятных значений результативного признака (прогнозирования), связанного с определенным сочетанием значений ряда факторных признаков, критерий может быть сформулирован следующим образом: *включение дополнительных факторов в уравнение регрессии либо исключение несущественных оправдано, если при этом снижается стандартная ошибка оценки по уравнению и повышается коэффициент множественной корреляции*. В общем случае коэффициент корреляции характеризует степень точности подбора уравнения регрессии в предположении существования линейной зависимости между результирующим показателем и факторами-аргументами. Чем ближе этот коэффициент к единице, тем лучше выбрана линейная зависимость, и наоборот, чем ближе он к нулю, тем вероятнее, что выбранная взаимосвязь носит случайный характер. В целях количественной градации степени связи введем относительную шкалу изменения коэффициента корреляции (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Относительная шкала изменения коэффициента корреляции

Значение R^2	<0,3	0,3–0,5	0,5–0,7	0,7–0,9	> 0,9
Качественная характеристика взаимосвязи	слабая	умеренная	заметная	высокая	очень высокая

В случае, если после получения количественных характеристик уравнения регрессии исследователя не удовлетворяет качество кривой, он переходит к анализу влияния каждого из факторов на результирующий показатель. Кроме того, если при экономическом анализе предполагается использовать не только уравнение регрессии в целом, но также и отдельные его константы, то при сравнении ряда уравнений, содержащих различные факторы, недостаточно сопоставить только стандартные ошибки оценки по уравнениям и коэффициенты множественной корреляции. В этом случае надо проверить существенность каждого фактора в отдельности, проверяя существенность коэффициентов регрессии по ряду статистических критериев. Проверка существенности угловых коэффициентов уравнения регрессии проводится по t -статистике. В случае, если табличное значение « t » при заданном уровне вероятности больше расчетного, то параметр признается существенным.

В случае, если проверка параметров приводит к тому, что один или несколько параметров оказываются несущественными, то они исключаются из уравнения регрессии и определение параметров уравнения осуществляется уже для нового набора независимых переменных. Процедура повторяется до тех пор, пока не будут получены оценки, удовлетворяющие исследователя.

6.2.6. Оценка точности и надежности модели

О точности модели принято судить по величине погрешности (ошибки) прогноза — разности между прогнозируемым и фактическим значением результирующей переменной. При этом оценка точности производится, как правило, на базе ретроспективного прогноза, т.е. прогнозирование осуществляется на основе фактических значений переменных, наблюдаемых в прошлые периоды времени. При этом имеющаяся информация делится на две части. Одна из них, охватывающая более ранние данные, служит для оценивания параметров модели, а другая, более поздняя, — для ретроспективного оценивания. О степени точности модели можно судить по величине относительной ошибки прогноза — по отношению абсолютной погрешности к фактическому значению переменной:

$$E = \frac{\sum_{t=1}^k \frac{|\hat{y}_t - y_t|}{y_t}}{k}, \quad (6.16)$$

где \hat{y}_t — фактическое значение переменной в интервале t ;

y_t — ее прогнозное значение;

k — количество периодов, использующихся для ретроспективного прогноза.

В ряде случаев для этих же целей используется коэффициент несоответствия, числителем которого является среднеквадратическая ошибка прогноза, а знаменатель равен квадратному корню из среднего квадрата реализаций:

$$E = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^k (\hat{y}_t - y_t)^2}{k}}}{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^k y_t^2}{k}}} = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^k (\hat{y}_t - y_t)^2}}{\sqrt{\sum_{t=1}^k y_t^2}}. \quad (6.17)$$

Коэффициент несоответствия может использоваться также для оценки качества различных моделей прогноза. Очевидно, что надежность прогноза определяется вероятностью наступления прогнозируемого события, которая, в свою очередь, может быть оценена либо субъективно (экспертно), либо может быть связана с доверительными интервалами прогноза.

Следует помнить, что рассмотренные понятия точности и надежности, связанные с доверительными интервалами, являются в значительной мере

условными показателями и связаны с уровнем теоретического обоснования модели (множество включенных факторов и форма выбранной зависимости).

6.3. Трендовые модели

Статистическое описание движения во времени экономических явлений осуществляется, как правило, с помощью динамических временных рядов [30].

Предполагается, что с помощью таких рядов можно найти тенденцию (траекторию) поведения объекта, выраженную в виде некоторой функции времени, называемой *трендом*. Количественное описание наблюдаемых тенденций лежит в основе статистических методов прогнозирования. Процесс описания состоит из трех основных этапов:

- 1) выбора типа кривой, форма которой соответствует характеру изменения динамического ряда;
- 2) определения численных значений параметров кривой;
- 3) экстраполяции процессов на базе выбранных уравнений трендов.

Вопрос о выборе формы кривой является основным при выравнивании ряда, при этом особое внимание должно уделяться характеристикам исходного ряда: параметрам изменения приростов, их преобразованиям.

Прежде чем перейти к краткому изложению этих вопросов, рассмотрим основные законы изменения известных в математике функций времени: многочленов, различного рода экспонент, логистических кривых.

Свойства многочленов

Аналитические выражения многочленов имеют следующий вид:

$$y(t) = a_0 + a_1 t \quad \text{— первая степень};$$

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \quad \text{— вторая степень};$$

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 \quad \text{— третья степень}.$$

В представленных многочленах параметры a_1, a_2, a_3 имеют конкретную физическую интерпретацию:

a_1 — скорость роста,

a_2 — ускорение роста,

a_3 — изменение ускорения,

a_0 — исходный уровень ряда.

Многочлен первой степени применяется для описания процессов, равномерно развивающихся во времени. Парабола второй степени находит применение для равноускоренного снижения исследуемых процессов. И, наконец, для параболы третьей степени характерно изменение знака прироста один или два раза. Многочлены второй и третьей степени приводятся к линейной форме путем замены переменных: $t^2 = t'$, $t^3 = t''$.

Свойства монотонно изменяющихся кривых

К числу наиболее часто используемых уравнений тренда для реализации функций прогнозирования относятся следующие уравнения:

$y_t = ab^t$ — простая экспоненциальная кривая;

$y_t = k + ab^t$ — модифицированная экспонента;

$y_t = ab^t c^{t^2}$ — логарифмическая парабола;

$y_t = at^b$ — степенная функция;

$y_t = a + b/t$ — гиперболическая кривая I типа;

$y_t = 1/(a + bt)$ — гиперболическая кривая II типа;

$y_t = t/(a + bt)$ — гиперболическая кривая III типа.

Простая экспоненциальная кривая характерна для процессов с постоянными темпами роста и прироста, причем для $b > 1$ значения y_i растут вместе с ростом t , и, наоборот, падают, если $b < 1$. Сведение экспоненты к линейному виду происходит следующим образом. Прологарифмировав выражение, получим простой многочлен: $\ln y_t = \ln a + t \ln b$. Приняв $\alpha = \ln a$ и $\beta = \ln b$, получим линейное уравнение типа $\ln y_t = \alpha + \beta t$.

Более усложненным вариантом экспоненциальной кривой является логарифмическая парабола. Приведение ее выражения к линейному виду состоит из следующих этапов:

- прологарифмируем исходное выражение $\ln y_t = \ln a + t \ln b + t^2 \ln c$,
- произведем замену переменных и получим результирующее линейное выражение $\ln y_t = \alpha + \beta t + \mu t'$.

Для логарифмической параболы темпы прироста линейно зависят от времени. Так, например, y_t стремится к нулю при $t \rightarrow -\infty$, если $b > 1$, и $y_t \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$, если $b < 1$. В случае, если процесс характеризуется насыщением, его описание имеет смысл лишь при помощи кривой, имеющей асимптоту, отличающуюся от нуля. Для описания этих тенденций наиболее простой зависимостью является модифицированная экспонента. Ее уравнение отличается от простой экспоненты только наличием дополнительного слагаемого k . При этом следует заметить, что для задания этого уравнения надо вычислять уже три параметра k , a и b и для их вычисления используются специальные формулы.

Степенная функция хорошо аппроксимирует показатели, непрерывно возрастающие во времени при положительном b и убывающие — при отрицательном. При $b = 1$ это уравнение задает гиперболу, асимптотами которой служат оси координат. В экономике этому условию удовлетворяет кривая спроса с единичной эластичностью.

Гиперболические кривые первого, второго и третьего порядков описывают изменяющиеся процессы с насыщением и сводятся к линейным моделям путем простых и обратных преобразований зависимых и независимых перемен-

ных. Например, для функции $y = a + b/t, t' = 1/t, y_t = a + bt'$ и для функции $y = 1/(a + b)$ соответственно $t' = 1/y_t, y_t = a + bt'$.

Свойства логистических кривых

В производственных системах встречаются ситуации, когда динамика явления имеет следующие особенности: вначале наблюдается медленный темп изменения переменной, который в последующем убыстряется, достигает точки перегиба, после которой наблюдается замедление роста и, наконец, достижение фазы насыщения. Такими свойствами обладают уравнения:

$$y_t = ka^{bt} \quad \text{— кривая Гомперца;}$$

$$y_t = k + ab^t \quad \text{— логистическая кривая (кривая Перла-Рида).}$$

Обе кривые путем некоторых преобразований сводятся к уравнению модифицированной экспоненты. Например, прологарифмировав выражение кривой Гомперца, получим

$$\ln y_t = \ln k + b^t \ln a,$$

произведем замену переменных

$$\ln y_t = y_t a = \ln k, \beta = \ln a,$$

и получим

$$\ln y_t = a + \beta b^t.$$

Логистическая кривая сводится к модифицированной экспоненте путем обратного преобразования $y'_t = 1/y_t$ и получения выражения

$$y'_t = k + ab^t.$$

В заключение следует отметить, что список кривых, применяемых для выравнивания динамических рядов, этим не ограничивается и может быть расширен. Вместе с тем предлагаемые кривые закрывают довольно большой спектр встречающихся тенденций в социальных, экономических, биологических и технических системах.

При подборе типа кривых можно порекомендовать два наиболее простых и наиболее часто используемых метода:

- *визуальный метод* — в декартовой системе координат графически изображается временной ряд и методом визуального подбора определяется тип кривой, наиболее точно аппроксимирующей наблюдаемый график;
- с точки зрения простоты используемого математического аппарата в качестве формального метода подбора кривых следует рекомендовать *метод последовательных разностей*, подробное описание которого можно найти в [30].

Определение численных параметров уровней тренда осуществляется с помощью метода наименьших квадратов, подробно описанного в [29].

Прогнозирование на трендовых моделях, достаточно подробно описанное в [30], заключается в определении значений наблюдаемого параметра в зависимости от его прошлых состояний. При этом выдвигаются, как правило, следующие допущения:

- развитие наблюдаемого процесса характеризуется плавно изменяющейся траекторией;
- условия, определяющие тенденцию изменения процесса в прошлом, не претерпевают существенных изменений и в будущем.

Очевидно, что эти условия на практике не всегда выполняются, поэтому в последнее время получили развитие методы адаптивного прогнозирования или прогнозирования с «самообучением» [31], позволяющие с получением новой (в том числе и прогнозной) информации корректировать параметры исходной модели.

6.4. Производственные функции

6.4.1. Основные факторы производства, производственные функции

Обычно в экономической теории выделяют следующие факторы производства: труд, капитал, земля [30]. Под трудом, как фактором производства, подразумеваются любые умственные и физические усилия, прилагаемые людьми в процессе хозяйственной деятельности. Физический смысл вложенного в конечный продукт труда может выражаться через:

- количество участвующих в производственном процессе рабочих;
- продолжительность рабочего времени, затрачиваемого в процессе производства (человеко-часы, человеко-дни);
- фонд заработной платы, выплачиваемой рабочим.

Капитал как фактор производства трактуется экономистами по-разному.

1. С точки зрения классической политэкономии капитал рассматривается как имеющиеся вне предприятия средства производства, при этом различают основной капитал (основные фонды) и оборотный капитал (оборотные фонды);

2. Другой аспект категории капитала связан с его денежным эквивалентом, когда он воплощен в виде инвестиционных финансов (ресурсов).

Третьим фактором производства является земля, параметры которой выражаются обычно через площади, занимаемые под производство. Этот фактор производства прежде всего используется при анализе сельскохозяйственного производства. Говоря о стоимости этого фактора производства, следует выделять его *естественные* (природные) свойства и свойства, создаваемые искусственно человеком. При этом воздействие человека на изменение природных свойств земли не является безграничным. Наступает период, когда дополнительная отдача от земли, получаемая от дополнительного приложения труда и капитала начнет убывать. Эта тенденция в экономической литературе получила название *закона убывающей отдачи* (убывающей доходности). Закон убывающей отдачи применим к земле лишь потому, что в отличие от других факторов производства она обладает одним важным свойством — ограниченностью (нельзя беспредельно увеличивать площади обрабатываемых земель). При этом считается, что этот закон распространяется только на сельское хозяйство и

не касается других видов производства, в том числе и добычи полезных ископаемых. В этом случае полезные ископаемые рассматриваются как часть земли и не могут воспроизводиться заново (приносить возобновляемый доход). С учетом вышеизложенного совокупный общественный продукт Y есть функция затрат живого труда L , капитала K и природных ресурсов N : $Y = f(L, K, N)$.

Такого рода математические зависимости получили название «производственные функции выпуска». Обратные математические зависимости $L=f(Y)$, $K=f(Y)$, $N=f(Y)$ получили название **функции производственных издержек**.

Первые успешные результаты построения производственных функций относятся к 1929 году. Американские ученые — математик Ч. Кобб и экономист П. Дуглас — предложили описывать взаимосвязь выпуска продукции Y с величинами производственных фондов (капитала) K и затратами живого труда L в виде произведения степеней $Y = qK^\alpha L^{\alpha-1}$.

Параметризация этой функции на основе статистических данных за период 1899–1922 гг. по обрабатывающей промышленности США дала следующие результаты: $Y = 1,01K^{0,27}L^{0,73}$.

При построении производственных функций рекомендуется соблюдать нижеперечисленные требования:

- все входящие в производственную функцию величины должны быть измеримы;
- выпуск продукции возможен лишь при определенных затратах ресурсов;
- все виды ресурсов, включенные в производственную функцию, должны быть использованы: при отсутствии хотя бы одного из них выпуск равен нулю (это требование не всегда соблюдается);
- в число аргументов производственной функции должны быть включены все существенные для данного процесса производства факторы (очевидно, это условие не является однозначным);
- ресурсы в той или иной степени могут быть взаимозаменяемыми: в предельном случае — комплементарными, т.е. использоваться в строго определенных пропорциях;
- объемы выпуска продукции ограничены величиной любого из используемых ресурсов;
- производственная функция должна опираться на соответствующую статистическую базу;
- производственная функция предполагается непрерывной и дифференцируемой, что является упрощающей гипотезой, не всегда отвечающей реальности.

Остановимся кратко на основных различиях между регрессионными моделями и производственными функциями. Считается целесообразным называть «производственными функциями» только те регрессионные зависимости, которые выражают зависимость прямых результатов производства от основных

факторов производства. Модели, выражающие связь факторов, не следует называть производственными функциями.

При определении производственных функций обычно используется особый подход к решению вопросов формы связи, ориентированный прежде всего на физический смысл уравнения. Производственные функции, в отличие от обычных уравнений регрессии, используют для их дальнейшего математического исследования. По основной модели путем дифференцирования устанавливаются функции дополнительного продукта, предельной производительности, коэффициенты взаимозамещаемости и т.д.

Анализ взаимосвязей отдельных факторов производства и его результатов позволяет выявлять количественные и качественные изменения, происходящие в производственной системе. Такого рода взаимосвязи получили название факторов экономического роста. К числу таких факторов можно отнести:

- производительность труда — Y/L ;
- трудоемкость продукции — L/Y ;
- производительность капитала (капиталоотдача) — Y/K ;
- капиталоемкость продукции — K/Y ;
- производительность природных ресурсов — Y/N ;
- ресурсоемкость продукции — N/Y .

Кроме того, в ряде случаев интересным может быть изучение взаимосвязей и между отдельными факторами производства, например: капиталоемкость (фондовооруженность) труда — K/L .

Для анализа экономического роста имеют значение и показатели *предельной производительности* отдельных факторов, которые определяют размер прироста выпуска продукции в зависимости от прироста каждого отдельного фактора при неизменности остальных факторов:

- предельная производительность труда — $\Delta Y/\Delta L$;
- предельная производительность капитала — $\Delta Y/\Delta K$;
- предельная производительность природных ресурсов — $\Delta Y/\Delta N$.

В этом случае общий объем выпуска продукции представляет собой сумму произведений каждого из используемых факторов на его предельную произ-

$$\text{водительность: } Y = \frac{\Delta Y}{\Delta L} \cdot L + \frac{\Delta Y}{\Delta K} \cdot K + \frac{\Delta Y}{\Delta N} \cdot N.$$

Экономическое значение производственной функции заключается в том, что она показывает существование альтернативных возможностей получения заданного объема конечных продуктов при различных сочетаниях факторов производства, в том числе и оптимальных.

Взаимосвязь факторов производства является фундаментальным понятием теории производственных функций. Эти взаимосвязи реализуются, как правило, через предпринимательскую деятельность. Объектом предпринимательской деятельности является осуществление наиболее эффективной комбинации факторов производства с целью максимизации дохода. При этом предприниматель берет на себя ответственность за выпуск новой продукции, открытие новых способов производства (технологий), освоение новых рынков сбыта про-

дукции и сырьевых ресурсов, самостоятельно формирует производственную программу и ценовую политику. Перед ним встают, как правило, три задачи:

- 1) минимизация издержек производства заданного количества продукции;
- 2) определение производственной программы, максимизирующей прибыль предприятия;
- 3) определение оптимальных размеров предприятия.

Все три задачи непосредственно связаны с определением наиболее рационального сочетания (взаимосвязи) всех существенных факторов производства. Рассмотрим это положение на условном примере.

Пример. Предположим, что 100 единиц некоторого продукта можно произвести, используя различные сочетания труда и капитала (табл. 6.2), при заработной плате одного рабочего в две условные единицы и стоимости единицы капитала в три условные единицы.

Таблица 6.2

Исходные данные

Количество средств производства K (капитал)	6	3	2	1
Количество рабочих L (труд)	1	2	3	6

На рис. 6.3 представим кривую *равного продукта* или кривую *безразличия производства (изокванту)*. На рис. 6.4 построим линию равных издержек, т.е. соединим точки по осям K и L , в которых затраты на факторы производства будут равными. Пусть у предпринимателя имеются 3 условные единицы средств. Затратив все средства на капитал, он сможет приобрести 1 единицу этого ресурса (цена единицы капитала — 3); затратив все средства на труд, он сможет приобрести 1,5 единицы. Соединив эти точки, получим прямую равных издержек (в три условные единицы) при различных сочетаниях K и L . Такого рода линии получили название *изокост*. На рис. 6.5 представлены совмещенные графики кривой равного продукта с множеством линий равных издержек. В точке, где кривая равного продукта касается линии равных издержек, издержки производства минимальны. Таким образом, для данного способа производства при общих издержках в 12 условных единиц *оптимальное* сочетание труда и капитала составляет три к двум — $3L \times 2y/ед + 2K \times 3y/ед = 12y/ед$.

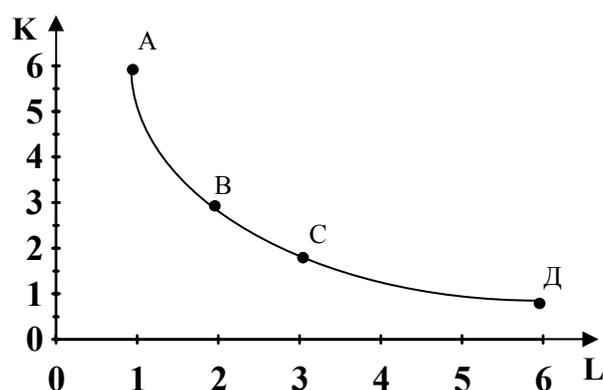


Рис. 6.3. Уравнение безразличия производства

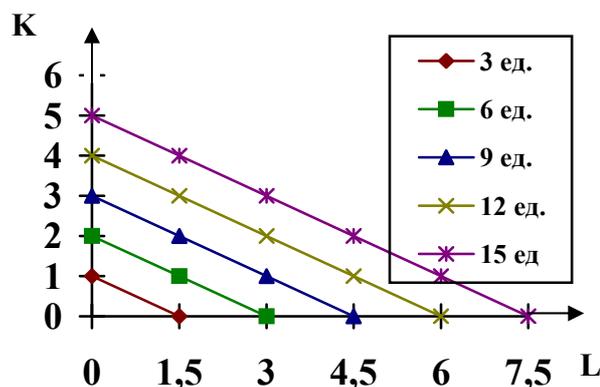


Рис. 6.4. Уравнение равных издержек

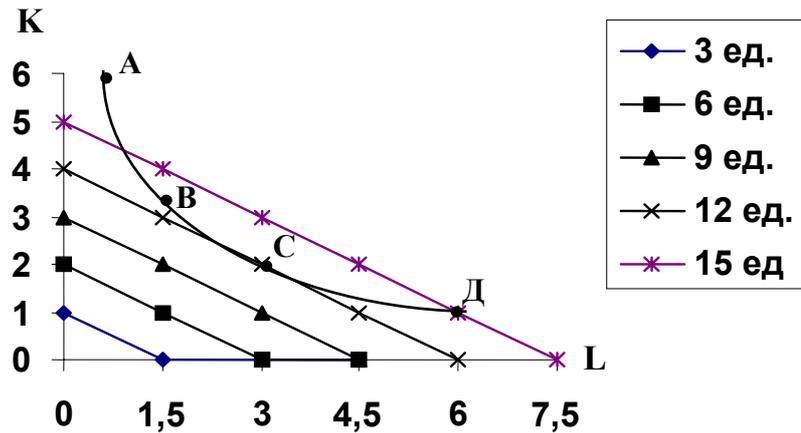


Рис. 6.5. Уравнение оптимального сочетания ресурсов

Вместе с тем следует заметить, что замена одного фактора производства другим может производиться с учетом множества дополнительных ограничений. Так, например, при контрактной форме привлечения трудовых ресурсов гибкому и оперативному изменению могут подвергаться только оборотные средства. Такие же факторы производства, как труд, капитал, земля, могут изменяться в течение достаточно продолжительного периода (3–10 лет).

6.4.2. Основные характеристики производственных функций

Рассмотрим некоторые наиболее общие характеристики производственных функций, используемых при анализе производственных ситуаций [7]. Будем рассматривать производственные функции с одним продуктом и несколькими видами ресурсов. Функция выпуска в этом случае имеет вид $Y=f(X)$, где Y — скаляр, а $X=(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$ — вектор и $x_i \geq 0, i = \overline{1, n}$. При этом будем считать, что все входные переменные непрерывны, а результирующий показатель достаточно гладко меняется при изменении переменных.

Для определения основных характеристик сделаем ряд предположений, имеющих под собой определенное экономическое содержание.

Первое экономическое предположение состоит в том, что при отсутствии хотя бы одного производственного ресурса производство невозможно, т.е.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_i = 0, \dots, x_n) = 0. \quad (6.18)$$

Это предположение говорит о том, что невозможно даже при использовании взаимозаменяемых ресурсов один ресурс полностью заменить другим. Речь может идти только о взаимном дополнении (замещении) ресурсов в технологически определенных интервалах их изменения.

Второе экономическое предположение связано с направлением изменения объемов производства в зависимости от изменения количества используемых ресурсов. Предполагается, что при увеличении производственных ресурсов выпуск продукции не уменьшается, т.е.

$$f(x_1) \leq f(x_2) \text{ при } x_1 \leq x_2. \quad (6.19)$$

В случае если $f(x_i)$ дифференцируема, то первая характеристика производственной функции может быть представлена следующим выражением:

$$\beta_i = \frac{\partial f(x)}{\partial x_i} \geq 0, i = \overline{1, n}. \quad (6.20)$$

Величина β_i называется **предельной эффективностью** и характеризует отношение прироста выпуска продукции к малому приросту количества i -го производственного ресурса. Заметим, что это предположение не всегда выполняется. Очевидно, что непрерывное увеличение такого фактора производства, как земельные ресурсы, может привести к снижению качества их обработки, а отсюда и к уменьшению урожайности. В этом случае интервалы изменения векторов x_i , в которых отношение (6.18) выполняется, называются экономически целесообразной областью изменения ресурсов, вне этой области дополнительные затраты по применению ресурсов невыгодны.

Эффективность использования ресурсов можно определить не только предельной эффективностью в некоторых точках, но интегрированным показателем — **средней эффективностью** ресурсов, определяемой выражением

$$r_i = \frac{f(x)}{x_i}. \quad (6.21)$$

Средняя эффективность обычно отличается от предельной эффективности. Так, для степенной производственной функции $y = x^\alpha$ при $x > 0$ получим $\beta = \alpha \cdot x^{\alpha-1}$. В свою очередь, средняя эффективность определяется выражением $x^{\alpha-1}$. В силу того, что α изменяется в пределах $0 < \alpha < 1$, для этой производственной функции предельная эффективность всегда будет ниже средней.

Определение численных характеристик β_i (частных производных по x_i) в точках $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ позволяет исследовать сложившиеся тенденции изменения эффективности использования x_i -го производственного фактора. При этом точки $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ обязательно должны принадлежать экономически целесообразной области изменения x_i . В табл. 6.3 представлены возможные варианты производственных ситуаций исследования эффективности x_i -го фактора.

Таблица 6.3

Варианты производственных ситуаций по эффективности x_i -го фактора

$y(t)$	$x_i(t)$	$\beta_i(t)$	Производственная ситуация
Увеличение	Увеличение	Увеличение	Положительная ситуация
Увеличение	Увеличение	Уменьшение	При общей положительной ситуации наблюдается тенденция уменьшения эффективности использования x_i ресурса
Уменьшение	Увеличение	Уменьшение	Критическая ситуация
Уменьшение	Увеличение	Увеличение	При общей критической ситуации наблюдается тенденция увеличения эффективности использования x_i ресурса

Третье предположение связано с тем, что в условиях чисто экстенсивного роста производства (в основном за счет привлечения дополнительных ресурсов) увеличение затрат лишь одного производственного ресурса приводит к снижению эффективности его использования. Например, непрерывный рост станочного парка без увеличения соответствующей численности работающих не приводит к пропорциональному увеличению объемов производства. Математически это предположение реализуется через двойное дифференцирование производственной функции:

$$\frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_i^2} < 0. \quad (6.22)$$

Четвертое предположение ориентировано на то, что при пропорциональном росте количества используемых ресурсов на величину λ объемы производства увеличиваются на эту же величину, т.е.

$$f(\lambda x_i) = \lambda f(x_i), \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{при } \lambda > 0. \quad (6.23)$$

Такие производственные функции получили название производственных функций с постоянной отдачей от расширения производства.

На базе сформулированных предположений определим еще ряд важных характеристик производственной функции:

- **эластичность выпуска по ресурсам** —

$$E_i(x) = \frac{x_i}{f(x)} \cdot \frac{\partial f(x)}{\partial x_i}. \quad (6.24)$$

Этот показатель используется для определения процентного изменения объемов выпуска при изменении затрат соответствующего ресурса на 1 %.

Для рассмотренной ранее степенной функции эластичность выпуска по ресурсам определяется как соотношение предельной и средней эффективности использования производственного ресурса:

$$E_1(x) = \frac{x}{y} \frac{\partial y}{\partial x_1} = \alpha_1. \quad (6.25)$$

Таким образом, отношение этих двух показателей эффективности характеризуется постоянной эластичностью выпуска по отношению к изменяющемуся ресурсу (другими словами, не зависит от количества используемых ресурсов);

- **эластичность производства** —

$$E(x) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{f(x)} \cdot \frac{\partial f(x)}{\partial x_i}. \quad (6.26)$$

Показатель эластичности производства показывает процентное изменение выпуска при расширении масштабов производства в точке $x = \{x_i\}$, $i = \overline{1, n}$, на один процент и определяется как сумма эластичностей выпуска по отношению к затратам различных ресурсов в этой точке. При $E(x) > 1$ имеет место возрастающая, при $E(x) = 1$ — постоянная, а при $E(x) < 1$ — убывающая отдача от расширения масштабов производства. Очевидно, что численный анализ этих

показателей, рассчитанных в точках (t_1, t_2, \dots, t_n) , позволяет определить влияние каждого из ресурсов на объемы производства.

При этом анализ можно проводить в следующих направлениях:

- определение тенденций изменения $E_i(x(t))$, $x_i \in x$, $t = \overline{1, n}$;
- определение тенденции изменения $E(x(t))$, $t = \overline{1, n}$;
- сравнение абсолютных значений $E_i(x(t))$ $E_j(x(t))$, $x_i, x_j \in x$, $t = \overline{1, n}$.

Продолжая рассматривать пример со степенной производственной функцией, но уже с несколькими переменными, отметим, что эластичность производства определяется по следующему выражению:

$$E(x) = \sum_{i=1}^n E_i(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i. \quad (6.27)$$

Следующей важной характеристикой производственной функции, позволяющей определять оптимальные пропорции развития производства, является **предельная норма замещения ресурсов**

$$\gamma(x_i, x_j) = \frac{\partial x_j}{\partial x_i} = - \frac{\partial f(x) / \partial x_j}{\partial f(x) / \partial x_i}. \quad (6.28)$$

Данная характеристика показывает, сколько единиц x_i -го ресурса требуется для замещения одной единицы x_j -го ресурса при заданном объеме выпуска продукции. Знак минус говорит о том, что при уменьшении затрат одного ресурса необходимо увеличить затраты другого. Рассмотрим вопрос о замещении производственных ресурсов в степенной функции с несколькими переменными. Предельная норма замещения будет определяться выражением

$$\gamma(x_i, x_j) = - \frac{\alpha_j \cdot x_i}{\alpha_i \cdot x_j}. \quad (6.29)$$

Таким образом, предельная норма замещения является линейной функцией отношения объемов ресурсов. При постоянном росте объемов производственных ресурсов предельная норма замещения не изменяется. При стремлении количества замещаемого ресурса к нулю предельная норма замещения падает, но остается положительной, т.е. возможность замещения сохраняется и при бесконечно малом количестве замещаемого ресурса. Количественной характеристикой скорости изменения предельной нормы замещения вдоль изокванты является **показатель эластичности замещения ресурсов**

$$\sigma(x_i, x_j) = \frac{d(x_i / x_j)}{d\gamma(x_i, x_j)} \cdot \frac{\gamma(x_i / x_j)}{(x_i / x_j)}. \quad (6.30)$$

В общем случае эластичность замещения ресурсов приблизительно показывает, на сколько процентов должно измениться соотношение ресурсов при движении вдоль изокванты, чтобы при этом предельная норма замещения изменилась на один процент. Чем больше величина σ , тем в более широких пределах производственные ресурсы могут замещать друг друга. Нулевая эластичность означает, что замещение между ресурсами отсутствует, а бесконечно

большая эластичность — что каждый из ресурсов используется независимо. Эластичность замещения ресурсов для степенной производственной функции постоянна и равна единице. Это означает, что параметры замещения одного ресурса другим заданы заранее вне зависимости от желания исследователя.

Особое значение при анализе производственных ситуаций отводится вопросам определения варианта оптимального соотношения ресурсов. Для решения задачи вводится понятие изокванты как поверхности множества точек x пространства затрат, необходимых для выпуска заданного уровня продукции:

$$Q(y_0) = \{x : f(x) = y_0\}. \quad (6.31)$$

Пример поверхности изокванты степенной производственной функции двух переменных $y = x_1^\alpha \cdot x_2^{\alpha-1}$ представлен на рис. 6.6. Функция $x_2(x_1)$, определяющая количество ресурсов одного вида, необходимого для получения заданного объема выпуска конечного продукта в зависимости от количества используемых ресурсов второго вида, является монотонно убывающей функцией. Очевидно, что при изменении объемов выпуска можно получить семейство изоквант.

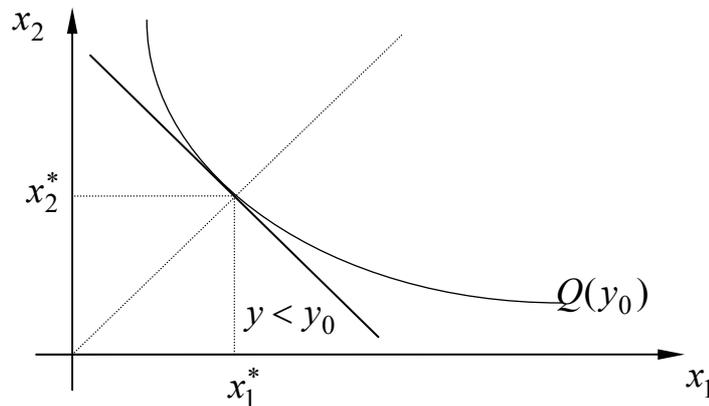


Рис. 6.6. Изокванта производственной функции двух переменных

К основным свойствам изокванты следует отнести такие утверждения:

- изокванты не пересекаются друг с другом;
- изокванта $Q(y_0)$ разбивает пространство ресурсов на два множества, в одном из которых $y < y_0$, а в другом $y > y_0$, причем граница между множествами проходит по изокванте $Q(y_0)$;

- большему выпуску продукции соответствует изокванта, более отдаленная от начала координат;

- изокванты не имеют точек пересечения с осями координат.

Исследование характеристик предельных норм замещения ресурсов должно проводиться в следующих направлениях:

- сравнительного анализа значений $\sigma(x_i, x_j), \gamma(x_i, x_j)$ в одних и тех же интервалах времени;

- сопоставления этих характеристик с учетом ранее рассчитанных величин $E(x_i)$ и β_i , позволяющего сделать выводы о предпочтительности привлечения ресурсов определенного вида при расширении масштабов производства;

- построения совокупности изоквант для заданных объемов выпуска продукции, позволяющей определить оптимальные пропорции изменения производственных факторов при расширении масштабов производства.

Для решения последней задачи необходимо определить аналитическое выражение уравнения изокванты; построить совокупность изокванты для прогнозных значений объемов производства; определить оптимальные соотношения производственных факторов, исходя из анализа ранее рассчитанных характеристик производственной функции $\beta_i, E(x_i), \gamma(x_j, x_i)$.

При построении изоквант интервалы изменения величин x_i выбираются из совокупности точек экономически целесообразной области изменения. В данном случае это могут быть интервалы между максимумом и минимумом x_i в рассматриваемых интервалах времени.

В заключение представим обобщенную схему исследования (анализа) производственной системы с использованием вышеизложенного математического аппарата (рис. 6.7).



Рис. 6.7. Обобщенная схема исследования производственной системы

6.5. Функции производственных издержек (затрат)

Функции производственных издержек определяют объемы затрат ресурсов, необходимых для выпуска определенного количества продукции. Для случая нескольких ресурсов функция затрат имеет следующий вид:

$$x_i = h_i(y), \quad i = \overline{1, n}. \quad (6.32)$$

Потребление каждого из ресурсов задается однозначной функцией количества выпускаемой продукции. Объемы потребления ресурсов определяются технологическими режимами производства, замещение ресурсов невозможно, дефицит одного из ресурсов не позволяет увеличить объем выпуска за счет других.

Некоторые свойства производственных функций характерны и для функции затрат:

1) при отсутствии объемов производства значения затрат равны нулю, т.е. в случае отсутствия выпуска продукции тратить ресурсы нет необходимости;

2) рост объемов производства требует увеличения количества используемых ресурсов, темпы роста затрат ресурсов определяются величиной предельных затрат ресурсов

$$\beta_i = h_i(y) = \frac{\partial x_i}{\partial y} = \frac{1}{\partial y / \partial x_i} > 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (6.33)$$

Как видно из выражения (6.33), предельные затраты ресурсов пропорциональны предельной эффективности ресурсов. Введем понятие средних затрат $q_i(y) = x_i / y$. Отношение предельных затрат i -го ресурса к его средним затратам определяется выражением:

$$\beta_i / q_i(y) = \left(\frac{\partial x_i}{\partial y} \right) \cdot \left(\frac{y}{x_i} \right) = 1 / E_i(x), \quad (6.34)$$

где $E_i(x)$ — эластичность выпуска по i -му ресурсу;

3) в ряде случаев делается предположение о росте предельных затрат с ростом объемов производства, т.е. $h''(y) > 0$. Такое предположение имеет место при экстенсивном способе производства, а при интенсивном развитии производства — $h''(y) < 0$.

Опишем некоторые характерные функции затрат с одним продуктом. Наиболее проста линейная однородная функция

$$x_i = a_i \cdot y, \quad i = \overline{1, n}, \quad (6.35)$$

где a_i — неотрицательные параметры.

В этом случае предельные затраты каждого из ресурсов равны средним и определяются величиной a_i . Модификацией линейной функции является линейная неоднородная функция

$$x_i = A_i + a_i \cdot y, \quad i = \overline{1, n}. \quad (6.36)$$

Эта функция характерна для производственных способов, когда приходится заранее производить капитальные затраты, объем которых не зависит от объемов производства.

Для того чтобы не нарушать предположение о нулевых затратах, при нулевом выпуске иногда вместо функции (6.36) используют функцию вида

$$x_i = \begin{cases} A_i + a_i \cdot y, & \text{при } y > 0; \\ 0, & \text{при } y \leq 0. \end{cases} \quad (6.37)$$

В качестве функций производственных издержек, характерных для возрастания или убывания предельных затрат ресурсов, часто используют степенные функции

$$x_i = a_i \cdot y^{\alpha_i}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (6.38)$$

Для таких функций характерны следующие свойства:

$$x_i = h_i(0) = 0;$$

$$\beta_i = h'(y) = \alpha_i \cdot a_i \cdot y^{\alpha_i - 1};$$

$$h''(y) = \alpha_i \cdot a_i \cdot (\alpha_i - 1) \cdot y^{\alpha_i - 2}.$$

Если $\alpha_i < 1$, то это функция с убывающими предельными затратами, если $\alpha_i > 1$, то это функция с возрастающими предельными затратами. В отличие от производственных функций, которые обычно описывают сложные производственные процессы, функции производственных издержек могут использоваться для описания относительно простых систем. При этом для одного и того же объекта, но для различных ресурсов, могут использоваться различные виды функций затрат. Например, затраты сырьевых (материальных) ресурсов описываются линейными однородными функциями, а затраты основных фондов и трудовых ресурсов — степенными функциями, характеризующими экономию затрат, связанную с увеличением масштабов производства.

Контрольные вопросы

1. Представьте обобщенную схему количественного определения и оценивания проблемной ситуации, перечислите необходимые условия ее использования.
2. Перечислите и дайте краткую характеристику основным этапам построения регрессионных моделей.
3. Дайте понятие производственной функции, перечислите основные факторы производства.
4. Перечислите сходства и различия регрессионных моделей и производственных функций.
5. Приведите математическое выражение эластичности производства, поясните его физический смысл и приведите примеры практического использования этого показателя при исследовании систем.
6. Приведите математическое выражение предельной нормы замещения ресурсов, поясните его физический смысл и приведите примеры практического использования этого показателя при исследовании систем.
7. Дайте понятие изокванты, приведите примеры ее практического использования при исследовании систем.

8. Раскройте понятие трендовых моделей, перечислите основные виды моделей и их свойства.

9. Назовите основные методы прогнозирования на трендовых моделях.

10. Перечислите и прокомментируйте основные свойства производственных функций.

11. Опишите основные свойства функций производственных издержек, приведите сравнительный анализ этих свойств с аналогичными свойствами производственных функций.

12. Перечислите основные виды функций производственных затрат, приведите примеры их практического использования.

7. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ

7.1. Модели развития и размещения производств

7.1.1. Классификация моделей

Среди задач долгосрочного планирования особое место занимают проблемы развития и размещения производств. Причем это касается как строительства новых производственных комплексов, так и развития действующих производств. Просчеты, допущенные на этой стадии планирования, как правило, неисправимы и приводят к большим производственным потерям (издержкам) в процессе функционирования этих производств.

В общем случае эта задача формулируется следующим образом: при заданных (прогнозных) потребностях и структуре продукции, ограничениях на ресурсы найти варианты развития и размещения производств на перспективу (объемы производства, обеспечивающие спрос, транспортные схемы доставки сырья и готовой продукции) при минимизации комплексного критерия эффективности на создание и функционирование предприятий.

В литературе по математическому моделированию имеется достаточно большое количество вариантов математических моделей для рассматриваемого класса задач. В этой связи рассмотрим некоторую классификацию этого множества и особенности реализации моделей в каждом из выделенных классов. Все множество рассматриваемых моделей будем классифицировать [37]:

- по виду используемого критерия оптимальности;
- по способу учета фактора времени;
- по типу используемых переменных;
- по способам учета транспортных факторов;
- по степени учета этапов жизненного цикла конечных продуктов;
- по количеству конечных продуктов исследуемого производства.

Остановимся на особенностях каждой группы более подробно. При этом будем рассматривать только класс однопродуктовых задач.

В качестве критерия оптимальности задачи чаще всего используют показатели минимума приведенных затрат и максимума получаемой прибыли. При решении задачи по критерию минимума приведенных затрат в целевой функции отражаются затраты, учитывающие полный жизненный цикл конечного продукта (сырье, производство, транспортировка, хранение, реализация и потребление). Целесообразность использования этого критерия определяется нижеприведенными условиями:

- спрос на продукцию практически не зависит от цен и подлежит обязательному удовлетворению;
- потребность в продукции является заданной и подлежит обязательному удовлетворению;

- цена реализации продукции не является достаточно надежной и не может быть точно установлена к моменту решения задачи.

При решении задачи по критерию максимума прибыли целевая функция представляет собой разность между доходом от реализации произведенной продукции и затратами на ее выпуск, транспортировку, переработку и использование. Существенной особенностью постановки задачи в такой форме является возможность сравнения вариантов развития производства, отличающихся как затратами, так и результатами — объемом, структурой и динамикой выпуска продукции. Особое значение приобретают в этих задачах ограничения на используемые ресурсы, и в данном случае задачи следует формулировать при выполнении следующих условий:

- величина спроса на продукцию в значительной степени определяется ценами;
- общая потребность в продукции значительно больше производственных возможностей;
- структура выпуска продукции не может быть определена до решения задачи;
- прогнозы ценовой стратегии являются достаточно надежными.

С точки зрения учета фактора времени различают динамические и статические постановки задач развития и размещения. Наиболее общей и методологически правильной является динамическая постановка задачи, при которой функционирование производственного комплекса рассматривается в рамках единой задачи для каждого периода планирования. При статической постановке задачи будущее состояние производства определяется для фиксированного контрольного периода (чаще всего последнего года планирования). В статической постановке в качестве показателей-аргументов используются интегральные (суммарные за ряд лет) параметры, в динамической же постановке могут использоваться как интегральные, так и среднегодовые взвешенные показатели.

По типу используемых переменных различают дискретные (вариантные) и непрерывные (безвариантные) постановки задач. В вариантных задачах с дискретными переменными предусматривается возможность предварительного (до решения задачи) определения конечного числа возможных вариантов развития каждого предприятия с фиксированием мощности, специализации и величины затрат. При этом переменные принимают как дискретные, так и булевы значения. В оптимальный план такие варианты либо входят целиком, либо вообще из него исключаются.

Безвариантные задачи с непрерывными переменными используют в тех случаях, когда технико-экономические параметры модели должны быть определены в ходе решения задачи. В этом случае задается определенный диапазон изменения основных параметров, оптимальные значения которых выбираются на основе некоторых закономерностей (например, зависимости затрат от объема производства).

По степени учета влияния транспортного фактора различают производственные и производственно-транспортные задачи. Если в первом случае транспортным фактором можно пренебречь из-за незначительности его влияния на вариант развития и размещения производств, то во втором — задача решается только при комплексном учете как производственных затрат, так и затрат на транспортировку сырья, материалов и готовой продукции. По способу отражения транспортных условий в модели различают задачи в матричной и сетевой формах. При постановке задачи в матричной форме предварительно разрабатываются рациональные маршруты по доставке продукции от поставщиков к потребителям и исчисляются суммарные транспортные затраты на перевозки по этим маршрутам. При постановке задач в сетевой форме рассматривается реальная транспортная сеть, для которой определены затраты по отдельным звеньям. Оптимальные же маршруты движения грузов определяются в ходе решения самой задачи.

По степени учета этапов жизненного цикла конечного продукта выделяют одноступенчатые (одноэтапные) и многоступенчатые (многоэтапные) модели. В первом варианте рассматриваются задачи развития и размещения производства, в которых связи по производству и доставке продукции в системе учитываются по схеме «производство-потребление». Необходимость учета прохождения исходного продукта (сырья) через несколько этапов переработки, достаточно жестко связанных друг с другом (руда, чугун, сталь, прокат), приводит к постановке многоэтапных задач.

Рассмотрим в дальнейшем математические постановки задач, учитывающие большинство выделенных признаков классификации. Следует отметить, что при решении задачи в любой постановке определению подлежат:

- пункты размещения, показатели концентрации (мощности) и специализации (ассортимент, объем выпуска отдельных видов продукции) предприятий;
- темпы прироста комплекса и отдельных его частей;
- технологические схемы производства продукции;
- степень удовлетворения спроса на продукцию отдельных потребителей;
- система связей по доставке сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции;
- величины потребности в капитальных вложениях и других ресурсах общехозяйственного использования;
- оценки ресурсов, используемых исключительно в рамках данного производственного комплекса.

7.1.2. Одноэтапные модели развития и размещения

Простейшей попыткой отразить в рамках единой модели действие разнообразных факторов, существенно влияющих на вариант развития и размещения предприятий, является использование для этих целей открытой транспортной задачи линейного программирования.

Пусть известны

b_j — потребность в данном продукте j -го пункта потребления;

a_i — верхний предел мощности i -го действующего предприятий либо предприятия, требующего реконструкции или нового строительства;

c_{ij} — затраты на производство и доставку единицы продукта от i -го пункта производства до j -го пункта потребителя.

Требуется определить

x_{ij} — объемы поставок от i -го поставщика к j -му потребителю;

x_i — мощности каждого предприятия при минимизации целевой функции

$$L(x_{ij}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min; \quad (7.1)$$

и выполнении ограничений:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_{ij}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (7.2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = x_i < a_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (7.3)$$

$$x_{ij} > 0, \quad x_i > 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (7.4)$$

В результате решения уравнений (7.1)–(7.4) с помощью любого известного алгоритма транспортной задачи можно получить оптимальную схему транспортных связей и вариант развития производства. В пунктах, которые в оптимальном распределении окажутся связанными с реальными потребителями, целесообразно довести объемы производства до величины x_i . В пунктах, прикрепившихся к фиктивному потребителю, развитие производства неэффективно, и величина $x_i = 0$.

Более сложными являются безвариантная и вариантная постановки задач в условиях отдельного учета транспортного и производственного факторов. В данном случае принимается гипотеза о том, что при равенстве прочих условий увеличение масштабов производства ведет к снижению удельных текущих и капитальных затрат вследствие постоянства целого ряда составляющих этих затрат или по крайней мере их непропорционального (более медленного) роста. При этом считается заданной зависимость себестоимости выпуска продукции от проектной мощности предприятия. В этом случае задача развития и размещения имеет нелинейный функционал и условие (7.1) предыдущей модели следует заменить на условие

$$L(x_i, x_{ij}) = \sum_{i=1}^m \varphi_i(x_i) x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (7.5)$$

где $\varphi_i(x_i)$ — функции, характеризующие зависимость себестоимости продукции i -го предприятия от объема производства;

t_{ij} — транспортные расходы на доставку единицы груза от i -го предприятия j -му потребителю.

Ограничения (7.2), (7.3) задачи остаются без изменения. Естественно, при такой постановке предполагается определение для каждого предприятия зависимости $\varphi_i(x_i)$, своего рода производственной функции, связывающей затраты на производство от объема последнего.

При рассмотрении вопроса о характере зависимости затрат на производство от его объема до сих пор предполагалось, что функции, описывающие соответствующие связи, непрерывны. Для целого ряда производств, мощности которых могут изменяться произвольно без каких-либо ограничений, такое предположение вполне допустимо. Однако весьма часто встречаются случаи, когда мощность предприятия формируется за счет крупных неделимых агрегатов и изменяется дискретно, принимая только вполне определенные значения, кратные составляющим ее агрегатам. В этом случае функция, отражающая зависимость затрат от объема производства, будет представлять собой дискретный набор точек, соответствующих дискретно меняющимся значениям аргумента — производственной мощности.

В этом случае задача развития и размещения может быть представлена в следующей вариантной постановке.

Пусть имеется m пунктов размещения производств, мощности которых могут принимать одно из возможных значений $[A_1, A_2, \dots, A_p, \dots, A_k]$.

Считаются заданными:

b_j — потребности j -го потребителя;

c_{ip} — приведенные затраты по выпуску продукции i -го предприятия при проектной мощности A_p ;

t_{ij} — транспортные расходы по транспортировке единицы продукции i -го предприятия к j -му потребителю.

Требуется определить множества:

$$X = \{x_{ij}\} \text{ и } Y = \{y_{ip}\},$$

где x_{ij} — объем перевозки от i -го предприятия к j -му потребителю;

$$y_{ip} = \begin{cases} 1, & \text{если на } i\text{-ом предприятии создается производство мощности } A_p; \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

при минимизации целевой функции

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^n c_{ip} y_{ip} A_p + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (7.6)$$

и выполнении следующей системы ограничений:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (7.7)$$

$$\sum_{p=1}^k A_p y_{ip} - \sum_{j=1}^n x_{ij} = 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7.8)$$

$$\sum_{p=1}^k y_{ip} = 1, \quad i = \overline{1, m}. \quad (7.9)$$

В данном случае выражение (7.6) минимизирует приведенные затраты на выпуск и транспортировку продукции, а ограничения (7.7)–(7.9) означают соответственно, что потребности потребителей должны быть удовлетворены, вся выпущенная продукция должна быть потреблена, каждое предприятие имеет только одну вполне определенную мощность.

7.1.3. Многоэтапные модели развития и размещения

Рассмотренные выше модели развития и размещения учитывают более сложные связи в производстве и доставке продукции. Так, во многих случаях при размещении предприятий необходимо учитывать не только зависимость пунктов строительства новых предприятий от районов потребления, но и от источников сырья. Кроме того, продукт зачастую проходит последовательную обработку на нескольких предприятиях, и необходимо комплексное решение проблемы размещения всех предприятий. Иногда продукт попадает к потребителю не непосредственно, а через систему сбытовых складов и баз, и при решении задачи необходимо учитывать размещение последних.

Рассмотрим один из вариантов данной задачи, когда производственная система состоит из трех этапов: добыча (хранение) сырья — переработка — потребление, и при этом характеризуется рядом специфических особенностей:

- наличием нескольких видов потребляемой продукции (непосредственно с месторождений в виде сырья, после переработки на заводах, а также смешанное потребление сырья и готовой продукции);
- существенным превышением суммарных мощностей предприятий, строительство которых возможно на имеющейся сырьевой базе над суммарными потребностями в продукции потребителей;
- значительным рассредоточением предприятий поставщиков и потребителей на большой территории, вследствие чего существенна роль транспортной составляющей в объеме приведенных затрат;
- зависимостью расчетной мощности предприятий от объемов исходных запасов сырья и длительности освоения месторождений;
- ограниченностью капиталовложений, выделенных для реализации схемы развития и размещения.

Наличие нескольких технологий потребления позволяет выделить следующие виды производственно-технологических схем процессов добычи и использования готовой продукции (рис. 7.1).

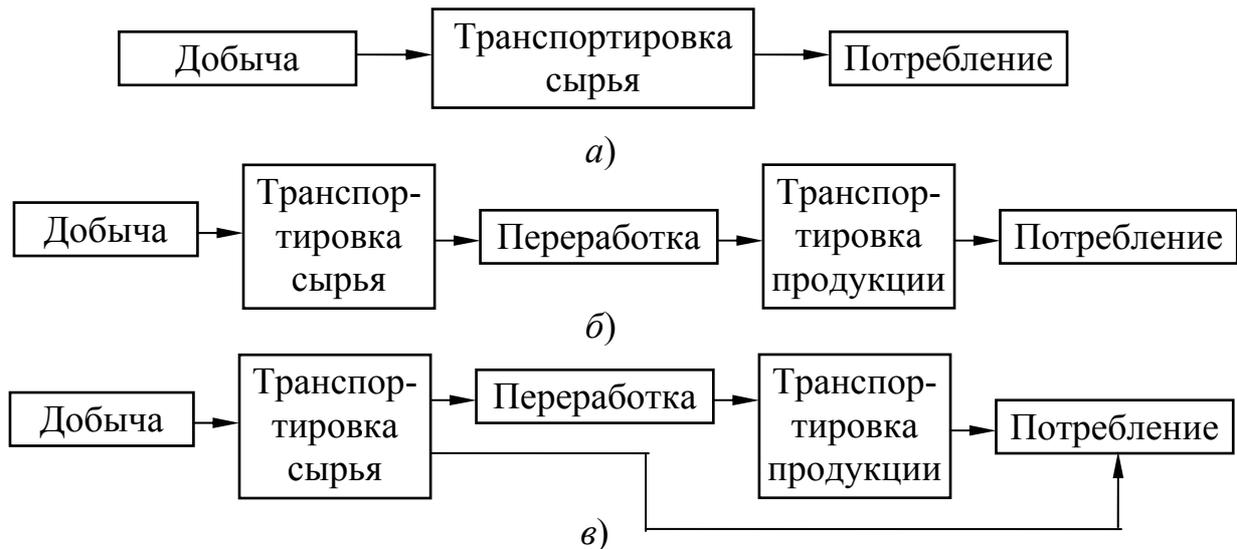


Рис. 7.1. Схема производственно-технологических связей процесса добычи и использования сырья

Так, в первом случае (рис. 7.1, а) предусматривается использование сырьевого продукта с дополнительными транспортными затратами у потребителя, во втором (рис. 7.1, б) — из исходного сырья производится продукция, которая доставляется потребителю. В третьем случае (рис. 7.1, в) предполагается совместное использование как сырьевого, так и конечного продуктов. Очевидно, что качество решения задач развития и размещения во многом определяется качеством и достоверностью исходной информации. Поэтому наряду с постановкой и решением основной задачи развития и размещения рассматривается обычно и ряд вспомогательных задач, позволяющих сформировать исходное множество нормативов:

- перспективные потребности в продукции;
- варианты мощностей предприятий и их технико-экономические параметры;
- оптимальные схемы транспортировки продукции и соответствующие им транспортные издержки.

С учетом вышеизложенного задачу развития и размещения в такой постановке можно описать в виде взаимосвязанного комплекса моделей (рис. 7.2):

- прогнозирования перспективной потребности в продукции;
- определения вариантов мощностей предприятия и его технико-экономических показателей;
- формирования транспортной сети;
- развития и размещения производства.

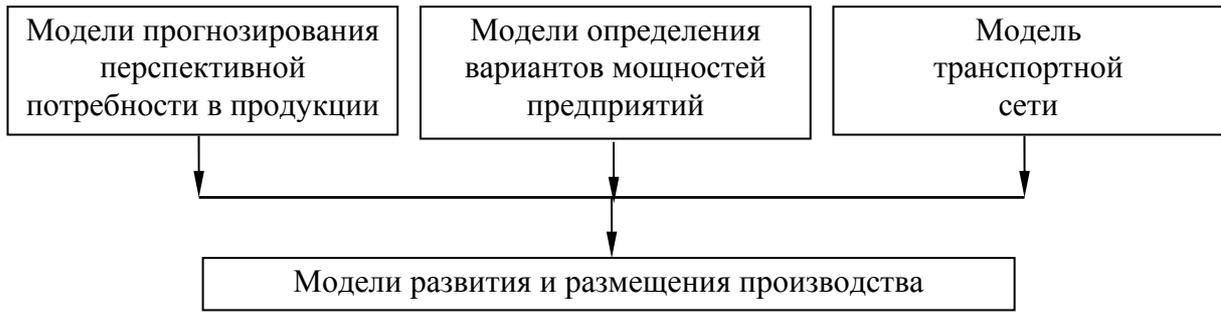


Рис. 7.2. Формальная структура моделей развития и размещения производства

Очевидно, что задачи определения перспективной потребности в продукции и вариантов мощности предприятий могут быть решены с использованием математического аппарата производственных функций, факторных и трендовых моделей прогнозирования. Поэтому остановимся в дальнейшем только на модели транспортных составляющих задачи.

Введем переменные:

пусть x_i — объем добычи сырья на i -ом предприятии;

y_p — проектные мощности p -го завода по переработке сырья;

b_j — потребность в продукции j -го потребителя (района);

x_{ij} — объемы перевозок сырья от i -го предприятия к j -му потребителю;

y_{pj} — объемы перевозок готовой продукции с p -го завода к j -му потребителю;

x_{ip} — объемы перевозок сырья из i -го предприятия на p -й завод;

c_{ij} — удельные транспортные затраты при перевозке сырья с i -го предприятия j -му потребителю;

c_{ip} — удельные транспортные затраты при перевозке сырья с i -го предприятия к p -му заводу;

t_{pj} — удельные транспортные затраты при перевозке продукции с p -го завода j -му потребителю;

$Z_i(x)$ — удельные приведенные затраты на производство единицы сырья i -го предприятия;

$Z_p(y)$ — удельные приведенные затраты на производство единицы продукции p -го завода;

$K_i(x)$ — удельные капиталовложения на развитие i -го предприятия;

$K_p(y)$ — удельные капиталовложения на развитие p -го завода;

$\underline{d}_i, \overline{d}_i$ — минимально и максимально допустимая мощность i -го предприятия;

$\underline{d}_p, \overline{d}_p$ — минимально и максимально допустимая мощность p -го завода.

Задача состоит в определении множества

$$X_1 = \{x_i, x_{ij}\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}; \quad X_2 = \{x_{ip}\}, i = \overline{1, m}, p = \overline{1, k};$$

$$Y = \{y_p, y_{pj}\}, p = \overline{1, k}, j = \overline{1, n},$$

при минимизации целевой функции (7.9) и выполнении системы ограничений:

$$Z = \left\{ \left[\sum_{i=1}^m Z_i(x)x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^k c_{ip}x_{ip} \right] + \left[\sum_{p=1}^k Z_p(y)y_p + \sum_{p=1}^k \sum_{j=1}^n t_{pj}y_{pj} \right] \right\} \rightarrow \min; \quad (7.10)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + \sum_{p=1}^k x_{ip} - x_i = 0, i = \overline{1, m}; \quad (7.11)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{pj} - y_p = 0, p = \overline{1, k}; \quad (7.12)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} + \sum_{p=1}^k y_{pj} = b_j, j = \overline{1, n}; \quad (7.13)$$

$$\sum_{i=1}^m K_i(x)x_i + \sum_{p=1}^k K_p(y)y_p \leq K; \quad (7.14)$$

$$\underline{d}_i \leq x_i \leq \overline{d}_i, i = \overline{1, m}; \quad (7.15)$$

$$\underline{d}_p \leq y_p \leq \overline{d}_p, p = \overline{1, k}; \quad (7.16)$$

$$x_i, x_{ij}, x_{ip}, y_p, y_{pj} \geq 0. \quad (7.17)$$

Приведенная модель (7.10)–(7.17) описывает производственно-технологическую структуру смешанного потребления сырья и производства продукции (рис. 7.1, в).

Первая часть выражения целевой функции определяет затраты на производство и транспортировку (как до конечных потребителей, так и до заводов по переработке) продукции. Вторая часть определяет затраты на переработку сырья и доставку его до районов-потребителей. В общем случае величины $Z_i(x), Z_p(y)$ есть некоторые непрерывные функции от мощности, определяемые через выражения текущих производственных затрат (себестоимости) и капитальных затрат на создание (реконструкцию) предприятий:

$$Z_i(x) = C_i(x) + E_m K_i(x),$$

где $C_i(x)$ — удельные производственные затраты (за исключением затрат на транспортировку продукции);

$K_i(x)$ — удельные капитальные затраты на строительство (обустройство) предприятия (завода по переработке сырья).

Ограничения (7.11)–(7.17) означают:

- вся продукция i -го предприятия должна быть использована конечными потребителями либо заводами по переработке сырья;

- вся продукция p -го завода должна быть потреблена конечными потребителями;
- потребности j -го потребителя должны быть полностью удовлетворены;
- затраты капитальных вложений на обустройство месторождений и строительство заводов не должны превышать выделенных лимитов;
- величины мощностей предприятий и заводов по переработке должны быть больше минимально допустимой величины и меньше максимально допустимой;
- все переменные модели есть непрерывные величины.

В случае реализации производственно-технологической схемы (7.1, б) вариант математической постановки задачи выглядит следующим образом:

$$Z = \left\{ \left[\sum_{i=1}^m Z_i(x)x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^k c_{ip}x_{ip} + \left[\sum_{p=1}^k Z_p(y)y_p + \sum_{p=1}^k \sum_{j=1}^n d_{pj}y_{pj} \right] \right] \right\} \rightarrow \min; \quad (7.18)$$

$$\sum_{p=1}^k x_{ip} - x_i = 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad (7.19)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{pj} - y_p = 0, \quad p = \overline{1, k}; \quad (7.20)$$

$$\sum_{p=1}^k y_{pj} = b_j, \quad j = \overline{1, n}; \quad (7.21)$$

$$\sum_{i=1}^m K_i(x)x_i + \sum_{p=1}^k K_p(y)y_p \leq k; \quad (7.22)$$

$$\underline{d}_p \leq y_p \leq \overline{d}_p, \quad p = \overline{1, k}. \quad (7.23)$$

И, наконец, реализация производственно-технологической схемы (рис. 7.1, а) описывается следующей моделью:

$$\sum_{i=1}^m Z_i(x)x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \rightarrow \min;$$

(7.24)

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - x_i = 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad (7.25)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}; \quad (7.26)$$

$$\sum_{i=1}^m K_i(x)x_i \leq K; \quad (7.27)$$

$$\underline{d}_i \leq x_i \leq \overline{d}_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (7.28)$$

$$x_i, x_{ij} \geq 0. \quad (7.29)$$

В общем случае алгоритмы решения приведенных выше задач во многом определяются видом математической зависимости затрат на производство.

В случае, если эти величины являются линейной функцией мощности, для решения задач можно использовать один из многочисленных пакетов прикладных программ линейного программирования. Для случая задания $Z_i(x)$ и $Z_p(y)$ в виде нелинейной сепарабельной функции приведение их к линейной форме осуществляется с помощью использования известных приемов линеаризации.

7.1.4. Математическая модель определения

Постановка и решение обобщенной производственно-транспортной задачи предполагает предварительное определение оптимальных транспортных схем и соответствующих им издержек с учетом наличия различных видов транспорта, а также реально существующих и перспективных транспортных магистралей. Задача в этом случае сводится к поиску множества фиксированных путей минимальной длины на заданной транспортной сети и может быть представлена следующим образом.

Исходная транспортная сеть региона задана ориентированным графом

$$G=(X, U),$$

где $X = \{x_i\}, i = \overline{1, N}$, — множество начальных, промежуточных и конечных узлов (пунктов);

U — множество дуг (транспортных путей), при этом каждая дуга $u \in U$ соответствует упорядоченной паре узлов i и j , т.е. $u \approx (i, j)$. В дальнейшем будем обозначать это через u_{ij} .

Для каждой дуги u_{ij} определена неотрицательная функция транспортных издержек при перевозке одной единицы груза транспортом вида p_i :

$$c^p(u_{ij}) = c_{ij}^p, i, j \in N, p \in P.$$

Поставим в соответствие некоторому фиксированному пути $L = (u_{i_1 j_1}, u_{i_2 j_2}, u_{i_2 j_3}, \dots, u_{i_k j_{k+1}})$ графа $G=(X, U)$ стоимость его транспортных издержек, равную $C_H = (c_{i_1 j_1}^p + c_{j_2 i_2}^p + c_{i_2 j_3}^p + \dots + c_{i_k j_{k+1}}^p)$. В этом случае выбор оптимального транспортного пути состоит в определении на множестве исходных маршрутов L^* , начинающихся и заканчивающихся соответственно в начальных и конечных пунктах графа, маршрута, которому соответствует минимальное значение величины транспортных издержек. Для упрощения задачи будем считать, что в случае принципиальной возможности доставки груза из пункта i в пункт j несколькими видами транспорта в исходное множество маршрутов включается транспорт с минимальными издержками. В этом случае задача сводится к математической модели булевого программирования и выглядит следующим образом.

Требуется определить множество $X = \{x_{ij}\}, ij = \overline{1, n}$, при минимизации целевой функции

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (7.30)$$

и выполнении системы ограничений:

$$\sum_{j=0}^{n+1} x_{ij} - \sum_{j=0}^{n+1} x_{ji} = 0, i \in N; \quad (7.31)$$

$$\sum_{j=0}^{n+1} x_{ij} - \sum_{j=0}^{n+1} x_{ji} = 1, \forall i \in N, i = 0; \quad (7.32)$$

$$\sum_{j=0}^{n+1} x_{ij} - \sum_{j=0}^{n+1} x_{ji} = -1, \forall i \in N, i = n + 1 \quad (7.33)$$

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если в оптимальном решении вершины } i \text{ и } j \text{ связаны между собой дугой,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Ограничения (7.30)–(7.33) означают соответственно, что

- для любого пункта, не являющегося начальным или конечным, число дуг, исходящих из узла, равно числу дуг, входящих в узел;
- из множества начальных узлов выходят только по одной дуге, соответствующей оптимальному маршруту L^* ;
- в множество конечных вершин входят только по одной дуге, соответствующей оптимальному маршруту L^* .

Для решения задачи в такой постановке может быть использован один из известных алгоритмов поиска кратчайших путей на графе.

7.2. Модели определения оптимальной производственной программы предприятия

7.2.1. Анализ возможных секторов рынка предприятия

Объективными предпосылками многовариантности среднесрочной производственной программы работы предприятия являются следующие факторы:

- множественность производственно-технологических возможностей предприятия, различная эффективность продукции, возможность выбора покупателей и ценовой стратегии;
- наличие ограничений на материальные, финансовые и трудовые ресурсы, наличие нескольких стратегий формирования портфеля заказов на определенные виды продукции;
- стремление к целесообразной экономической деятельности двумя взаимодополняющими стратегиями:
- получение максимальной прибыли при эффективном использовании ресурсов компании;

- оптимальное использование ресурсов компании при достижении определенного уровня результирующих показателей деятельности.

Реализация первой стратегии ориентирована на использование принципа «от затрат к выпуску», т.е. сначала определяется какими ресурсами располагает предприятие, а затем производится оптимизация продуктовой стратегии «продукт — рынок». При этом ориентация на рынок предполагает решение задач:

- определения конкретных сегментов рынка (потребителей), на который ориентирована продукция предприятия;

- прогнозирования возможных объектов продаж с учетом конкурентной способности продукции и покупательского спроса;

- определения маркетинговой стратегии продвижения продукции;

- расчета оптимальной производственной программы предприятия.

В дальнейшем остановимся кратко на методах решения каждой из вышеперечисленных задач.

Особую роль при анализе рынка сбыта фирмы отводят вопросам ориентации на конкретных потребителей товаров и услуг — *разработке потребительских стратегий покупателя*. При этом предполагается, что разработка стратегий для покупателей исходит из того, что приобретение какого-либо товара не является фактором удовлетворения только материальных потребностей. Все большую роль в решении покупателя приобрести тот либо иной товар играет мнение покупателя о себе и о своем имидже. С этой точки зрения все множество покупателей предлагается разбить на пять типов: независимые, престижные, конформисты, экономные, обычные [9] (рис. 7.3).

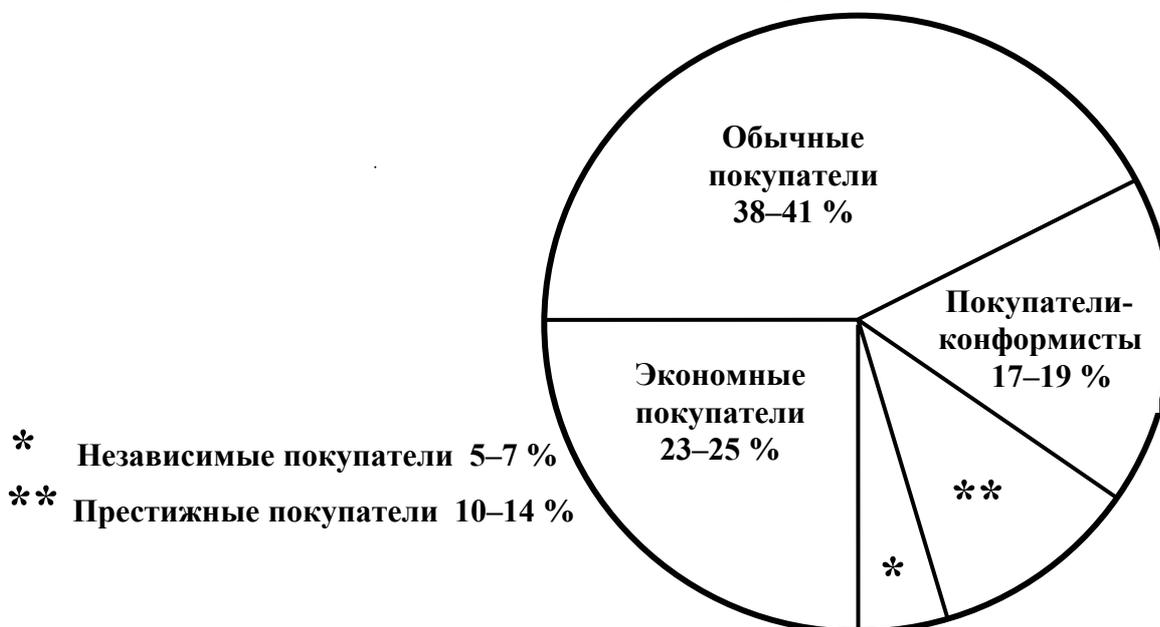


Рис. 7.3. Структура потребительского рынка

Характерной чертой *независимого покупателя* является его стремление к личному самоусовершенствованию, для него характерны высокий эстетический вкус; независимый стиль жизни; собственное мнение при выборе товара; мак-

симальное удовлетворение личных интересов, независимо от общепринятых стандартов.

Престижные покупатели в основном сориентированы на демонстрацию собственного материального благополучия. Для этой группы покупателей имеет значение внимание и одобрение окружающих; они проявляют повышенный интерес к информации о товарах в различных информационно-рекламных источниках; недостаточно внимательны к высококачественной продукции, получившей широкое распространение.

Покупатели-конформисты руководствуются установившимися стереотипами, для них характерны максимальное удовлетворение личных интересов, качество продукции, внимание и одобрение окружающих, ориентация на тенденции рынка, низкая самостоятельность при приобретении новых товаров.

Экономные покупатели первостепенное значение уделяют качеству товаров и его безопасности. Материальное благополучие, уникальность товаров, мнение общества не играют для них существенной роли. Они предпочитают простую, качественную и недорогую продукцию.

Обычные покупатели заинтересованы в одобрении окружающих, высоком качестве и безопасности товаров, эта категория потребителей в малой степени руководствуется престижными соображениями. Обычные покупатели составляют основную массу потребителей на рынке.

7.2.2. Анализ производственно-экономических возможностей

Анализ производственно-экономических возможностей фирмы проводится, как правило, в двух направлениях:

1) сопоставления потенциального спроса на продукцию (потребностей рынка) с используемыми технологиями получения конечных продуктов. Появление новых прогрессивных технологий ставит перед фирмой проблему сохранения (и насколько долго) традиционных технологий либо перехода на новые, вследствие чего определенная часть продукции фирмы становится устаревшей;

2) формирования вариантов номенклатуры выпуска (продуктовой стратегии) фирмы.

Ключевыми параметрами классификации продукции при формировании вариантов считаются:

- темпы роста объема продаж;
- темпы изменения доли рынка;
- степень взаимосвязи продукции, позволяющая получить синергетический эффект (уровень синергетического эффекта).

Одним из инструментальных средств реализации этой задачи является матрица портфеля продукции, предложенная бостонской консультационной группой [9, 17]. Использование матрицы в практической работе позволяет руководству фирмы оценивать свою продукцию на отдельных четко обозначенных рынках, в том числе определять объемы и номенклатуру выпуска, перерас-

пределять прибыль, принимать решение о производстве новых видов продукции.

Существуют различные модификации матрицы портфеля продукции.

При классификации продуктовых стратегий фирмы с помощью матрицы «рост рынка — доля рынка» используются два параметра: объем продаж, доля рынка. Первый параметр позволяет определить перспективы развития данной продуктовой стратегии, второй — сравнительные конкурентные позиции фирмы на рынке. Каждый из параметров принимает одну из качественных градаций: «низкая», «высокая». Все множество вариантов производства и реализации продукции в зависимости от этих параметров разбивается на четыре продуктовых стратегии (рис. 7.4):

«Дикая кошка»:

- высокие темпы роста объема продаж;
- низкая доля рынка.

«Звезда»:

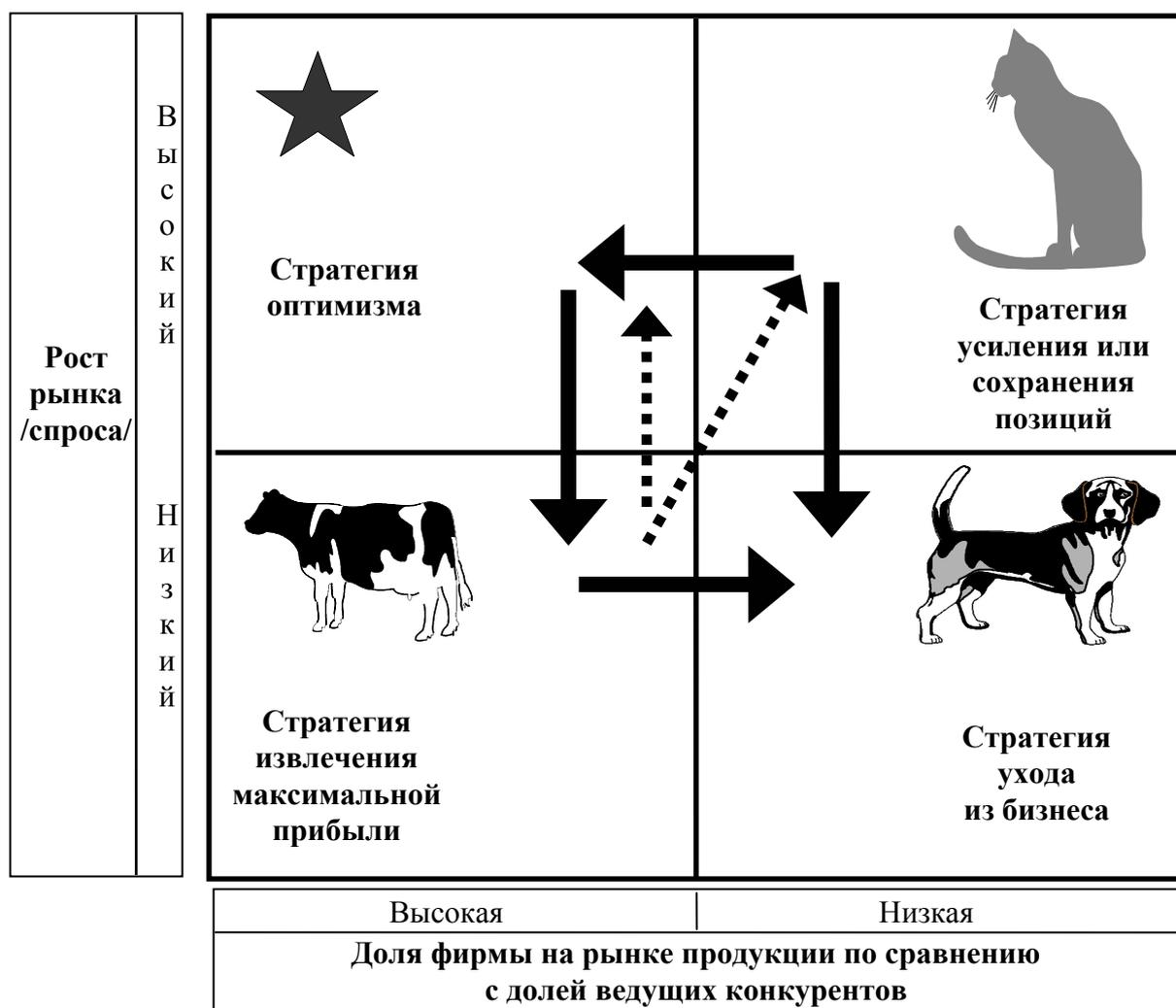
- высокие темпы роста объема продаж;
- высокая доля рынка.

«Дойная корова»:

- низкие темпы объема продаж (насыщенность рынка);
- высокая доля рынка.

«Собака»:

- низкие темпы объема продаж;
- низкая доля рынка.



Условные обозначения:  — жизненный цикл;  — перераспределение прибыли

Рис. 7.4. Классификация стратегий в зависимости от уровня конкурентоспособности производимой продукции с помощью продуктовой матрицы

Данная классификация используется в практике управления диверсификационными фирмами США, Японии, ФРГ. Вместе с тем на некоторых фирмах, например «Сименс», применяется другая терминология: «дикая кошка» → «отпрыски» («поросль»); «дойная корова» → «золотой осел»; «собака» → «дети, причиняющие много хлопот».

Сплошные стрелки показывают, что «дикие кошки» могут стать «звездами», а «звезды» с приходом неизбежной стадии зрелости превращаются в «дойных коров», а затем и «собак». Пунктирные стрелки показывают перераспределение средств от «дойных коров» в пользу «звезд» и «диких кошек».

Если продукт имеет низкий рыночный рост, но высокую рыночную долю (другими словами, если это зрелый продукт), он часто дает большое количество наличных денег. Такой продукт можно отнести к стратегии «дойная корова», поскольку из него можно «доить» ресурсы для финансирования других видов деятельности. Продукт, имеющий и высокий рост, и высокую рыночную долю, может быть отнесен к стратегии «звезда» с краткосрочной прибыльностью и долгосрочным потенциалом. «Дикая кошка» имеет высокий потенциал роста, но низкую долю на рынке. Эта стратегия способна повысить долю продукции фирмы на рынке и стать «звездой», часто получает ресурсы, выданные из «дойной коровы». Наконец, стратегия в нижнем правом квадрате (с низким ростом и низкой долей на рынке) — это «собака», и она обычно — кандидат на снятие с производства.

Использование матрицы «рост рынка — доля рынка» позволяет фирме в достаточно простой и понятной форме трансформировать стратегические цели в практические действия, комбинируя при этом различные продуктовые стратегии. Так, к наилучшим результатам функционирования фирмы может привести комбинация стратегий «дикая кошка», «звезда» и «дойная корова»: умеренная рентабельность, хорошая ликвидность, долгосрочный рост объема продаж.

Кроме того, анализ матрицы позволяет фирме рассматривать следующие стандартные варианты по каждому виду продукции:

- укрепление (расширение) производства продукции, реализуемой по стратегии «звезда»;
- избавление, по возможности, от продукции, относящейся к стратегии «собака»;
- жесткий контроль капиталовложений в продукцию, реализуемой по вариантам «дойная корова» и «собака» и перераспределение избытка средств в другие виды продуктовых стратегий;
- проведение исследований по эффективности стратегии «дикая кошка» с целью изучения возможностей перевода ее (при наличии определенных капитальных вложений) в стратегию «звезда».

Аналогичные матрицы можно построить и для других показателей. Так, например, **классификация продукции** в зависимости от степени ее конкурентоспособности проводится с помощью **матрицы стратегий «покупатель — продавец»** по следующим параметрам: *доход продавца от вложенного капитала, цена покупателя*. Каждый из параметров имеет одну из следующих качественных градаций: «положительный», «отрицательный».

Все множество продукции в зависимости от значений параметров разбивается на четыре группы (рис. 7.5).

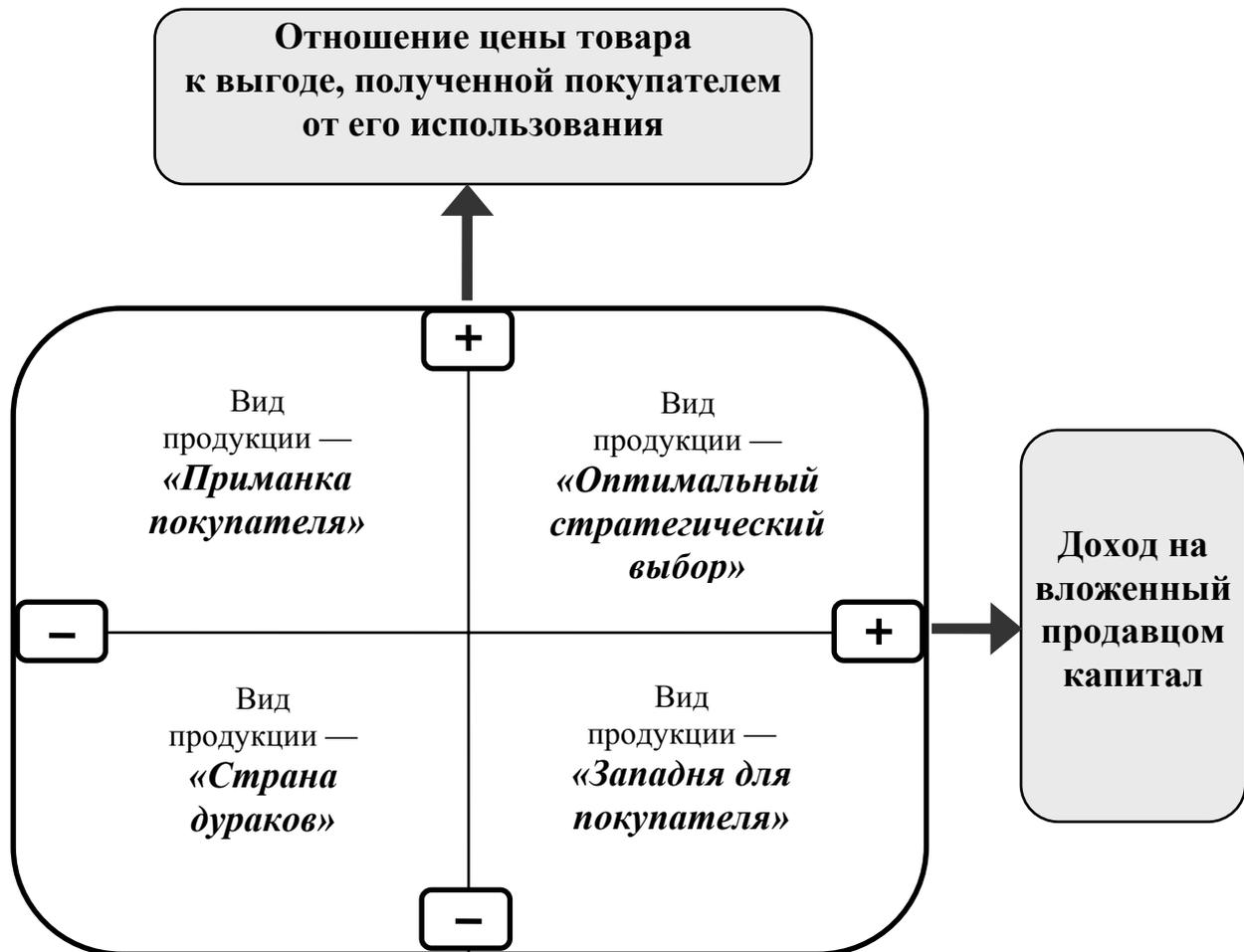


Рис. 7.5. Классификация продукции в зависимости от степени ее конкурентоспособности с помощью матрицы стратегий «покупатель — продавец»

Для продукции вида «Западня для покупателя» характерны прибыльность для продавца и убыточность для покупателя, который получает продукцию с качеством несоответствующим цене, т.е. цена продукции не соответствует ее потребительским свойствам. Эта ситуация, как правило, встречается на рынке потребительских товаров.

«Оптимальный стратегический выбор» — вид продукции, обеспечивающий как доход производителю на вложенные инвестиции, так и удовлетворение интересов покупателя в пределах приемлемых цен.

«Приманка для покупателя» — вид продукции, характеризующийся убыточностью для продавца и прибыльностью для покупателя. Последний по-

лучает товар несоответствующий цене (издержкам производства). Данный вид продукции появляется в фирмах, сориентировавшихся на технологическую новизну товара без предварительной оценки потенциальной прибыли. Такое положение может возникнуть по следующим причинам:

- технологическая новинка преждевременна, затраты на производство не достигли соответствующего уровня рыночных цен;
- продукция выпущена на рынок без проработки соответствующей рекламной кампании, покупатель не готов к таким ценам.

«Страна дураков» — вид продукции, характеризующийся убыточностью как для продавца, так и для покупателя. Покупатель получает товар, потребительские свойства которого не соответствуют его цене. Вместе с тем, продавцу удалось убедить покупателя в преимуществе своего товара за счет соответствующей рекламной кампании. Убыточность товара продавец гасит, как правило, за счет государственных дотаций.

7.2.3. Формирование маркетинговой стратегии реализации продукции

Одно из первых официальных высказываний о маркетинговых стратегиях связано со следующей трактовкой понятия маркетинга: «маркетинг — это интегрированная, ориентированная на покупателя и прибыль философия бизнеса». При этом формирование маркетинговых стратегий должно быть направлено ни на то «что фирма думает о своей продукции», а на «создание покупателя» — «что потребитель думает о своей покупке, в чем он видит ее ценность». Принципиальное отличие понятия маркетинга от понятия сбыта состоит в ориентации первого на анализ и удовлетворение потребностей потребителей, целевое использование ресурсов компании, мгновенную реакцию на потребности рынка.

При сравнении японского варианта стратегии маркетинга с американским обнаруживаются определенные различия. Японский вариант рассматривает требования покупателя как обязательное условие при разработке продукции. Лозунг японского маркетинга: *«пусть за себя говорят товары и услуги»*. Американские стратегии маркетинга ориентированы на уговоры и убеждения потенциального покупателя. Их основной лозунг: *«пусть о товарах говорят продавцы»*.

Вместе с тем в обоих случаях маркетинговые стратегии рассматриваются на предплановой фазе управления, ориентированной на изучение рынка и разработку тактики продвижения товаров.

В настоящее время в литературе рассматриваются, как правило, следующие маркетинговые стратегии [9, 18]:

1) **защитная стратегия** (имитация). Этой стратегии придерживаются компании, отслеживающие продуктовую политику своих конкурентов. Главный акцент делается на стабильные и низкие цены, выпускаемая продукция весьма однородна, затраты на маркетинг умеренные;

2) **проникновение на рынок.** Компании, использующие эту стратегию, обращают основное внимание на качество и степень дифференциации продукции. Для этой стратегии характерны большие объемы рыночных исследований и маркетинговых расходов, низкая стабильность цен, высокий уровень конкурентной борьбы;

3) **создание новых рынков.** В этом случае компании в максимальной степени нацелены на создание новых рынков, для них в меньшей степени характерны защитные стратегии и акцент на низкие цены, в то же время большое внимание уделяется качеству и дифференциации продукции, затратам на маркетинговые исследования.

В свою очередь, стратегия проникновения на рынок имеет также несколько возможных вариантов реализации.

1. **Стратегия «снятия сливок», или «высокие цены — быстрое продвижение».** Компания принимает стоящие перед ней трудности и пытается максимизировать краткосрочные прибыли посредством высоких цен, но одновременно интенсивно создает благоприятные условия для продажи своей продукции с целью создания рынка и ограничения конкуренции.

2. **Стратегия медленного «снятия сливок», или «высокие цены — медленное продвижение».** Компания принимает предполагаемые трудности, но не предпринимает больших усилий, поскольку рынок ограничен, а потребители уже неплохо знакомы с продуктом. Конкуренция умеренная из-за малых размеров рынка.

3. **Стратегия быстрого проникновения, или «низкие цены — быстрое продвижение».** Компания узнает, что рынок потенциально велик, покупатель не осведомлен о продукте, производственные затраты снизятся с расширением рынка и конкуренция может стать сильной. В настоящее время покупатели чувствительны к цене.

4. **Стратегия медленного проникновения, или «низкие цены — медленное продвижение».** Продукт уже известен на рынке, и нет необходимости в интенсивном его продвижении. Покупатели здесь также чувствительны к цене.

При разработке маркетинговых стратегий большое внимание уделяется и ценовой политике фирмы, при этом рассматривают два крайних варианта результатов производственной деятельности фирмы: достижение высокого уровня прибыльности и увеличение доли рынка фирмы.

В первом случае фирма должна стремиться к снижению издержек производства и поддержанию на рынке максимально высоких цен. Во втором случае для захвата рынка фирма готова пожертвовать дополнительной прибылью, обеспечивая при этом средний уровень дохода, для увеличения доли рынка (увеличение объема продаж) и роста в перспективе объема денежных поступлений.

При выборе конкретной ценовой политики фирма исходит из анализа следующих факторов:

- ориентации на рыночные цены аналогичной продукции;

- ориентации на фактические издержки производства;
- ориентации на уровень нормативной прибыли, планируемой к получению при реализации продукции.

Фирма вправе рассматривать несколько ценовых стратегий. В качестве примера рассмотрим три таких стратегии, ориентированные на различных покупателей:

- лидерство по ценам;
- дифференциация;
- фокусирование.

Стратегия «лидерство по ценам» ориентирована на экономных покупателей, которые желают получать продукцию по минимальным ценам. Для таких компаний характерны низкие цены за счет низких издержек производства и большие объемы продаж. Основные девизы этих компаний — «Один размер подходит всем» или «Никто не делает это дешевле нас».

Стратегия «дифференциации» рассчитана на покупателей-конформистов и независимых покупателей, готовых платить за товары и услуги с высоким качеством и широкими потребительскими свойствами высокие цены. Компании, ориентирующиеся на эту ценовую стратегию, постоянно занимаются нововведениями и улучшением качества своей продукции, их основной девиз — «Никто не делает это лучше нас».

Фокусированные стратегии используются компаниями для концентрации на определенном участке рынка и привлечения покупателей с особыми запросами («престижных» покупателей), т.е. товары и услуги компании ориентированы на удовлетворение конкретных потребностей клиентов. Установление цены здесь не настолько важно, так как покупатель готов платить за «исключительное исполнение» своего желания.

7.2.4. Математическая модель формирования производственной программы

При формировании производственной программы считаются заданными:

- продуктовая стратегия (продукция, обеспеченная госзаказом; основная продукция; побочная продукция, услуги);
- структура рынка сбыта (потребители, номенклатура, ожидаемый спрос);
- производственно-технологические, материальные и финансовые возможности фирмы на рассматриваемом горизонте планирования.

Задача состоит в определении объема продаж и предоставляемых услуг как по основной, так и побочной продукции компании при оптимизации заданных целевых результатов и выполнении системы ограничений [38].

Пусть требуется определить объемы продаж основных и побочных продуктов компании и предоставляемых услуг

$$X = \{x_i\}, Y = \{y_j\} \text{ и } Z = \{z_\rho\}. \quad (7.34)$$

Каждому виду продукции соответствуют свои нормативы и параметры:

C_i, C_j, C_ρ — рыночная цена продукции;

S_i, S_j, S_ρ — планируемая прибыль;

$P_{ik}, P_{jk}, P_{\rho k}$ — нормативы расходов трудовых, финансовых и материальных ресурсов;

$t_{ik}, t_{jk}, t_{\rho k}$ — расчетная трудоемкость выпуска продукции;

b_i, b_j, b_ρ — норматив заработной платы продажи единицы продукции;

a_i, a_j, a_k — планируемые издержки на единицу продукции.

В качестве основных ограничений задачи могут использоваться:

1) ограничения по объему продаж каждого вида продукции в натуральном выражении. При этом могут быть заданы:

$\underline{N}_i, \underline{N}_j, \underline{N}_\rho$ — минимально допустимый уровень продаж и предоставляемых услуг (например, объем продаж по основным продуктам, финансирование которых обеспечивается государством);

$\overline{N}_i, \overline{N}_j, \overline{N}_\rho$ — максимально допустимый уровень продаж и предоставляемых услуг.

$$\left. \begin{aligned} \underline{N}_i &\leq x_i \leq \overline{N}_i, \quad i = 1, \overline{m}; \\ \underline{N}_j &\leq y_j \leq \overline{N}_j, \quad j = 1, \overline{n}; \\ \underline{N}_\rho &\leq z_\rho \leq \overline{N}_\rho, \quad \rho = 1, \overline{w}; \end{aligned} \right\} (7.35)$$

2) ограничения на достижение определенного уровня производственных и финансовых показателей:

- объем продаж в денежном выражении;
- планируемые издержки производства;
- объем оборотных средств (оборотного капитала);
- объем средств на материальное вознаграждение (заработная плата);
- величина планируемой прибыли.

В общем виде эти ограничения могут быть записаны в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^m C_i \cdot x_i + \sum_{j=1}^n C_j \cdot y_j + \sum_{\rho=1}^w C_\rho \cdot z_\rho &\geq C; \\ \sum_{i=1}^m a \cdot x_i + \sum_{j=1}^n a_j \cdot y_j + \sum_{\rho=1}^w a_\rho \cdot z_\rho &\leq A; \end{aligned} \right\} (7.36)$$

3) ограничения, накладываемые на величины имеющихся ресурсов. Этот тип ограничений может рассматриваться в двух вариантах:

- статическом, в предположении, что объемы ресурсов в рассматриваемом периоде времени не изменяются;

• динамическом, в предположении, что в рассматриваемом периоде времени ресурсы могут либо выбывать из производственного процесса, либо могут появляться новые. При этом в качестве таких ресурсов рассматриваются:

внутренние ресурсы предприятия:

- производственное оборудование,
- производственные площади,
- численность основного персонала,
- начальный капитал.

внешние ресурсы:

- заемный капитал,
- поставляемые материалы, комплектующие изделия и т.д.
- энергетические ресурсы и т.д.

В общем виде эти ограничения могут быть записаны в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^m P_{ik} \cdot x_i + \sum_{j=1}^n P_{jk} \cdot y_j + \sum_{\rho=1}^w P_{\rho k} \cdot z_{\rho} &\leq P_k, \quad k = \overline{1, \bar{u}}, \\ \sum_{i=1}^m t_{kn} \cdot x_i + \sum_{j=1}^n t_{jk} \cdot y_j + \sum_{\rho=1}^w t_{\rho k} \cdot z_{\rho} &\leq T_k, \quad k = \overline{1, \bar{d}}. \end{aligned} \right\} (7.37)$$

Динамический вариант ограничений связан с возможностью расширения производства за счет привлечения дополнительного объема ресурсов. Например, имеется возможность и необходимость увеличить плановый фонд работы оборудования путем его дополнительного приобретения. Тогда появляется новая переменная w_k — количество единиц приобретаемого оборудования k -го вида.

В этом случае в правой части группы ограничений (7.37) появятся новые переменные типа:

$v_k \cdot w_k$ — увеличение планового фонда работы k -го типа оборудования, где v_k — плановый фонд работы k -го типа оборудования;

$l_k \cdot w_k$ — увеличение производственных площадей под размещение w единиц k -го оборудования, где l_k — площади под размещение;

$S_k \cdot w_k$ — объем дополнительных инвестиций для приобретения w единиц k -го оборудования, где S_k — стоимость единицы k -го типа оборудования.

В качестве целевой функции задачи могут использоваться один или несколько показателей, определяющих финансовые показатели деятельности предприятия:

- максимизация прибыли;
- минимизация суммарных издержек;
- максимизация объема продаж и т.д., например:

$$\sum_{i=1}^m S_i \cdot x_i + \sum_{j=1}^n S_j \cdot y_j + \sum_{\rho=1}^w S_{\rho} z_{\rho} \rightarrow \max. \quad (7.38)$$

Кроме того, при ориентации предприятия на эффективное использование внутренних ресурсов в качестве целевой функции задачи могут использоваться математические выражения по их максимальной загрузке (использованию)

$$\sum_{k=1}^d \left| T_k - \left(\sum_{i=1}^m t_{ik} \cdot x_i + \sum_{j=1}^n t_{jk} \cdot y_j + \sum_{\rho=1}^w t_{\rho k} \cdot z_{\rho} \right) \right| \rightarrow \min. \quad (7.39)$$

В качестве таких ресурсов могут рассматриваться производственное оборудование, производственные площади, производственный персонал и т.д.

В ряде случаев задачу оптимизации портфеля продукции целесообразно представлять в виде многокритериальной модели с набором коэффициентов относительной важности каждого из критериев.

В заключение отметим, что представленная модель лишь в наиболее общем виде описывает возможности использования математического аппарата для составления производственных планов. В каждом конкретном случае требуется уточнение и детализация параметров и переменных исходя из продуктовой специфики производства. Например, если предприятие ориентировано на выпуск мелкой серии либо единичной продукции, то величины x_i , y_j и z_{ρ} могут принимать как целочисленные, так и булевы значения.

Контрольные вопросы

1. Поясните взаимосвязь моделей развития и размещения производства с моделями прогнозирования.
2. Дайте классификацию моделей развития и размещения.
3. Приведите математическую постановку одноэтапной задачи развития и размещения.
4. Поясните физический смысл и особенности многоэтапной задачи развития и размещения производства, перечислите основные этапы ее решения.
5. Приведите математическую постановку многоэтапной задачи развития и размещения производства.
6. Представьте возможную классификацию покупателей, поясните ее конкретное содержание на примере рынка продажи компьютерной техники.
7. Прокомментируйте содержание матрицы «рост рынка — доля рынка», приведите пример ее практического использования при определении стратегии продажи компьютерной техники.
8. Приведите содержательное описание матрицы «покупатель — продавец», прокомментируйте ее практическое использование на примере реализации хлебобулочной продукции.
9. Перечислите и прокомментируйте основные маркетинговые стратегии фирмы.
10. Прокомментируйте возможные варианты проведения ценовой политики предприятия.
11. Представьте содержательную постановку задачи формирования производственной программы работы предприятия.

12. Приведите математические выражения основных типов ограничений и варианты целевых функций задачи формирования производственной программы предприятия.

8. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

8.1. Математический аппарат решения задач календарного планирования — теория расписаний

8.1.1. Классификация задач теории расписаний

Целенаправленная деятельность любой системы может рассматриваться как некоторый протекающий во времени процесс, результатом которого является производство некоторых конечных продуктов. Как правило, этот процесс включает определенную последовательность операций, мероприятий, работ, которые реализуются на некотором множестве объектов системы (подразделения, оборудование, отдельные элементы). Выполняемые действия не являются независимыми и могут выполняться различными объектами (блоками) системы. Очевидно, что в процессе календарного планирования реализации множества работ на множестве объектов системы необходимо закрепить определенные работы за определенными объектами, согласовать длительность выполнения и установить очередность их реализации во времени.

Круг вопросов, связанных с решением этих проблем, рассматривается в рамках прикладной науки — теории расписаний. В основу классической теории расписаний положены исследования свойств и закономерностей решения трех «чистых» классов задач: упорядочения, согласования, распределения [39].

В *задачах упорядочения* длительность выполнения работ и их распределение по объектам считаются заданными, и задача заключается в определении оптимальной очередности выполнения работ каждым блоком. Классической задачей упорядочения является задача построения оптимального расписания процесса обработки деталей некоторой совокупностью машин. Процесс обработки каждой детали включает последовательное выполнение некоторого множества операций, каждая операция выполняется определенной машиной, и длительность ее выполнения задана. Каждая машина одновременно может выполнять не более одной операции. Необходимо определить оптимальную последовательность обработки деталей на оборудовании при соблюдении технологии и временных параметров работы оборудования.

В *задачах согласования* основное внимание уделяется выбору длительности каждой работы при заданном распределении их по блокам. Классической задачей согласования является задача определения длительности выполнения каждой работы из заданной совокупности при минимизации суммарной стоимости и ограничении на общую длительность (время) обработки.

Каждая работа характеризуется нормативной длительностью и стоимостью ее выполнения, при этом длительность выполнения может изменяться в заданных пределах в зависимости от потребляемых ресурсов, а стоимость является функцией длительности. В общем случае совокупность работ связана неко-

торой технологией, т.е. для каждой работы известно множество работ, после выполнения которых может быть начато выполнение данной работы. Как правило, такого класса задачи описываются и реализуются методами «сетового планирования и управления».

В *задачах распределения* предполагается, что один и тот же объект может выполнять различные наборы работ и задача состоит в оптимальном распределении работ по объектам. В общем случае необходимо распределить некоторую совокупность работ по рабочим местам, расположенным в линию, при этом для каждой работы известны длительность ее выполнения и множество работ, предшествующих данной. Необходимо с учетом выделенных ограничений так распределить работы по рабочим местам, чтобы суммарное время выполнения работ на каждом рабочем месте не превышало заданной величины, и число используемых рабочих мест было минимальным. Классическими задачами распределения являются задачи распределения производственной программы по подразделениям, закрепления учебных занятий за аудиторным фондом и т.д. Распределительные задачи в теории расписаний ставятся и реализуются с использованием методов математического программирования.

При построении календарных планов работы подразделений в реальных условиях редко встречаются «чистые» задачи упорядочения, согласования и распределения, поэтому необходимо ставить и решать смешанный класс задач, в которых элементы упорядочения, согласования и распределения в значительной мере «переплетаются».

Так, например, в задачах упорядочения при условии возможного выполнения некоторых операций на различных машинах, требуется наряду с определением оптимальной последовательности обработки определить и варианты распределения операций по оборудованию.

Тем не менее, выделение и анализ «чистых» задач представляет интерес как в теоретическом плане, так и в прикладном аспекте при разработке эффективных методов решения задач календарного планирования.

8.1.2. Обобщенная постановка задачи С. Джонсона

К числу первых работ по теории расписаний относятся работы С. Джонсона, который в общем случае рассматривал следующую задачу [39, 40].

Пусть требуется изготовить m деталей, причем каждая деталь должна последовательно пройти обработку на n станках. Для каждой детали i задано время обработки t_{ij} на станке j . Требуется определить порядок обработки, минимизирующий общее время изготовления всех деталей. При этом в задаче формировались следующие ограничения:

- для каждой детали i обработка на станке j должна начинаться не ранее, чем окончится ее обработка на станке $(j - 1)$;
- на каждом станке одновременно может обрабатываться не более одной детали;

- начавшаяся операция не прерывается до полного ее завершения.

Поскольку число вариантов перебора последовательности обработки конечно, единственным явным методом точного решения задачи является полный перебор, при этом количество вариантов равно $(m!^n)$. Это обстоятельство и повлияло на то, что в основном задача С. Джонсона в литературе рассматривается для случаев одного, двух либо трех станков.

Задача одного станка ($n=1$) является одним из наиболее исследуемых частных случаев задачи Джонсона. Поскольку общее время обработки деталей на одном станке одинаково при любой очередности запуска, задача имеет реальный смысл для ряда других критериев оптимальности. Рассмотрим несколько таких случаев.

Прежде всего отметим, что все задачи одного станка относятся к классической задаче упорядочения некоторого множества элементов $\pi(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots, i_m)$. Перестановкой будем называть расположение элементов этого множества в определенном порядке. В некоторых случаях перестановка задается в виде матрицы $X = \|x_{ij}\|$, где $x_{ij} = 1$, если элемент i следует за элементом j .

В общем случае задача состоит в определении одной или нескольких перестановок, удовлетворяющих определенным ограничениям при достижении экстремума некоторой функции на рассматриваемом множестве перестановок.

Многие задачи упорядочения могут формулироваться как задачи нахождения перестановок, которым соответствуют наименьшие значения рекуррентной функции следующего вида:

$$F[\pi, k] = F[\pi, k - 1] + T[Q, i_k], \quad (8.1)$$

где $F[\pi, k - 1]$ — значение целевой функции после обработки $(k - 1)$ изделий в заданной последовательности π ;

$T[Q, i_k]$ — время обработки детали i_k при условии, что ей предшествовало обслуживание множества $Q = \{i_1, i_2, \dots, i_{k-1}\}$.

К классической задаче данного типа относится задача о переналадке оборудования:

- минимизировать потери от переналадок прокатного стана при переходе от одного профиля металла к другому;
- минимизировать время промывки нефтепровода при закачке различных нефтепродуктов в резервуары и т.д.

Следующий класс задач одного станка ориентирован на минимизацию общего времени ожидания обслуживания: минимизировать суммарное время ожидания больных к врачу, покупателей в очередях, сотрудников при организации личного приема и т.д. При этом данный критерий оптимальности может использоваться как в натуральном, так и денежном выражении.

В общем случае функция $F[\pi, k]$ предполагается монотонно возрастающей кусочно-непрерывной функцией относительно всех членов последователь-

ности π . Часто такие функции задаются в виде функций «штрафа», выражающих в количественном отношении «штраф», который образуется за счет следования изделия i_k в последовательности π на k -м месте. Если при этом вводится понятие «директивного срока» (момент времени $D_k > 0$, к которому необходимо (желательно) завершить обслуживание изделия i_k), то можно предположить, что возникают ситуации, когда какое-либо изделие невозможно обслужить не позднее срока D_k . В этом случае говорят о потерях производства при нарушении директивных сроков выпуска, которые могут описываться неубывающей кусочно-непрерывной функцией штрафа при

$$\varphi_k(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq D_k; \\ a_k, & \text{если } x > D_k. \end{cases} \quad (8.2)$$

В задачах такого класса в качестве функций-критериев могут использоваться:

- минимизация суммарной задержки в обслуживании изделий;
- минимизация максимальной задержки;
- минимизация штрафов за нарушение поставок продукции.

Для решения задач одного станка с вышеперечисленными критериями эффективности используется множество комбинаторных алгоритмов по схемам динамического программирования либо метода ветвей и границ.

Задача двух станков ($n = 2$) занимает особое место в теории расписаний, поскольку для ее решения впервые сформулировано простое правило определения последовательности обслуживания, приводящее к точному результату. Задача сводится к нахождению перестановки $\pi(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots, i_m)$ при минимизации общего времени обработки всех деталей.

Рассмотрим без доказательства следующий алгоритм, приводящий к оптимальному решению задачи:

1) определим все детали, для которых время обработки на первой операции меньше или равно времени обработки на второй операции $t_{ij=1} \leq t_{ij=2}$ и упорядочим их в порядке возрастания t_{ij} ;

2) детали, для которых $t_{ij=1} > t_{ij=2}$, упорядочим в порядке убывания $t_{ij=2}$;

3) сначала обрабатываются детали первой группы, а затем — второй.

Так, для деталей, характеристики которых заданы в табл. 8.1, оптимальной будет следующая последовательность обработки: $\pi = (5, 6, 2, 4, 1, 3)$.

Таблица 8.1

i	1	2	3	4	5	6
t_{i_1}	3	4	4	6	1	2
t_{i_2}	2	5	1	3	3	5

Следует заметить, что в оптимальной последовательности порядок обработки деталей на первом станке должен совпадать с порядком обработки на втором станке.

Для $n > 3$ принцип оптимальности в общем случае не соблюдается и простые алгоритмы решения найдены лишь для некоторых частных случаев. Для решения большинства задач используется множество приближенных, эвристических алгоритмов.

8.2. Основные понятия теории расписаний

8.2.1. Основные элементы описания производственного процесса

Производственный процесс представляет собой ряд взаимоувязанных этапов, в ходе которых осуществляется преобразование некоторой совокупности сырья и полуфабрикатов во множество конечных продуктов, при этом процесс реализуется, если одновременно на рабочем месте присутствуют средства деятельности (оборудование), предметы деятельности (сырье) и кадры (рабочие). Задача календарного планирования состоит в синхронизации производственного процесса в пространстве (по производственным подразделениям, рабочим местам) и во времени. При этом формирование календарных планов должно происходить последовательно в соответствии с принятой технологией изготовления изделий и способами организации производственного процесса.

Прежде чем перейти к описанию алгоритмов решения задач календарного планирования, остановимся на следующих ключевых понятиях общей задачи теории расписаний:

- основные производственно-технологические элементы описания производственного процесса;
- правила определения очередности обработки изделий;
- методы оценки точности алгоритмов;
- процедуры организации многовариантного поиска субоптимального решения.

Основные элементы описания процесса управления материальными потоками представлены следующими показателями:

конечная продукция предприятия, параметры конечных продуктов описываются либо в виде общих объемов выпуска X_i , либо в виде объемов выпуска к определенному сроку — $X_i = \{x_{it}\}$, $t = \overline{1, k}$;

комплектующие изделия конечной продукции $X_i = \{x_{ij}\}$, где x_{ij} — количество j -х комплектующих изделий, необходимых для производства единицы i -й продукции. При этом комплектующие изделия могут производиться как внутри системы из исходного сырья, так и поставляться в систему из внешней среды;

партия запуска — количество продукции, определяющее единицу производственного планирования материальными потоками, т.е. весь объем X_i подразделяется на m партий запуска $x_i^* = X_i / m$;

производственная операция — совокупность технологических приемов по обработке конечных продуктов либо комплектующих изделий. Множество производственных операций по выпуску конечного продукта может быть задано в виде:

- линейной последовательности — последовательного вида производства продукции;
- графа возможных производственно-технологических маршрутов — параллельно-последовательного вида производства продукции;

производственное оборудование — станки, агрегаты, на которых выполняются производственные операции по обработке конечных продуктов и комплектующих изделий. По своему назначению оборудование может быть **уникальным**, ориентированным на выполнение определенных операций над комплектующими, и **универсальным**, позволяющим выполнять некоторое множество операций над комплектующими изделиями. С этим свойством связаны две технологии планирования материальных потоков:

- технология с наличием множества взаимозаменяемого оборудования для данного конечного продукта,
- технология с наличием невзаимозаменяемого оборудования для данного изделия.

Основными параметрами производственного оборудования являются: плановый фонд работы — T_i ;

время переналадок при переходе с одного вида изделий на другой — $S_i = \{S_{i,k}^l\}$;

графики планово-предупредительных ремонтов;

производственные страховые запасы — комплектующие изделия, хранящиеся на предприятии для обеспечения бесперебойной работы оборудования на определенной технологической операции. Основным параметром производственных запасов является величина страхового запаса по определенному виду изделий — x_i^s ;

вид движения изделий по производственным операциям — правило, определяющее время передачи партии запуска с одной технологической операции на другую. Выделяются обычно два вида движения:

- последовательный,
- параллельно-последовательный.

При последовательном виде движения обработка партии запуска на следующей операции начинается после окончания обработки всей партии на предыдущей операции (рис. 8.1, а). При параллельно-последовательном виде движения обработка партии запуска на последующей операции начинается после

обработки части изделий (передаточной партии) на предыдущей операции (рис. 8.1, б);

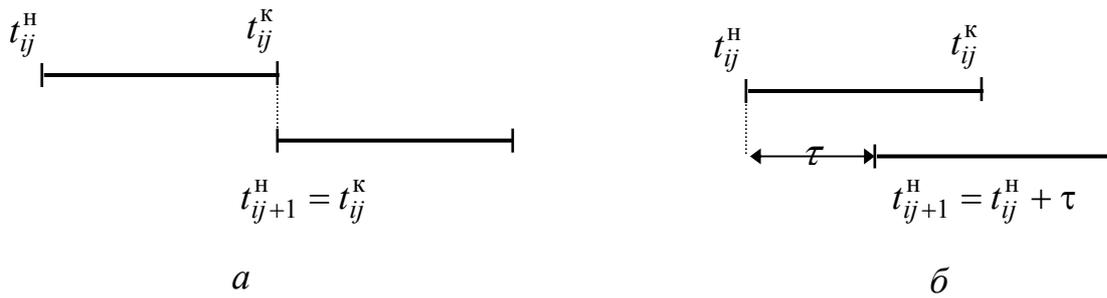


Рис. 8.1. Виды движения изделий по операциям:

a — последовательный; *б* — параллельно-последовательный

8.2.2. Понятия и основные виды функций предпочтения

Одним из важнейших моментов разработки алгоритмов является определение правил очередности обслуживания изделий. Эти правила получили название **функций предпочтения** (приоритетов) и выражаются обычно в виде аналитической зависимости, определяющей очередность выбора изделий на обслуживание из некоторой исходной последовательности. При этом аргументами этой зависимости являются исходные параметры технологического процесса и его текущего состояния.

В зависимости от временных параметров выделяются статические, динамические и прогнозные функции предпочтения.

Для статических функций предпочтения характерен только учет исходных состояний параметров моделируемого процесса, в то время как динамические функции могут учитывать кроме этого и параметры текущего состояния. Прогнозные функции учитывают значение будущих параметров технологического процесса.

Экспериментальные исследования показывают, что вряд ли удастся вывести какое-либо универсальное правило предпочтения для всех производственных ситуаций, поэтому рекомендуется:

- исследовать для конкретного производства некоторое множество функций предпочтения, не противоречащих здравому смыслу;
- выявлять и ограничивать классы задач, для которых конкретные правила приводят к хорошим результатам;
- комбинировать использование различных правил с помощью случайного либо направленного поиска.

Приведем наиболее распространенные правила предпочтения, используемые при решении общей задачи теории расписаний [39, 40].

Правило «**первым пришел — первым обслуживается**» — **FIFO**.

Из множества возможных на P -м шаге претендентов выбирается изделие с наименьшим временем готовности к обслуживанию. При наличии нескольких претендентов с равной вероятностью выбирается любой из них. В основу пра-

вила FIFO положено соображение — чем меньше находится изделие в очереди, тем скорее разгружается вся очередь.

Правило «последним пришел — первым обслуживается» — LIFO.

Из множества претендентов на P -м шаге выбирается изделие с наибольшим значением времени готовности к обработке.

Правило «кратчайшей операции» — SIO.

Выбирается изделие с наименьшей длительностью обработки. Правило SIO применяется в предположении, что чем меньшая по длительности операция выполняется, тем скорее разгружается очередь.

Правило «первым уйдет — первым обслуживается» — FOFO.

Выбирается изделие с наименьшим временем окончания обработки. В правиле FOFO выбирается операция, которая раньше всех может быть выполнена и, по-видимому, обеспечивает и быструю разгрузку очереди.

Правило «наибольшего оставшегося времени обслуживания» — LRT.

В правиле LRT заложено стремление поскорее обработать изделие, общая длительность обслуживания которого является наибольшей.

Применение каждого из этих правил имеет под собой более или менее правдоподобное основание, хотя нетрудно видеть, например, что правила FIFO и LIFO явно противоречивы. Эффективность того или иного правила может быть проверена в каждом конкретном случае, для каждой конкретной ситуации.

Определенное распространение получили так называемые **рандомизированные правила предпочтения**, получаемые из перечисленных заменой условий:

< ... выбрать операцию, обладающую некоторым свойством>;

< ... с большей вероятностью выбрать операцию, обладающую этим свойством>.

Тем самым, за достаточно большой промежуток времени рандомизированные правила позволяют получить все допустимые расписания, с большей вероятностью генерируя те же расписания, что и соответствующие первоначальные правила. В качестве примера представим следующую случайную комбинацию правил SIO и FIFO

$$\pi_i = \alpha \text{SIO}(i) + (1 - \alpha)\text{FIFO}(i), \quad (8.3)$$

где α — некоторое случайное число.

И наконец, существует большая группа неструктурированных правил предпочтения, пригодных для конкретных производственных ситуаций и основанных на знаниях и опыте линейного производственного персонала.

Например, может иметь место эвристическое правило, учитывающее следующие показатели:

- категорию сложности изделия i ;
- трудоемкость изготовления изделия по отношению ко всей производственной программе;
- конструкторско-технологическую взаимосвязь рассматриваемого изделия с изделиями, уже находящимися в производстве:

$$F_i = \alpha_i + \frac{T_i}{T} + \beta_i(Q_j). \quad (8.4)$$

8.2.3. Способы оценки точности алгоритмов календарного планирования

Одним из главных вопросов при решении задачи календарного планирования эвристическими методами является оценка точности (оптимальности) полученного решения. Исходя из основных функциональных характеристик сложных систем, точность решения задачи календарного планирования определяется следующими факторами:

- степенью адекватности модели, т.е. соответствием совокупности производственных элементов, их параметров, связей и ограничений реальным условиям функционирования объекта;
- соответствием системы показателей, по которым реально оценивается качество календарного планирования, выбранному критерию оптимальности;
- достоверностью и полнотой используемой информации;
- точностью выбранных алгоритмов решения задачи.

Отмечая важность рассмотрения каждого из направлений, остановимся более подробно на оценке точности выбранного алгоритма решения. На практике рассматриваются обычно три метода оценки точности алгоритма [41].

1. Решение тестовых задач. Этот метод основан на сравнении найденных значений расписания с тестовыми расписаниями, полученными на основе использования точных алгоритмов, либо приближенных алгоритмов, но дающих результаты с заведомо известной степенью точности. Следует, однако, отметить, что данный метод используется редко, так как тестовых задач сравнительно мало и, как правило, они небольших размерностей.

2. Оценка алгоритмов по нижней границе расписания. Суть метода сводится к поиску некоторого аналитического выражения, которое бы при подстановке исходных параметров давало искомое численное значение функции-критерия. Так, например, для оценки нижней границы расписания по критерию минимизации общей деятельности цикла обработки всех изделий можно предположить следующее выражение:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^m t_{ij^*} + \min_{i \in I} \sum_{j=1}^{j^*-1} t_{ij} + \min_{i \in I} \sum_{j=j^*+1}^k t_{ij}, \quad (8.5)$$

где j^* — операция с наибольшей трудоемкостью изготовления изделий;

I — множество изделий.

Аналогичным образом можно оценивать нижние границы и для других критериев оптимальности. Следует отметить, что основная проблема этих работ лежит в направлении уточнения нижней границы. При этом для оценки нижней границы используют зачастую довольно сложные и громоздкие аналитические выражения. Однако в большинстве случаев эти усложнения бывают

оправданными, поскольку экономия времени от сокращения перебора вариантов расписания покрывает расходы на вычисление нижней границы.

3. Статистические методы оценки точности расписаний. Статистические методы оценки качества расписания основываются на известном законе больших чисел. Использование его оказывается возможным благодаря тому, что многовариантная реализация модели соответствует основной схеме статистических испытаний, называемой выборочным методом. В этом случае в качестве математического ожидания значения целевой функции можно использовать величину среднего значения выборки

$$\bar{Z} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N Z_t, \quad (8.6)$$

где Z_t — значение целевой функции на t -м шаге реализации алгоритма.

В качестве оценки степени отклонения среднего значения целевой функции от ее истинного значения можно использовать величину смещенной дисперсии выборки

$$S^2(z) = \frac{1}{N-1} \left[\sum_{t=1}^N Z_t^2 - \frac{\sum_{t=1}^N Z_t^2}{N} \right]. \quad (8.7)$$

Размер выборки может быть определен из условия относительной погрешности оценки математического ожидания значения целевой функции с ее средним значением. Условимся, что величина ε не должна превышать некоторого порогового значения отклонения целевой функции от ее среднего значения с заданным уровнем значимости p

$$\varepsilon = \frac{\bar{Z} - A}{\bar{Z}}. \quad (8.8)$$

В силу асимптотической нормальности \bar{Z} для достаточно больших значений N и наличия небольшого объема выборок для оценки ε воспользуемся распределением Стьюдента. В этом случае справедливо неравенство

$$A \leq \bar{Z} + \frac{S(z)}{\sqrt{N}} t_{1-p, N-1}. \quad (8.9)$$

Тогда с учетом (8.8) выражение (8.9) можно представить следующим образом:

$$N = \frac{S(z) - t_{1-p, N-1}}{\varepsilon \max(Z^2)}, \quad (8.10)$$

где t_{1-p} — квантиль t -распределения с доверительной вероятностью $1-p$. Процедура определения необходимого количества реализаций в этом случае состоит в следующем. После проведения N_1 реализаций определяются значения

среднего \bar{Z} и дисперсии $S^2(Z_1)$. Затем в соответствии с (8.10) определяется требуемое количество реализаций N . Проверяется условие $N_1 > N$. Если условие выполняется, моделирование прекращается, иначе моделируется очередной вариант плана.

Очевидно, что данный метод прост в реализации и наряду с предыдущим методом может использоваться для оценки точности алгоритмов при решении практических задач большой размерности.

8.2.4. Локальные процедуры улучшения качества расписания

Наибольшее практическое распространение в моделях календарного планирования получили приближенные методы решения с применением «правил предпочтения». Использование любого детерминированного правила позволяет получить вполне определенную последовательность обработки изделий. Для организации многовариантных расчетов наряду с использованием других правил предпочтения может быть применена какая-либо локальная процедура преобразования первоначальной очередности [39].

Рассмотрим задачу определения оптимальной очередности запуска как некоторую комбинаторную задачу.

Пусть имеется множество из m элементов. Обозначим через $P = \{p\}$ множество перестановок этих элементов. В общем случае $N = |P| = m!$

Пусть на множестве P задана целевая функция $Z(\pi)$, т.е. задан способ вычисления $Z(\pi)$ для любой комбинации $\pi \in P$, где $\pi = (i_1, i_2, \dots, i_m)$ — комбинация элементов множества P .

Требуется определить $\pi_0 \in P$ такую, что $Z(\pi_0) = \min_{\pi \in P} Z(\pi)$. Поиск оптимальной очередности методом полного перебора требует больших объемов вычислений, и для задач реальной размерности, где поиск одного варианта решения занимает значительное время, вряд ли целесообразен. Рассмотрим один из эвристических приемов организации многовариантного перебора, позволяющий значительно сократить количество просматриваемых вариантов.

Пусть функция $Z(\pi)$ — линейная кусочно-непрерывная функция. Численное значение функции в этом случае может быть определено по следующему выражению:

$$Z(\pi) = \sum_{k=1}^m \theta_k, \quad (8.11)$$

где θ_k — приращение функции в единичном интервале.

Очевидно, что единичные интервалы $[i_{k-1}, i_k]$, в которых приращение целевой функции наибольшее, оказывают существенное влияние на точность решения, и пара элементов $[i_{k-1}, i_k]$ в последовательности π нежелательна.

Будем называть пару элементов $[i_{k-1}, i_k]$ множества $\pi = (i_1, i_2, \dots, i_{k-1})$ конфликтной, если приращение целевой функции $Z(\pi')$ при переходе от последовательности $\pi = (i_1, i_2, \dots, i_{k-1}, i_k)$ к последовательности π' больше какой-либо пороговой величины ε . В этом случае можно предложить следующую локальную процедуру улучшения первоначального расписания.

Пусть изделия в последовательности $\pi' = (i_1, i_2, \dots, i_{k-1}, i_k)$ прошли обработку на всех операциях и для всех $i_{k-1}, i_r \in \pi$ конфликтов не наблюдалось. Последовательность $\pi' = (i_1, i_2, \dots, i_{k-1}, i_k, i_{k+1})$ получается добавлением по определенному правилу к последовательности π изделия i_{r+1} . Если при этом приращение целевой функции больше ε , изделие i_{k+1} объявляется конфликтным, конфликт нумеруется.

Пусть $A = \{\alpha_i \mid i = 1, n\}$ есть множество конфликтных ситуаций первоначальной последовательности обработки изделий, а $Z(\pi_0)$ — значение целевой функции первоначальной последовательности.

Для улучшения первоначального расписания можно с успехом применить перестановочный прием. Суть этого приема заключается в исследовании влияния рядом стоящих элементов на значение целевой функции. Так, например, в последовательности $\pi = (i_1, i_2, \dots, i_k, i_{k+1}, \dots, i_m)$ исследуются перестановки элемента i_{k+2} со всеми элементами от i_{k+3} до i_m и от i_1 до i_{k+1} , а также их влияние на значение целевой функции. Если при какой-либо перестановке значение целевой функции оказывается меньше «рекорда», вновь полученная последовательность объявляется перспективной. Исследуется возможность разрешения конфликтных ситуаций в новой последовательности. Если же ни одна из перестановок не приводит к получению новой перспективной последовательности, объявляется, что данный конфликт неразрешим, осуществляется переход к следующей точке конфликта.

Так как приращение «длительности производственного цикла» не имеет физического смысла, для локализации «конфликтных ситуаций» можно использовать значения величин времени простоя оборудования и величины ожидания обслуживания (пролеживания) изделия перед очередной операцией.

Введем следующие определения: **порогом простоя оборудования** δ_1 назовем время, больше которого оборудование не должно простаивать, **порогом пролеживания изделия** δ_2 назовем критическое время, более которого изделие не может пролеживать.

Будем говорить, что изделие называется конфликтным на некоторой перестановке π элементов множества m , если в процессе прохождения изделия по операциям хотя бы одна из вышеупомянутых величин достигла величины, больше пороговой, т.е.

$$L_1 \geq \delta_1, L_2 \geq \delta_2. \quad (8.12)$$

Очевидно, что использование в перестановочном приеме правила конфликтных ситуаций позволяет несколько уменьшить область поиска оптимального плана. Количество реализаций в этом случае равно $(m-1)*\alpha$.

Еще более сузить область поиска оптимума можно путем оптимизации формирования первоначальной последовательности на основе обработки информации о прошлых конфликтных ситуациях.

Пусть известна матрица потерь от следования заказов друг за другом

$$F = \|\lambda_{ij}\|, i, j = \overline{1, m}.$$

Эта матрица может быть получена в результате экспериментов с алгоритмом календарного планирования и постоянно корректироваться в дальнейшем. При наличии полностью сформированной матрицы потерь задачу поиска первоначальной последовательности можно сформулировать в виде следующей задачи линейного программирования.

Пусть значение переменной $x_{ij} = 1$, если в последовательности π_0 элемент j стоит за элементом i , в противном случае $x_{ij} = 0$. Требуется определить последовательность элементов, минимизацию потери от следования элементов друг за другом при выполнении следующей системы ограничений:

$$Z = \sum_{j=i=1}^m \sum_{j=i=1}^m \lambda_{ij} x_{ij} \Rightarrow \min; \quad (8.13)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, i = \overline{1, m}; \quad (8.14)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, j = \overline{1, m}; \quad (8.15)$$

$$x_{ij} = \{0;1\}, i, j = \overline{1, m}. \quad (8.16)$$

Представленная задача является известной задачей о назначениях, для которой существуют весьма эффективные точные методы решения.

8.3. Алгоритмы решения общей задачи календарного планирования

8.3.1. Задача календарного планирования участка с полным циклом изготовления изделия (сетевая технология)

Постановка задачи

Рассмотрим задачу календарного планирования участка с полным циклом обработки изделия. Изделием будем называть некоторую конечную продукцию подразделения. Технологическим узлом назовем некоторую сборочную единицу изделия. Каждый технологический узел, в свою очередь, сам может иметь несколько сборочных единиц.

$K = \{k_1, \dots, k_j, \dots, r\}$ — множество всех технологических узлов изделия.

$L = \{l_1, \dots, l_m, \dots, m\}$ — множество оборудования данного производственного подразделения.

Каждое оборудование $l \in L$ описывается следующими величинами:

t_i^r — время готовности к обслуживанию;

t_i^ϕ — плановый фонд работы.

Операцией назовем процесс обработки k -го технологического узла на l -м оборудовании. Величина $t(l, k)$ — время обработки (здесь и далее $t(l, k)$ — величина детерминированная, приведенная с учетом коэффициентов сменности, перевыполнения норм и т.д.)

Представим все операции в виде множества $X = \{x, y, \dots, g, \dots, z\}$ точек на плоскости. Каждая точка $x \in X$ характеризуется следующими величинами $\{k, l, t(k, l)\}$. Очевидно, что если k -й узел может обрабатываться на d различных видах оборудования, то существует d точек, характеризующихся одинаковыми значениями k , но различными значениями $l, t(k, l)$. Две точки $x \in X, y \in Y$ соединяются дугой (x, y) , если между ними существует технологическая связь. В общем случае каждая связь характеризуется величиной $M(x, y)$ — входимостью технологического узла x в узел y . В результате получен ориентированный граф без контуров $G = (X, Y)$ множества возможных технологических маршрутов изготовления изделия (рис. 8.2), где $X = \{x, y, \dots, g, \dots, z\}$ — множество вершин графа, а $U = \{(x, y)\}$ — множество дуг графа.

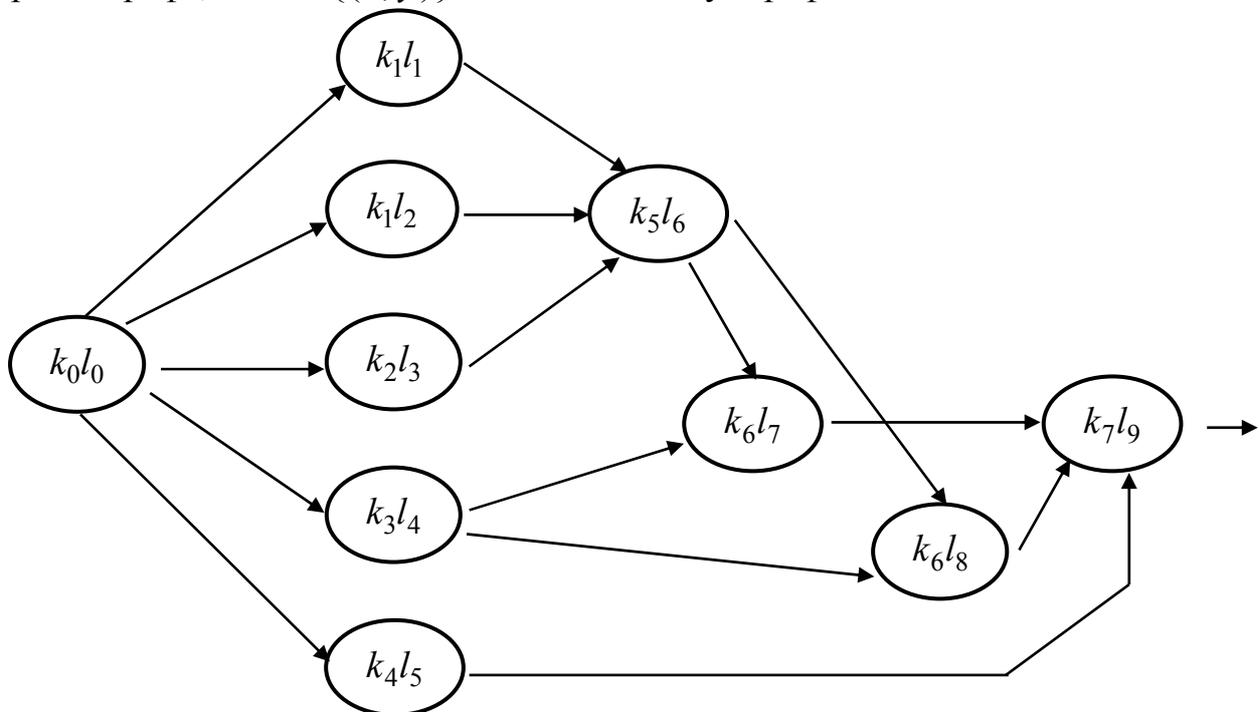


Рис. 8.2. Граф возможных технологических маршрутов. Пусть x_i и y_j принадлежат множеству вершин графа $G = (X, Y)$. Тогда возможный технологический маршрут изделия определяется как подграф $G' = (X', \Gamma')$ графа G , если:

$$X' \subset \bar{X}; \quad (8.17)$$

$$\forall x \in X, \Gamma'x = X' \cap \Gamma x; \quad (8.18)$$

$$\forall k, x \in X, y \in X, \text{ если } x(k), y(k), x \in X', y \notin X'. \quad (8.19)$$

Выражения (8.17) и (8.18) являются типовыми условиями выделения подграфа. Выражение (8.19) определяет, что все множество вершин графа G' характеризуется различными наименованиями технологических узлов. Здесь и далее выражение $x(k)$ означает, что вершина x характеризуется k -м технологическим узлом. На рис. 8.3. представлен один из возможных вариантов подграфа G' графа G .

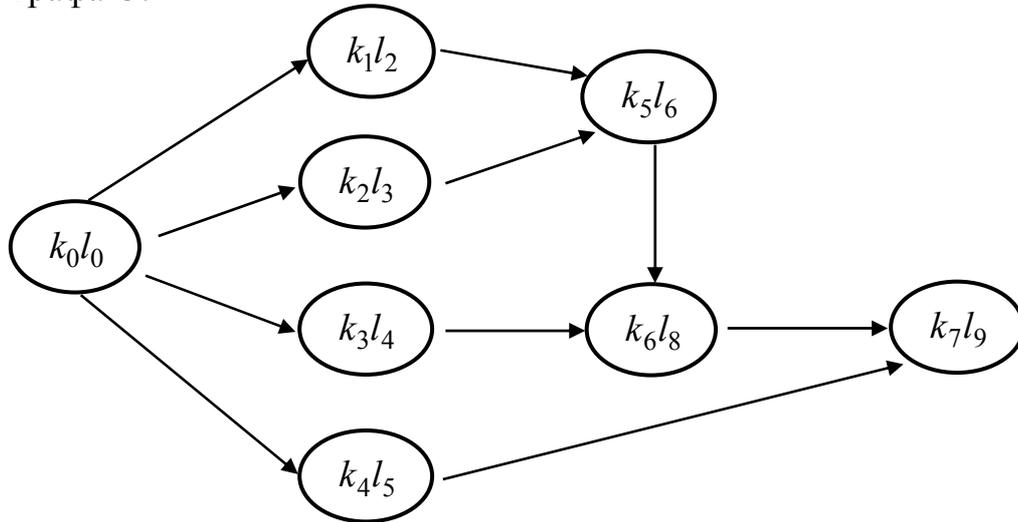


Рис. 8.3. Подграф оптимального технологического маршрута

Пусть задано множество изделий $N = \{1, 2, \dots, \mu, \dots, n\}$. Технология изготовления каждого изделия задана в виде конструкторско-технологического графа $G_\mu = (X_\mu, U_\mu)$, где $\mu = \overline{1, n}$; $t^H(x)$, $t^k(x)$ — соответственно время начала и окончания обработки операции (вершины) x . X'_μ — множество вершин подграфа G'_μ графа G .

Расписанием назовем множество

$$P = \{t^H(x), t^k(x) / x \in X'_\mu, \mu = \overline{1, n}\}, \quad (8.20)$$

удовлетворяющее следующей системе ограничений:

1) каждая операция (вершина), начавшись, не может быть прервана

$$t^k(x) = t^H(x) + t(x), \quad x \in X'_\mu, \mu = \overline{1, n}; \quad (8.21)$$

2) в любой момент времени на данном оборудовании выполняется не более одной операции. Пусть $x, y \in X'_\mu$, $x = x(k_1, l_1)$, $y = y(k_2, l_1)$, тогда сформулированное ограничение можно записать следующим образом:

$$t^H(x) > t^H(y) \geq t^k(x), \quad x, y \in X'_\mu, \mu = \overline{1, n}; \quad (8.22)$$

3) технологические ограничения:

– для последовательного вида движения. Время начала операции $y \in X'_\mu$ должно наступить не ранее времени окончания операции $x \in X'_\mu$, если $y \in \Gamma x$

$$t^H(y) \geq t^k(x), \quad x, y \in X'_\mu, \quad \mu = \overline{1, n}; \quad (8.23)$$

– для параллельно-последовательного вида движения. Время начала операции $y \in X'_\mu$ должно быть не ранее, чем сумма времени начала обработки вершины x и времени задержки $\tau(x, y)$

$$t^H(y) \geq t^H(x) + \tau(x, y), \quad x, y \in X'_\mu, \quad \mu = \overline{1, n}. \quad (8.24)$$

В качестве критерия оптимальности общей задачи календарного планирования используются обычно следующие показатели:

- минимизация времени обработки всех изделий;
- минимизация суммарного времени простоя множества оборудования L ;
- минимизация ожидания (пролеживания) изделий в процессе обработки;
- минимизация общих производственных затрат по реализации производственной программы.

Алгоритм решения задачи

Прежде чем перейти к описанию алгоритма, остановимся на нескольких принципиальных моментах, отражающих различные варианты его реализации. Важным вопросом при разработке алгоритмов является понятие множества *ожидаемых операций* (операций, готовых к обработке). Относительно его в теории расписаний существуют два принципиальных класса алгоритмов:

- *последовательного включения изделий* на обработку;
- *последовательного включения операций* на обработку.

В первом случае множество ожидаемых операций состоит из операций обработки одного и того же изделия и содержит как минимум один элемент. Назначение времен начала и окончания обработки производится последовательно, не чередуясь с операциями других изделий. Так как чередование изделий в окончательном расписании не происходит, то общее число возможных вариантов расписаний равно $m!$.

Во втором случае множество ожидаемых операций содержит все изделия, обработка которых возможна на данный момент времени. Назначение времени начала и окончания обслуживания производится последовательно, вначале для первой операции всех изделий, а затем для второй и так далее. При этом после обработки изделия на первой операции эта операция удаляется из множества, а на ее место перемещается следующая операция данного изделия. В этом случае очевидно, что первоначальная последовательность обработки изделий при переходе от операции к операции может изменяться.

На практике часто возникают случаи частичного совмещения обработки изделий на различных операциях, т.е. параллельно-последовательной обработки

деталей по операциям. В случае, если на очередной операции изделие начинает обрабатываться после завершения обработки всей партии на предыдущей операции, принято говорить о последовательной схеме обработки. Описанные выше варианты представлены на рис. 8.1.

При наличии множества взаимозаменяемого оборудования при обработке изделий немаловажное значение имеет и правило выбора оборудования. Введем понятие t_l^Γ — время готовности l -го оборудования к выполнению очередной операции. В общем случае это время определяется следующим образом:

$$t_l^\Gamma(l, y) = t^k(l, x) + \tau(x, y), \quad (8.25)$$

где $\tau(x, y)$ — время, необходимое на переналадку оборудования после обработки предыдущей детали;

$t^k(l, x)$ — время окончания обработки детали на предыдущей операции на оборудовании l .

Тогда в качестве правила закрепления оборудования за деталью может быть принят один из следующих вариантов.

Из множества видов оборудования (претендентов) выбирается оборудование:

- с минимальным временем готовности к обработке;
- с минимальным временем обработки операции на данном оборудовании;
- с минимальным временем окончания обработки операции на данном оборудовании.

С учетом вышеизложенных особенностей один из вариантов эвристического алгоритма решения общей задачи календарного планирования можно представить в виде следующей последовательности этапов.

Шаг 1. Формирование множества ожидаемых операций на обработку. На данном этапе происходит последовательное формирование множества ожидаемых операций на всем множестве изделий, начиная от первой операции (при $j = 1$) и заканчивая последней ($j = n$).

Шаг 2. Определение приоритетов для каждого изделия на множестве ожидаемых операций.

Шаг 3. Выбор очередного изделия на обработку, согласно принятой системе приоритетов.

Шаг 4. Формирование множества оборудования-претендентов для обработки изделия на данной операции и выбор, согласно принятому правилу, оптимального из них.

Шаг 5. Вычисление временных характеристик обработки изделия:

- время начала обработки: $t^H(x) = \max(t_l^\Gamma(l, x), t^\Gamma(x))$, где $t^\Gamma(x)$ — время готовности обработки операции x ;
- время окончания обработки: $t^k(x) = t^H(x) + t(x)$;
- время готовности обработки последующей операции данного изделия:
 - а) при параллельно-последовательном виде движения

$$t^{\Gamma}(y) = t^{\text{H}}(x) + \tau(x, y);$$

б) при последовательном виде движения

$$t^{\Gamma}(y) = t^k(x);$$

- время простоя оборудования: $\tau(l) = t^{\Gamma}(l, x) - t^{\Gamma}(x)$;
- время пролеживания изделия (ожидания обработки операции x):

$$\tau(x) = t^{\Gamma}(x) - t^{\Gamma}(l, x).$$

Шаг 6. Определение текущего значения критерия оптимальности и сравнение его значения со значением нижней границы расписания, либо со значением целевой функции в наилучшем варианте плана. Если значение «рекорда» больше, чем текущее значение, то расчет плана продолжается. В противном случае данный вариант расписания отбрасывается. Переход к шагу 8.

Шаг 7. Проверка условия: < все ли операции из множества ожидаемых рассмотрены? > Если условие выполняется, переходим к шагу 1, в противном случае переходим к шагу 2.

Шаг 8. Работа алгоритма заканчивается в случаях, если: закончено рассмотрение множества ожидаемых операций для $j=n$ (рассмотрены все операции для всех изделий), текущее значение критерия оптимальности больше «рекордного» значения.

8.3.2. Задача календарного планирования участка с полным циклом изготовления изделий по линейно-последовательной технологии

Постановка задачи

Имеется n изделий и m единиц обрабатывающего оборудования. Каждое изделие обрабатывается в заданной, специфической для него линейной последовательности. Процесс обработки изделия k может включать повторные обращения к одному и тому же оборудованию. Каждый станок одновременно обрабатывает не более одного изделия, и каждое изделие одновременно обрабатывается не более чем одним станком. Известны времена обработки каждого изделия каждым станком. Прерывания в обработке не допускаются. Необходимо построить оптимальное по времени обработки всех изделий расписание. Предполагается, что время транспортировки изделий от операции к операции и время переналадок оборудования равны нулю. Перейдем к формальной постановке задачи [39].

Рассмотрим задачу построения оптимального (по быстродействию) расписания обработки множества изделий $N=\{1, 2, \dots, k, \dots, n\}$ на множестве оборудования $L=\{1, 2, \dots, l, \dots, m\}$. Изделие $k \in N$ обрабатывается на множестве оборудования в заданной последовательности (l_1, l_2, \dots, l_r) , при этом станки не обязательно различны. Каждый станок обрабатывает изделие последовательно. Известны времена обработки изделий. Введем понятие **операции** как процесса обработки отдельного узла изделия отдельным станком в некоторой заданной по-

следовательности. В этой терминологии процесс обработки изделия k состоит в последовательном выполнении операций. Если изделие k обрабатывается станком l в q -й по очереди раз, то эту операцию будем обозначать через (k, l, q) , а длительность ее выполнения — через $t(k, l, q)$.

Представим все операции в виде точек на плоскости. Каждые две операции (k_1, l_1, q_1) и (k_2, l_2, q_2) могут быть зависимыми или независимыми в том смысле, что календарное время выполнения одной из них оказывает или не оказывает влияние на календарное время выполнения другой. В условиях рассматриваемой задачи целесообразно выделить три вида бинарных межоперационных отношений.

Если $k_1 \neq k_2$ и $l_1 \neq l_2$, то операции (k_1, l_1, q_1) и (k_2, l_2, q_2) являются независимыми. Графически они не соединяются никакими видами связей.

Если $k_1 = k_2 = k$, то по условию задачи одна из операций для определенности (k_2, l_2, q_2) *следует* во времени за первой. В данном случае операция (k_2, l_2, q_2) не может быть начата раньше, чем закончится операция (k_1, l_1, q_1) . Графически операции (k_1, l_1, q_1) и (k_2, l_2, q_2) следует соединить дугой, направленной от первой операции ко второй.

Наконец, если $l_1 = l_2 = l$ и $k_1 \neq k_2$, то операции (k_1, l_1, q_1) и (k_2, l_2, q_2) не могут выполняться одновременно, однако очередность их выполнения *заранее не оговорена*. В этом случае соединим операции ребром.

В результате получаем смешанный граф $G = (X, \bar{U}, U)$, где X — множество операций (вершин), \bar{U} — множество дуг, U — множество ребер.

Пример

Рассмотрим три изделия $N = \{1, 2, 3\}$, обрабатываемые четырьмя станками $L = \{A, B, C, D\}$. Последовательности (маршруты) обработки приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

1	A	B	D	—
2	A	B	A	—
3	A	C	B	D

Процесс обработки изделия 1 состоит в последовательном выполнении операций $(1, A, 1)$, $(1, B, 1)$ и $(1, D, 1)$. При обработке изделия 2 последовательно выполняются операции $(2, A, 1)$, $(2, D, 1)$ и $(2, A, 2)$. Наконец, при обработке изделия 3 последовательно выполняются операции $(3, A, 1)$, $(3, C, 1)$, $(3, B, 1)$ и $(3, D, 1)$.

Операции $(1, B, 1)$ и $(2, A, 2)$ независимы, поскольку эти операции осуществляются над разными изделиями с использованием различных станков. Независимыми являются также пары операций $(1, B, 1)$ и $(3, A, 1)$, $(2, B, 1)$ и $(3, D, 1)$ и т.д.

По условию операция $(1, D, 1)$ следует во времени за операцией $(1, B, 1)$, которая в свою очередь следует за операцией $(1, A, 1)$.

Операции (1,A,1) и (2,A,2) осуществляются с использованием одного и того же станка А. Одновременно эти операции выполняться не могут, однако очередность их выполнения не фиксирована. Аналогичная ситуация имеет место и в случае операций (2,A,1) и (3,A,1), (1,D,1) и (3,D,1) и т.д. Соответствующий смешанный граф представлен на рис. 8.4.

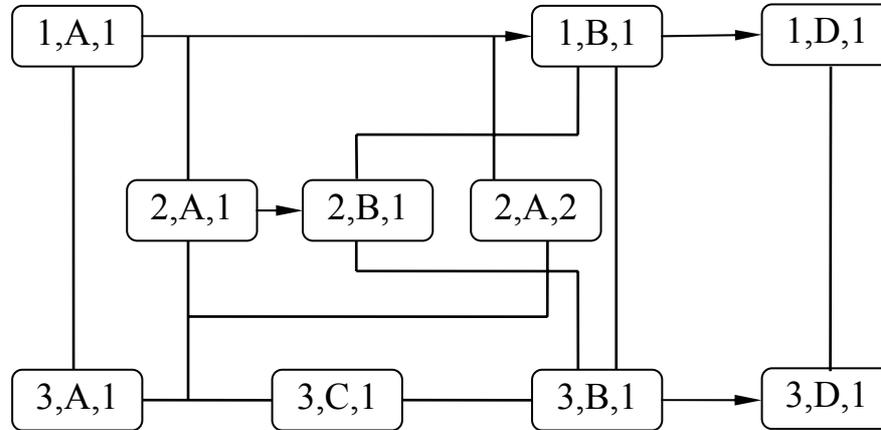


Рис. 8.4. Смешанный граф обработки изделий

Алгоритм решения

Каждое допустимое расписание определяет календарные сроки выполнения операций и тем самым однозначно фиксирует определенные последовательности обработки изделий. Иными словами, каждому расписанию соответствует некоторый ориентированный бесконтурный граф, порождаемый данным смешанным графом в результате замены всех его ребер дугами. Припишем каждой дуге этого графа, соединяющей вершину (k_1, l_1, q_1) с вершиной (k_2, l_2, q_2) , число $t(k_1, l_1, q_1)$ — длительность операции (k_1, l_1, q_1) . В результате получаем сетевой график. Используя обычную технику сетевого планирования, можно определить время начала и окончания каждой операции, т.е. построить расписание обработки изделий на станках. Таких расписаний, очевидно, можно построить сколь угодно много.

Таким образом, задача построения оптимального расписания обработки изделий на станках может быть решена перебором бесконечного числа возможных вариантов расписаний. Этот перебор определяется числом бесконтурных графов, порождаемых данным смешанным графом.

Вернемся к рассмотрению примера, дополнив его условие заданием времен выполнения операций. Пусть время обработки изделия 1 на всех станках равно единице, а изделия 2 — четырем, изделия 3 — девяти. На рис. 8.5 приведены два бесконтурных графа, порождаемых исходным графом, в результате замены всех его ребер дугами. Каждой дуге приписана длительность выполнения, каждой вершине — календарное время начала выполнения соответствующей операции. Сетевые графики дополнены вершиной R — временем окончания всех операций.

В соответствии с графиком, изображенным на рис. 8.5, а, обслуживание всех изделий можно завершить в течение 43 единиц времени. В соответствии с графиком, изображенным на рис. 8.5, б, обслуживание изделий можно завершить в течение 50 единиц времени.

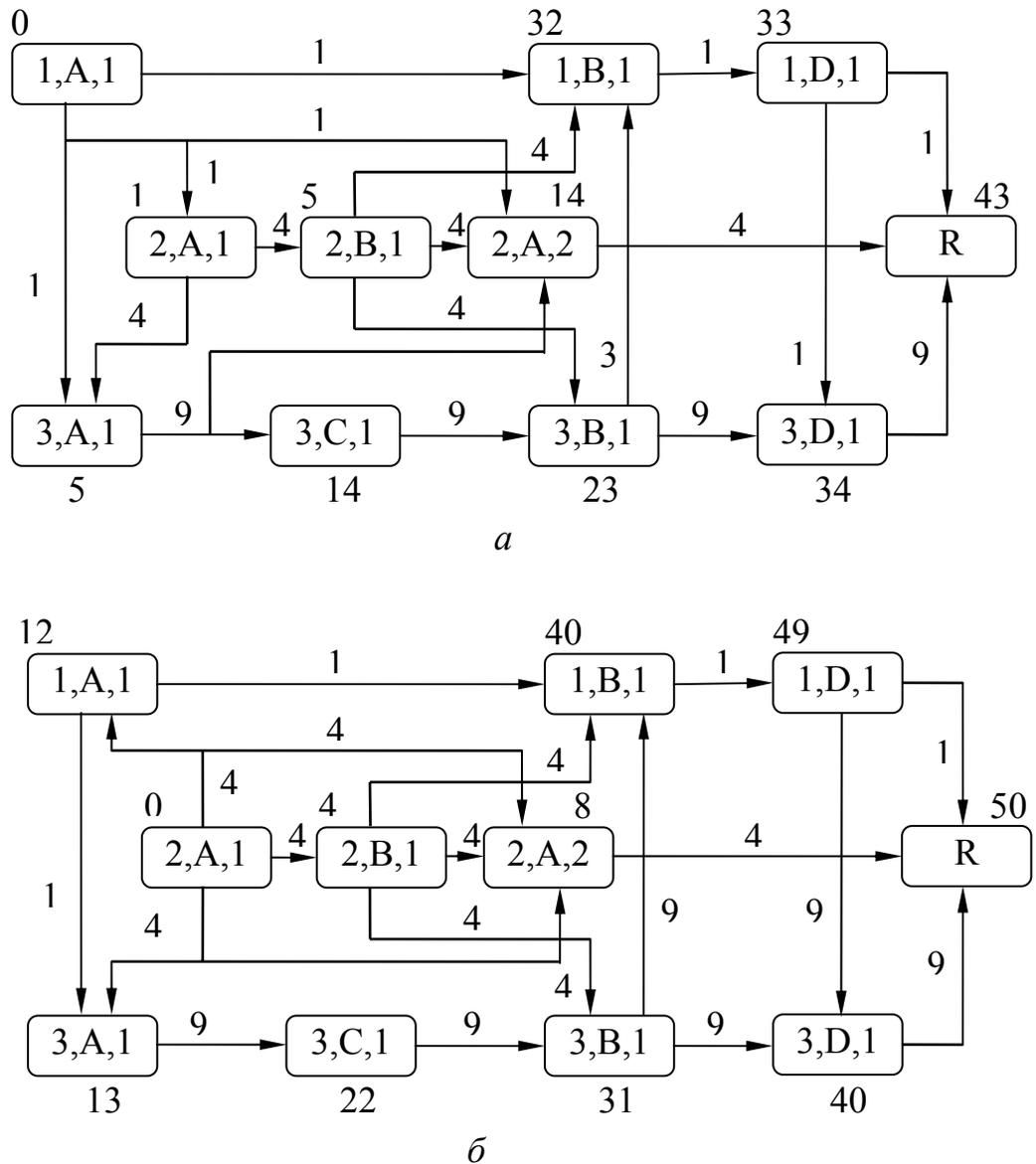


Рис. 8.5. Варианты ориентированных графов обработки изделий:
 а — первой вершиной выбирается (1, А, 1);
 б — первой выбирается вершина (2, А, 1)

Процесс построения **допустимых** расписаний, таким образом, может быть разделен на два этапа:

- 1) построение бесконтурного графа (сетевого графика), порождаемого исходным смешанным графом в результате замены всех его ребер дугами;
- 2) построение расписания по данному сетевому графику.

Такой подход позволяет создавать **программные генераторы допустимых расписаний** в результате незначительной модификации существующих

программ расчета временных параметров сетевых графиков. Для этого достаточно дополнить их программой генерирования самих сетевых графиков.

Для построения сетевого графика можно воспользоваться следующей формальной процедурой:

1) в списке операций выделим множество операций, в которые не входит ни одна дуга;

2) по определенному правилу предпочтения выберем из сформированного множества ожидаемых операций некоторую фиксированную операцию;

3) заменим все ребра в рассматриваемом смешанном графе, соединяющие выбранную операцию и другие операции списка, на исходящие из этой операции дуги. Удалим операцию из списка;

4) если список операций исчерпан, процедура окончена. В противном случае переходим к пункту 1.

Используя в пункте 2 различные правила предпочтения для выбора операций, получим в результате многократного повторения данной процедуры все допустимые (относительно исходного смешанного графа) сетевые графики. Последующее построение расписания по сетевому графику проводится общеизвестными методами сетевого планирования.

В условиях рассматриваемого примера на первом шаге может быть выбрана любая из трех операций (вершин): $(1, A, 1)$, $(2, A, 1)$ и $(3, A, 1)$. Если выбрать вершину $(1, A, 1)$, то ребра, соединяющие эту вершину с вершинами $(2, A, 1)$, $(3, A, 1)$ и $(2, A, 1)$, необходимо заменить на исходящие из нее дуги. Если выбрать вершину $(2, A, 1)$, то ребра, соединяющие эту вершину с вершинами $(1, A, 1)$ и $(3, A, 1)$, меняются на исходящие из вершины $(2, A, 1)$ дуги.

Предположим, что выбрана вершина $(1, A, 1)$. Удалим эту вершину из рассмотрения (вместе с инцидентными ей дугами).

На следующем шаге может быть выбрана любая из трех операций, $(2, A, 1)$, $(3, A, 1)$ и $(1, B, 1)$, поскольку ни одна из этих операций не следует ни за одной из операций, отличных от $(1, A, 1)$.

Процесс продолжается до тех пор, пока не будут рассмотрены все операции (вершины). В результате получаем бесконтурный ориентированный граф. Этот граф вместе с информацией о временных длительностях операций представляет собой один из допустимых сетевых графиков выполнения операций.

Задача заключается в построении такого графика, при котором общее время выполнения всех операций окажется наименьшим. Иными словами, необходимо выбрать операции в такой последовательности, чтобы получаемый в результате сетевой график позволял осуществить все операции в кратчайший срок.

8.4. Задача календарного планирования заготовительного участка

Постановка задачи

Для производственных участков, работающих на удовлетворение календарного спроса на изделия (обычно спрос на продукцию по интервалам планирования не равномерен), планирование производства изделий в каждом интервале возможно по двум вариантам:

- производить в каждом интервале планируемого периода требуемое количество каждого вида изделия;
- производить в каждом интервале планируемого периода часть требуемого количества, но обеспечивать покрытие спроса за счет перепроизводства данного изделия в предыдущих интервалах.

Планирование по первому варианту требует наличия свободных мощностей оборудования, которое в периоды пониженного спроса бывает не загружено. Планирование по второму варианту может привести к образованию сверхнормативных запасов каждого изделия, что связано с увеличением оборотных средств предприятия. Очевидно, что решение задачи по первому варианту тривиально и сводится к расчету производственной мощности под данную производственную программу. В данном случае приводится постановка задачи календарного планирования участка, работающего по второму варианту.

Пусть имеется производственный участок, выпускающий n видов продукции. Весь интервал планирования разбит на m равных периодов. Пусть V_{ij} — величина спроса на i -е изделие в j -м интервале планируемого периода; V_{i0} — величина начального запаса по i -му изделию; на участке имеется $l = \overline{1, q}$ видов оборудования. Допускается некоторая взаимозаменяемость оборудования.

R_{lj} — величина планового фонда работы l -го оборудования в j -м интервале. Пусть x_{ijl} — величина выпуска i -го изделия в j -м интервале планируемого периода на l -м виде оборудования. Очевидно, что величина x_{ijl} должна определяться, исходя из условий обеспечения потребности в каждом изделии в каждом интервале планируемого периода, т.е. должно выполняться условие:

$$V_{i0} + \sum_{j=1}^t \sum_{l=1}^q x_{ijl} \geq \sum_{j=1}^t V_{ij}, \quad i = \overline{1, n}; \quad t = \overline{1, m}. \quad (8.26)$$

Так как график потребности в общем случае неравномерен, а ресурс каждого оборудования ограничен, то должно выполняться следующее условие:

$$\sum_{i=1}^n d_{il} x_{ijl} < R_{lj}, \quad j = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, q}, \quad (8.27)$$

где d_{il} — время обслуживания единицы i -го изделия на l -м оборудовании.

Большинство используемых критериев оптимальности при решении подобного класса задач ориентированы на обеспечение равномерности загрузки оборудования, дающей как прямой экономический эффект, так и косвенный,

возникающий при улучшении условий труда и повышении качества работы оборудования.

Кроме того, работа участка должна быть ориентирована на удовлетворение спроса в каждом интервале планируемого периода. Простейшим решением этой проблемы является приведение в полное соответствие спроса и производства в каждом интервале планируемого периода. Однако в условиях ограничения на мощности оборудования такое решение практически невозможно. Целесообразнее, видимо, повышать ритмичность выпуска, отказавшись от строгого выполнения спроса, и пойти тем самым на создание незавершенного производства. При этом возникает необходимость учитывать потери от замораживания вложенных оборотных средств. При наличии нескольких видов оборудования для некоторого изделия, затраты на его изготовление могут быть неодинаковы.

С учетом приведенных выше рассуждений в качестве критерия оптимальности задачи можно предложить следующее выражение:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3, \quad (8.28)$$

где Z_1 — затраты по выпуску изделий при данном варианте календарного плана;

Z_2, Z_3 — соответственно потери от создания незавершенного производства и неравномерности загрузки оборудования.

Очевидно, что в общем случае одно или два слагаемых в выражении (8.28) могут отсутствовать. Обозначим через

C_{il} — затраты на изготовление i -го изделия на l -м оборудовании;

a_i — потери от единицы «пролеживания» i -го изделия;

b_l — потери от недогрузки l -го оборудования в периоды пониженного спроса.

Тогда математическая постановка задачи календарного планирования работы заготовительного участка имеет следующий вид: требуется определить множество $P = \{x_{ijl} / i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; l = \overline{1, q}\}$ при минимизации целевой функции

$$Z = \left[\sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^q C_{il} \sum_{j=1}^m x_{ijl} + \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^m \left(\sum_{l=1}^q x_{ijl} - V_{ij} \right) + \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^q b_l \left(R_{jl} - \sum_{i=1}^n t_{jl} x_{ijl} \right) \right] \rightarrow \min \quad (8.29)$$

и выполнении ограничений (8.26), (8.27). Представленная модель является трехиндексной задачей линейного программирования. Характерной особенностью задач данного вида является их большая размерность. Следует отметить, что необходимым условием существования решения задачи является также баланс между потребностями в изделиях и имеющимися производственными мощностями, т.е.

$$\sum_{j=li=1}^m \sum_{j=li=1}^q (V_{i0} + d_{ij} V_{ij}) = \sum_{j=li=1}^t \sum_{j=li=1}^q R_{jl}. \quad (8.30)$$

Алгоритм решения

Анализ математической постановки задачи календарного планирования заготовительного участка показывает, что по своему содержанию ее ограничения почти аналогичны известным задачам оптимального распределения ресурсов при заданном времени выполнения работ. Так, например, следуя этой терминологии, можно сказать, что графическая интерпретация плана потребности есть линейная диаграмма проекта, где по горизонтальной оси откладываются равномерные интервалы планирования, а потребность в каждом изделии изображается полосой, параллельной горизонтальной оси (рис. 8.6).

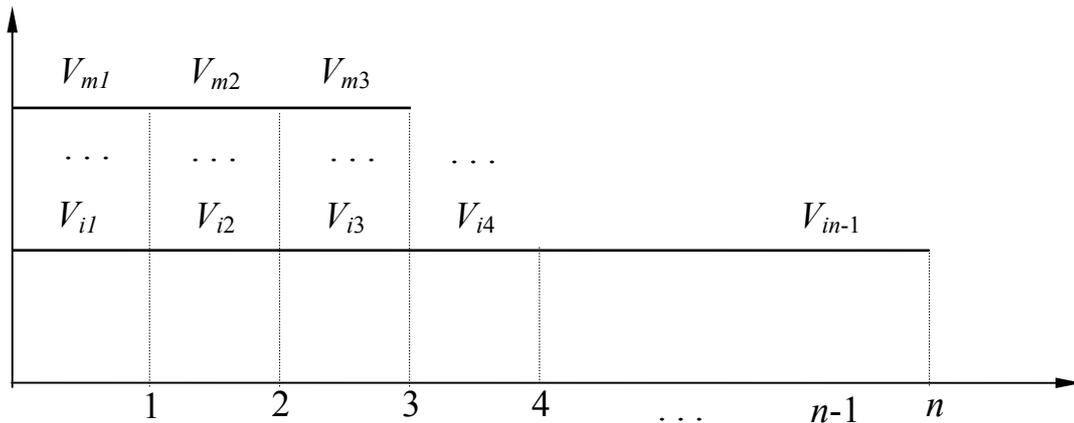


Рис. 8.6. Линейная диаграмма потребности в изделии

Рассматривая интервал $[2,3]$, можно сказать, что фронт работ в этом интервале есть множество $\{V_{i3}, V_{m3}\}$. Очевидно, что ограничение (8.26) справедливо для каждого интервала планируемого периода. Все это позволяет предположить, что основные идеи алгоритмов задачи распределения ограниченных ресурсов на сетях могут быть использованы при разработке алгоритмов решения данной задачи [42].

Сущность этих алгоритмов заключается в следующем. Составляется линейная диаграмма проекта. Интервал планирования $[0, T_k]$ разбивается на $(T-1)$ равных частей. Рассматривается совокупность работ, которые должны выполняться в интервале $[j, j+1]$. По определенному правилу (чаще всего на основе полных резервов времени) каждой работе присваивается номер следования, в соответствии с которым она и включается на обслуживание.

Все работы последовательно в соответствии с их номером включаются в план в данном интервале, если при этом выполняется ограничение по имеющимся ресурсам. Если это условие не выполняется, работа двигается вправо либо влево. Работа алгоритма заканчивается, если просмотрены все интервалы планируемого периода. Полученное расписание в общем случае не является оптимальным, однако такие алгоритмы просты в реализации, время работы их сравнительно мало, степень точности достаточно высока.

Прежде чем перейти к описанию рассматриваемого алгоритма, остановимся на следующих специфических условиях задачи:

- ограничение (8.26) показывает, что величина x_{ijl} в каждом интервале j должна выбираться таким образом, чтобы удовлетворить потребность в i -м изделии к j -му интервалу планирования, что при ограниченном количестве ресурса возможно только при производстве данного изделия в более ранние интервалы времени. В этом случае рассмотрение интервалов планирования для решения задачи должно происходить только справа налево, т.е. с последнего интервала планируемого периода;

- при наличии для каждого изделия группы взаимозаменяемого оборудования необходимо решить вопрос однозначности его выбора. Очевидно, что если в качестве критерия оптимальности используется полное выражение (8.29), то предпочтение должно быть отдано оборудованию с $\min C_{il}$. Если же в качестве критерия использовать два последних слагаемых, то выбор оборудования

для i -го изделия целесообразнее осуществлять исходя из $\max \left(R_{il} - \sum_{i \in Q_j} d_{il} x_{ijl} \right)$,

что позволяет соблюдать равномерность загрузки всего оборудования в рассматриваемом интервале времени.

Специфические условия задачи накладывают определенные требования и на выбор вида функции предпочтения. Можно выдвинуть следующие требования, которым должна удовлетворять функция предпочтения:

- уменьшить количество переналадок оборудования, для чего, очевидно, необходимо учитывать состояние i -го изделия в предыдущем интервале;

- уменьшить количество видов изделий, обслуживаемых в каждом интервале, для чего необходимо учитывать величину трудоемкости каждого изделия в рассматриваемом интервале планирования;

- уменьшить время пролеживания изделия, для чего необходимо предусмотреть увеличение приоритета изделия по мере увеличения интервалов сдвига.

Тогда в общем виде с учетом псевдослучайного числа α функция предпочтения может быть записана следующим образом:

$$F_{ij} = \alpha K_{ij} + \frac{V_{ij}}{\sum_{j=1}^n V_{ij}} + \gamma, \quad (8.31)$$

где K_{ij} — коэффициент, учитывающий состояние i -го изделия в предыдущем интервале;

γ — коэффициент, учитывающий перенос изготовления изделия на один интервал.

С учетом вышеизложенного рассмотрим вариант алгоритма решения задачи. Весь интервал планирования $[0, T_k]$ разбивается на $(T - 1)$ равных отрез-

ков времени. Операцией (i, j) будем называть процесс обслуживания i -го изделия в j -м интервале планирования.

$Q_j = \{(i, j)\}$ — множество операций j -го интервала.

В алгоритме используется принцип пошаговой проверки плана на оптимальность. Для этого после рассмотрения очередного интервала j проверяется условие $\sum_{j=1}^t Z_j < Z_0$, где Z_0 — значение целевой функции текущей реализации.

Перейдем к изложению алгоритма.

Шаг 1. Формируется множество ожидаемых операций в интервале планирования j , где j изменяется от n до 1.

Шаг 2. Для каждой из операций по выражению (8.31) вычисляется функция предпочтения.

Шаг 3. Выбирается очередная операция, имеющая минимальное значение функции предпочтения. В случае, если все операции просмотрены, осуществляется переход к шагу 7.

Шаг 4. Формируется множество оборудований-претендентов для обслуживания данной операции и для каждого из них проверяется условие (8.27). В случае, если условие выполняется для нескольких типов оборудования, закрепление операции за оборудованием происходит по одному из описанных выше правил. Переход к шагу 6.

Шаг 5. Если условие (8.27) полностью либо частично не выполняется, считается, что данная операция полностью (либо частично) не может быть выполнена в данном интервале планируемого периода, осуществляется ее перенос в интервал $(n-1)$. Переход к шагу 7.

Шаг 6. В зависимости от выполнения условия (8.27) определяются: искомая величина x_{ijl} ; величина сдвига операции $i - v_{ij-1}$; текущая величина значения R_{ji} ; текущее значение целевой функции.

Шаг 7. Определяется необходимое и достаточное количество реализаций для получения субоптимального плана. В случае, если условия выполняются, календарный план в этом интервале считается сформированным, осуществляется переход к следующему интервалу планирования (шаг 1), в противном случае генерируется новое значение функции предпочтения и происходит переход к шагу 2.

8.5. Задача календарного планирования участка однотипного взаимозаменяемого оборудования

Постановка задачи

Пусть на участке имеется n однотипных взаимозаменяемых станков, которые могут изготавливать m видов продукции. Считаем, что себестоимость изготовления одного вида продукции на любом станке одинакова. При переходе от обработки одного вида продукции к другому затрачивается определенное время

на переналадку станка S_{ij} . Матрица переналадок $S = \|S_{ij}\|$ $m \times m$ задана. В общем случае матрица несимметрична, т.е. $S_{ij} \neq S_{ji}$, а переналадки между деталями одного вида отсутствуют.

Рассмотрим интервал планирования T_1 . Известно, что к концу интервала $(T_1 - 1)$ каждый из n станков настроен на определенный вид деталей. Пусть в интервале T_1 требуется изготовить m видов деталей.

a_i — требуемое количество деталей i -го вида, $i = \overline{1, m}$.

b_l — плановый фонд работы l -го станка в интервале времени T_1 , $l = \overline{1, n}$.

t_i — время обработки одной детали i -го вида.

Определим множество $M = \bigcup_{i=1}^m a_i$.

Задача состоит в том, чтобы распределить множество деталей M по n станкам с определением очередности обработки на каждом станке при минимизации суммарного времени переналадок.

Введем переменную

$$x_{lij} = \begin{cases} 1, & \text{если на } l\text{-м станке существует переналадка с } i\text{-й детали на } j\text{-ю;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Тогда математическая модель задачи календарного планирования загрузки однотипных станков имеет следующий вид.

Требуется определить множество

$$P = \{x_{lij} \mid l = \overline{1, n}, ij \in M\} \quad (8.32)$$

при минимизации целевой функции

$$Z = \sum_{l=1}^n \sum_{ij \in M} S_{ij} x_{lij} \rightarrow \min \quad (8.33)$$

и выполнении следующей системы ограничений:

$$\sum_{i \in M} t_i x_{lij} + \sum_{ij \in M} S_{ij} x_{lij} \leq b_l, \quad l = \overline{1, n}; \quad (8.34)$$

$$\sum_{l=1}^n \sum_{i \in M} x_{lij} = 1, \quad j \in M; \quad (8.35)$$

$$x_{lij} = (0, 1). \quad (8.36)$$

Выражения (8.34), (8.35) определяют соответственно, что фонды времени работы каждого станка не должны быть превышены, а переналадка с некоторой детали на другую встречаются на всем множестве станков только один раз.

В общем случае задача (8.32)–(8.36) является задачей линейного программирования с булевыми переменными. С точки зрения теории расписаний рассмотренная модель есть комбинация элементов задач распределения и упорядочения.

Алгоритм решения

Представим задачу (8.32)–(8.36) в терминах теории графов. Для этого построим $(n + m)$ -вершинный граф. Множество вершин $P = \{1, 2, \dots, i, \dots, m\}$ соответствует множеству видов деталей в интервале планирования T_1 . Множество вершин $Q = \{1, 2, \dots, l, \dots, n\}$ соответствует множеству станков. Вершины $i, j \in P$ соединим дугой (i, j) длины S_{ij} . Вершины $l \in Q, i \in P$ соединим дугой (l, i) длиной $t_{\rho i}^l$, где ρ — номер детали начального состояния l -го станка.

Каждую вершину $i \in P$ охватывают a_i петель длиной t_i . Например, пусть на участке имеется два станка $\{a, b\}$. В интервале t необходимо обработать 3 вида деталей $\{c, d, q\}$, причем c -го вида в количестве двух единиц. Тогда $(n + m)$ -вершинный граф имеет следующий вид (рис. 8.7).

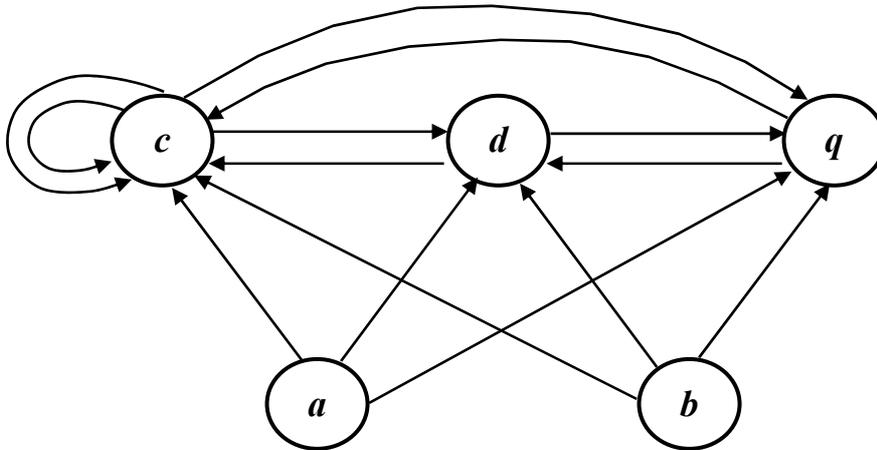


Рис. 8.7. Технологический граф изготовления изделия

В этом случае задача сводится к поиску n путей, покрывающих граф и удовлетворяющих следующим условиям:

- длина l -го пути не должна превышать величины b_l ;
- возможно прохождение различных путей через одну вершину, но по разным петлям;
- суммарная длина n путей должна быть минимальна.

Наличие ограничения на длину пути не позволяет использовать для решения данной задачи известные алгоритмы задачи n коммивояжеров. Задача может быть решена последовательным поиском n путей, т.е. вначале находится один путь, удовлетворяющий ограничению (8.34), затем второй и т.д. При этом необходимо решить две проблемы:

- проблему выбора вершины из множества Q ;
- проблему поиска пути, т.е. определение процедуры движения по графу.

Известны несколько приближенных алгоритмов нахождения n путей, покрывающих граф и основанных на принципе пошагового обхода графа.

Шагом будем называть включение на обслуживание очередной детали на l -й станок, что равнозначно включению в l -й путь очередной i -й вершины. Вы-

бор вершины из множества Q осуществляется по минимальной длине дуг, соединяющих вершины множества Q и P . Это условие соответствует известному правилу «короткой операции».

Процедуру движения по графу определим следующим образом. Пусть в l -й путь уже включена вершина i , тогда движение из вершины i происходит к ближайшей незапрещенной вершине j с минимальным значением S_{ij} , что соответствует минимуму времени переналадки на станке при переходе от детали i к детали j .

Вершина $j \in P$ называется запрещенной, если все ее петли уже включены в какой-либо путь. Тогда алгоритм последовательного поиска n путей может быть представлен в виде следующей последовательности этапов:

Шаг 1. Формируется исходная матрица $C = \|C_{li}\|$, элементы которой соответствуют времени переналадки станка с детали, которая обрабатывалась в интервале $(t-1)$ на все множество деталей, требующих обработки в интервале времени t . **К этой матрице добавляются** вектор-столбец $\{b_l\}$, $l = \overline{1, n}$, и вектор-строка $\{a_i\}$, $i = \overline{1, m}$.

Шаг 2. Определяется минимальный элемент матрицы c , т.е. выбирается начальная вершина из множества Q и первая вершина из множества P . Это соответствует выбору приоритетного станка l и партии деталей i -го вида, которая проходит обработку на этом станке.

Шаг 3. По формуле $T_i = t_i \cdot a_i + S_i$ вычисляется время обработки партии и путем проверки ограничения (8.34) определяется возможность полной либо частичной загрузки станка l . Если условие полностью выполняется, вершина i считается включенной в путь l . Из матрицы C удаляется столбец i , изменяется значение b_l , пересчитываются элементы строки l , вычисляется текущее значение целевой функции, осуществляется переход к шагу 4. Если условие не выполняется, либо выполняется частично, осуществляется переход к шагу 5.

Шаг 4. Определяется минимальный элемент в строке l -й матрицы, что соответствует выбору очередной партии деталей для обработки на данном станке, осуществляется переход к шагу 3.

Шаг 5. Считается, что ресурсы l -го станка исчерпаны. В этом случае из матрицы C удаляется строка l , вычисляется текущее значение целевой функции и корректируется значение a_i , осуществляется переход к шагу 2.

В большинстве алгоритмов, основанных на пошаговом нахождении решения, основные трудности возникают при преодолении неоднозначности в конфликтных ситуациях. Так как в описанном алгоритме выбор вершины осуществляется последовательно по определенному правилу, то вполне возможны случаи, когда некоторые вершины являются равнозначными с точки зрения выбранного критерия, однако выбор каждой из них может привести к существенно различным ситуациям. Эти пары вершин будем называть конфликтующими.

Разрешением конфликтной ситуации является выбор из числа конфликтующих вершин одной пары. Пусть имеется n способов разрешения конфликт-

ных ситуаций. Пронумеруем все способы разрешения конфликтов. Разрешим конфликт первым способом, все встречающиеся неконфликтные ситуации обрабатываем обычным образом. Вновь встречающиеся конфликты помечаем и запоминаем. После окончания одной реализации запоминаем значение полученной целевой функции и возвращается к последнему конфликту, разрешая его вторым способом, и т.д.

Очевидно, что полный перебор дерева конфликтных ситуаций позволит получить оптимальный вариант. Однако реализация алгоритма может потребовать значительных временных ресурсов.

Альтернативным способом разрешения конфликтных ситуаций, позволяющим избежать какого-либо перебора, является введение вторичной системы приоритетов, т.е. в случае равнозначности вершин по первому правилу рассматривается их приоритетность относительно других правил предпочтения. Эти правила в данном случае могут быть выбраны из следующих соображений:

- из нескольких пар вершин выбору подлежит та пара, которая потенциально может привести к минимальному приросту целевой функции на следующем шаге;
- из нескольких пар вершин выбору подлежит та пара, которая потенциально может привести к сокращению общего количества переналадок;
- выбору подлежит та пара вершин, у которой после включения в l -й путь всех петель i -й вершины остаток пути минимален.

Контрольные вопросы

1. Приведите содержательные постановки и примеры задач упорядочения, согласования, распределения.
2. Дайте обобщенную постановку задачи С. Джонсона и алгоритмы ее решения для одного и двух станков. Приведите примеры практического использования этих задач.
3. Перечислите основные элементы производственного процесса и параметры его описания.
4. Приведите понятия функции предпочтения, назовите основные из них.
5. Назовите методы оценки точности алгоритмов решения задачи календарного планирования, приведите процедуры улучшения качества первоначальных расписаний.
6. Перечислите основные приемы организации многовариантного поиска оптимальной последовательности обработки изделий, приведите процедуру организации многовариантного перебора с использованием пороговых значений целевой функции.
7. Приведите постановку задачи календарного планирования с полным циклом обработки изделий.
8. Опишите алгоритм решения задачи календарного планирования с полным циклом обработки изделий.

9. Приведите постановку общей задачи календарного планирования в сетевом представлении и представьте обобщенную схему алгоритма ее решения.

10. Приведите математическую постановку задачи календарного планирования заготовительного участка и покажите ее взаимосвязь с моделями С. Джонсона.

11. Сформулируйте обобщенный алгоритм решения задачи календарного планирования заготовительного участка.

12. Приведите математическую постановку задачи календарного планирования участка однотипного взаимозаменяемого оборудования, дайте ее интерпретацию в терминах теории графов.

13. Опишите алгоритм поиска n фиксированных путей на графе.

9. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ (АСОИУ)

9.1. Основные понятия и определения АСОИУ

Начало создания автоматизированных систем управления (АСУ) в нашей стране относится к 1960–65 гг. По мере углубления научных знаний, накопления опыта внедрения изменилось и представление о проблемах АСУ. На начальных стадиях развития автоматизация управления производством рассматривалась в рамках использования ЭВМ для решения отдельных задач. В 1966 г. впервые было дано определение АСУ применительно к предприятию как упорядоченной совокупности методов и средств, обеспечивающих возможность всесторонней оптимизации управления промышленными предприятиями на основе использования математики и автоматизированной обработки данных.

В середине 80-х годов появляется термин «автоматизированные системы обработки информации и управления». Существующие в настоящее время учебники [43, 44, 45, 46, 47, 48] посвящены, в основном, изложению взглядов этого периода на проблему развития АСОИУ. Появление этого термина четко определило назначение систем подобного класса:

- всесторонняя и многоаспектная обработка и анализ информации о различных видах деятельности предприятий (маркетинговой, производственной, финансовой, коммерческой и т.д.);
- выработка на базе полученной информации оптимальных управленческих решений по различным аспектам деятельности предприятия.

В соответствии с этим в качестве основных целей создания АСОИУ выделяют повышение эффективности:

- в среде управления за счет автоматизации процессов переработки информации;
- в среде производства за счет принятия оптимальных управленческих решений.

При анализе эффективности внедрения АСОИУ применяют различные методики оценки экономической эффективности, в которых в качестве оценочных могут рассматриваться показатели социальной или экономической эффективности. Социальная эффективность отождествляется с внедрением ЭВМ в учрежденческую деятельность организации и формулируется, как правило, в качественных показателях, характеризующих повышение оперативности и достоверности информации, сокращение документооборота, улучшение комфортности управленческого труда и т.д. Экономический эффект может быть достигнут как в сфере производства за счет сокращения затрат материальных и трудовых ресурсов, снижения потерь, увеличения объема продаж и т.д., так и в сфере управления в результате условного высвобождения работников аппарата управления при увеличении количества и сложности решаемых задач.

Организационная структура АСОИУ в терминологии, принятой в научной литературе, состоит из двух частей: *функциональной и обеспечивающей*.

Функциональные части (подсистемы) представляют собой совокупность методов и средств автоматизации, совокупности взаимосвязанных функций управления. Обеспечивающие части (подсистемы) включают совокупность методов и средств реализации и эксплуатации функциональных подсистем.

В общеотраслевых руководящих методических материалах по проектированию АСУП выделялись следующие функциональные подсистемы [49]:

- технико-экономического управления;
- оперативного управления основным производством;
- управления материально-техническим снабжением;
- управления реализацией и сбытом;
- бухгалтерского учета и управления финансами;
- управления кадрами;
- управления вспомогательным производством.

Очевидно, что в данном случае подсистемы выделялись как по жизненному циклу производства конечных продуктов, так и по основным видам деятельности предприятия. Кроме того, каждое отраслевое министерство вносило свою специфику в содержание этих подсистем.

В настоящее время нормативные документы Госстандарта не содержат конкретных требований к функциональным подсистемам АСОИУ. В этой связи разработчики систем обычно используют свои правила и методики деления АСОИУ на составные элементы.

Выбор состава и структуры функциональных подсистем для конкретных объектов автоматизации (информатизации) управления осуществляется на стадии предпроектного обследования и существенно зависит от специфики предметной области информатизации. Вместе с тем для стандартизации основных частей функциональной структуры АСОИУ введем ее следующее формальное представление (рис. 9.1).



Рис. 9.1. Формальная структура функциональной части АСОИУ

Системой принято называть множество взаимосвязанных функциональных подсистем. В конкретные подсистемы объединяются элементы системы, выделенные по определенным признакам, отвечающим определенным целям и

задачам управления. *Признаками выделения подсистем* (объединения комплексов задач в подсистемы) могут быть:

- однотипность реализуемых функций управления;
- общие пользователи (потребители полученных информационных конечных продуктов);
- наличие технологической и временной взаимосвязи между элементами основной деятельности предприятия;
- необходимые элементы деятельности производственной системы.

Под комплексом задач понимается совокупность программных модулей и баз данных, реализующих однотипную функцию управления над определенной фазой (этапом) производства конечных продуктов системы.

И, наконец, *задача* представляет собой совокупность программных модулей и баз данных, реализующих один из этапов жизненного цикла обработки информации при реализации конкретной функции управления.

В последнее время при декомпозиции функциональной АСОИУ появились новые понятия и определения, среди которых наиболее распространенными являются автоматизированное рабочее место руководителя (специалиста) — АРМ; информационная технология управления; информационные системы обеспечения решений.

Кратко остановимся только на первом определении, так как остальные понятия подробно рассмотрены в других разделах учебника.

В большинстве литературных источников АРМ представляется как программно-технический комплекс, обеспечивающий в реальном масштабе времени решение конкретных комплексов задач управления. При этом в состав программного обеспечения кроме программ, реализующих конкретные задачи, входит и множество сервисных программ: архивирование, копирование, удаление, защита по паролю, отображение информации в виде графиков, гистограмм, круговых диаграмм и т.д. Как правило, АРМы реализуются на базе персональных ЭВМ, объединенных в локальную сеть.

Аналогичную декомпозицию можно провести и для сложных программных систем. Так, в [56] предлагается выделить следующие иерархические уровни:

- программные модули (ПМ), оформляемые как законченные компоненты текста программ;
- функциональные группы программ или пакетов прикладных программ;
- комплексы программ, оформляемые как законченное программное средство определенного целевого назначения.

Функциональные группы программ формируются на базе десятков модулей и решают сложные автономные задачи. На их реализацию в ЭВМ может использоваться около десятка тысяч строк текста, написанного на языке третьего поколения. Соответственно возрастает число используемых типов переменных и разнообразие выходных данных. При этом значительно быстрее растет число типов переменных, обрабатываемых модулями и локализуемых в пределах одного или нескольких ПМ.

Комплексы программ — программные средства (ПС), созданные для решения сложных задач управления и обработки информации. В комплексы объединяются несколько десятков функциональных групп программ для решения общей целевой задачи. Объемы ПС зачастую исчисляются сотнями модулей, десятками и сотнями тысяч операторов. Встречаются ПС, содержащие до двух–трех десятков структурных иерархических уровней, построенных из модулей.

В качестве примера рассмотрим различные варианты деления АСОИУ на совокупность взаимосвязанных подсистем с использованием сформулированных ранее признаков выделения подсистем. Очевидно, что с точки зрения однотипности функций управления структура АСОИУ может быть представлена в виде следующих подсистем:

- прогнозирования;
- стратегического планирования;
- текущего (тактического) планирования;
- оперативного управления.

В делении АСОИУ на подсистемы с точки зрения общих пользователей предполагается декомпозиция АСОИУ в соответствии с принятой декомпозицией объекта управления:

- подсистема управления объединением;
- подсистема управления предприятием;
- подсистема управления производственным подразделением (цехом, отделом) и т.д.

Практическое применение признака наличия технологических взаимосвязей между элементами основной деятельности предприятия предполагает выделение подсистем в соответствии с принятой моделью жизненного цикла производства:

- подсистема управления НИОКР;
- подсистема управления маркетингом;
- подсистема материально-технического снабжения;
- подсистема управления основным производством;
- подсистема управления качеством;
- подсистема управления реализацией продукции и т.д.

И, наконец, использование модели «процесса» при декомпозиции обеспечит выделение следующих функциональных подсистем:

- управления финансами;
- управления основными фондами;
- управления оборотными фондами;
- управления кадрами.

Очевидно, что однозначно отдать предпочтение тому или иному принципу не представляется возможным, и можно лишь предположить, что истина лежит в различном сочетании этих признаков при проведении декомпозиции функциональной структуры АСОИУ.

В четвертом разделе уже описаны две содержательные модели декомпозиции, которые можно использовать для выделения множества задач управле-

ния (метод «дерева целей», метод последовательного синтеза АИТ). Приведем еще один из возможных вариантов определения множества задач управления — **метод структурно-функционального и пространственного анализа**.

Функционирование современной производственной системы, ориентированной на удовлетворение потребностей элементов внешней среды, может быть описано в следующих координатах:

- предметная организация производства, определяемая множеством конечных продуктов и услуг, предоставляемых элементам внешней среды;
- пространственная организация производства, определяемая принятой организационной структурой производственной системы;
- функциональная ориентация производства, определяемая принятой на производстве стратегией и тактикой управления;
- структурная организация производства, определяемая принятой в системе производственно-технологической специализацией отдельных производственных элементов.

Декомпозиция производства в каждом из выбранных направлений происходит по строго определенной модели декомпозиции. Предметная декомпозиция производства производится по «модели состава», где в качестве элементов модели выступают отдельные товарные группы, виды продукции и услуг. Пространственная декомпозиция производится также с использованием «модели состава», где в качестве элементов выступают отдельные структуры подразделения, например:

<акционерное общество, предприятие, цех, участок, рабочее место>.

Функциональная декомпозиция производится по модели типа «жизненный цикл» — «функции управления»:

<стратегическое планирование, тактическое планирование, оперативное планирование, контроль и анализ, регулирование>.

И, наконец, структурная организация производства также описывается моделью декомпозиции типа «жизненный цикл» — «структура производства», например: <маркетинговая деятельность, материально-техническое обеспечение, подготовительное производство, основное производство, вспомогательное производство, кадровая поддержка >. По аналогии с методом анализа и синтеза информационных технологий управления данная модель выбора задач управления может быть описана в трехмерной системе координат (рис. 9.2):

$$Z = \{Z_{\mu}\} = \bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^m \bigcup_{\rho=1}^k (P_i \times Y_j \times I_{\rho}), \quad (9.1)$$

где P_i, Y_j, I_{ρ} — параметры, характеризующие существование либо отсутствие взаимосвязей элементов соответствующих моделей декомпозиции. При этом наличие взаимосвязи говорит о том, что i -я функция управления существенна для j -го структурного подразделения при реализации ρ -го вида деятельности.

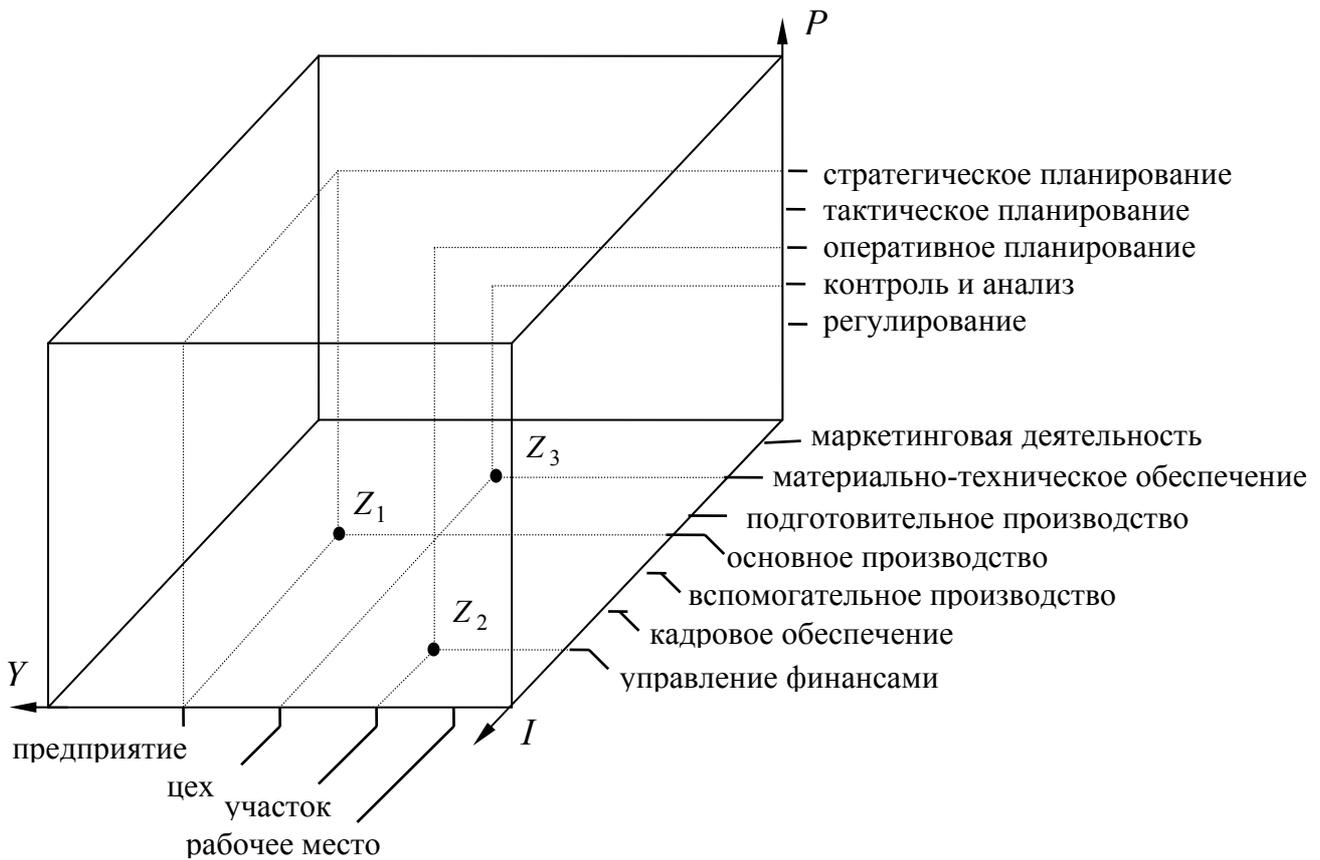


Рис. 9.2. Структурно-функциональная и пространственная модель выбора задач управления

Например, точки Z_1, Z_2, Z_3 означают соответственно следующие задачи (функции) управления:

Z_1 — стратегическое планирование основного производства предприятия;

Z_2 — оперативное управление финансами участка;

Z_3 — контроль и анализ материально-технического снабжения цеха.

Очевидно, что такие модели необходимо строить для каждого вида конечных продуктов. Последовательное же применение модели декомпозиции «технология переработки информации» позволит спроектировать для каждой задачи информационную технологию ее реализации.

Обеспечивающие части АСУ предназначены для организации взаимосвязи отдельных элементов АСУ при ее функционировании. В состав обеспечивающих частей входит организационное, правовое, эргономическое, лингвистическое, информационное, программное, математическое и техническое обеспечение. Подробная информация о составе и содержании каждой из выделенных частей приводится в работах [44, 46, 47, 48, 49].

Организационное обеспечение представляет собой совокупность средств и методов, предназначенных для проведения технико-экономического анализа существующих систем управления, методик выбора и постановки задач автоматизации, организации производства и управления предприятием в условиях

АСУ. В составе организационного обеспечения АСУ рассматриваются основные компоненты:

- методы и средства организации проектирования АСОИУ;
- техническую документацию на систему;
- должностные инструкции персонала, принимающего участие в разработке, внедрении и эксплуатации системы.

Правовое обеспечение представляет собой совокупность норм, прав и должностных обязанностей, выраженных в нормативных актах, устанавливающих и закрепляющих:

- цели, функции и структуры элементов АСУ;
- порядок их создания, внедрения и функционирования.

Другими словами, в составе правового обеспечения АСУ должна быть создана эффективная система правового регулирования системы управления в условиях автоматизированного управления, включая и вопросы взаимоотношения коллектива разработчиков с заказчиками системы.

Очень часто эти две обеспечивающие подсистемы объединяются разработчиками в одну — организационно-правовую.

Эргономическое обеспечение представляет собой совокупность методов и средств, предназначенных для выбора и обоснования проектных решений, создающих оптимальные условия высокоэффективной и безошибочной деятельности персонала (пользователей). Составляющими эргономического обеспечения являются комплекс методик, нормативных материалов, технических и информационно-программных средств, обеспечивающих выполнение следующих условий:

- оптимальную организацию рабочего места пользователя;
- рациональные способы организации взаимодействия с ЭВМ;
- объективную оценку качества работы пользователя в системе управления;
- эффективную систему подготовки и переподготовки персонала.

Лингвистическое обеспечение представляет совокупность языковых средств, предназначенных для облегчения общения пользователей с автоматизированной системой. В состав лингвистического обеспечения входят:

- языки описания, управления и манипулирования данными в различных СУБД;
- диалоговые системы взаимодействия пользователя с ЭВМ;
- языковые средства систем автоматизации проектирования АСУ;
- группы терминов и определений, используемых в процессе проектирования, внедрения и эксплуатации системы (профессиональная терминология).

Математическое обеспечение АСУ — совокупность средств и методов реализации экономико-математических моделей в управлении предприятием (организацией). В составе математического обеспечения обычно рассматривают математический аппарат описания задач управления, методы их решения, а также техническую документацию по их сопровождению [48].

Техническое обеспечение АСУ представляет собой комплекс технических средств, осуществляющих регистрацию, сбор, передачу, обработку, отображение, защиту, хранение информации, а также средства оргтехники и устройства управления ими. В составе технических средств рассматриваются:

- технические средства АСОИУ;
- методические материалы по выбору состава, структуры комплекса технических средств, режима их эксплуатации;
- технический персонал по обслуживанию техники.

Под **программным обеспечением** АСУ понимается совокупность программ и программных средств для реализации комплекса функциональных подсистем на базе средств вычислительной техники. В состав программного обеспечения входят:

- общесистемное программное обеспечение (ОС, СУБД);
- прикладное программное обеспечение (специализированные языки программирования, ППП);
- технологии разработки программного обеспечения.
- **Информационное обеспечение** представляет собой совокупность данных, языковых средств описания данных, методов организации, хранения, накопления и доступа к информации, а также способов ее отображения и представления пользователям. В составе информационного обеспечения АСУ рассматриваются:
 - система классификации и кодирования информации;
 - унифицированная система документации;
 - системы баз данных, объединенные в информационную модель предметной области.

9.2. Понятие комплексности и интеграции в АСОИУ

Современные АСОИУ охватывают три уровня управления производством [47, 50]:

- 1) технологический;
- 2) производственный;
- 3) организационно-экономический (учрежденческий).

На первом уровне рассматриваются проблемы создания гибких производственных систем, представляющих собой высокоавтоматизированное, программно управляемое с помощью ЭВМ производство, сочетающее высокую производительность и интенсификацию производственного процесса с достаточной универсальностью и возможностью адаптации под изменяющиеся условия функционирования.

На втором уровне реализуются задачи управления производством в целом и рассматриваются задачи управления маркетинговой деятельностью, производственного планирования, материально-технического обеспечения, технической подготовки производства, сбыта и реализации.

Третий уровень обеспечивает автоматизацию деятельности собственно аппарата управления и реализует задачи финансово-экономической и организационно-распределительной поддержки деятельности аппарата управления.

Для высокоавтоматизированных производств между первым и вторым уровнями характерно наличие специализированных автоматизированных систем:

АСНИ — автоматизированных систем научных исследований;

САПР — систем автоматизированного проектирования;

АС ТПП — автоматизированных систем технической подготовки производства;

АСКК — автоматизированных систем контроля качества продукции.

Системы такого класса получили название комплексных интегрированных систем управления производством (рис. 9.3).

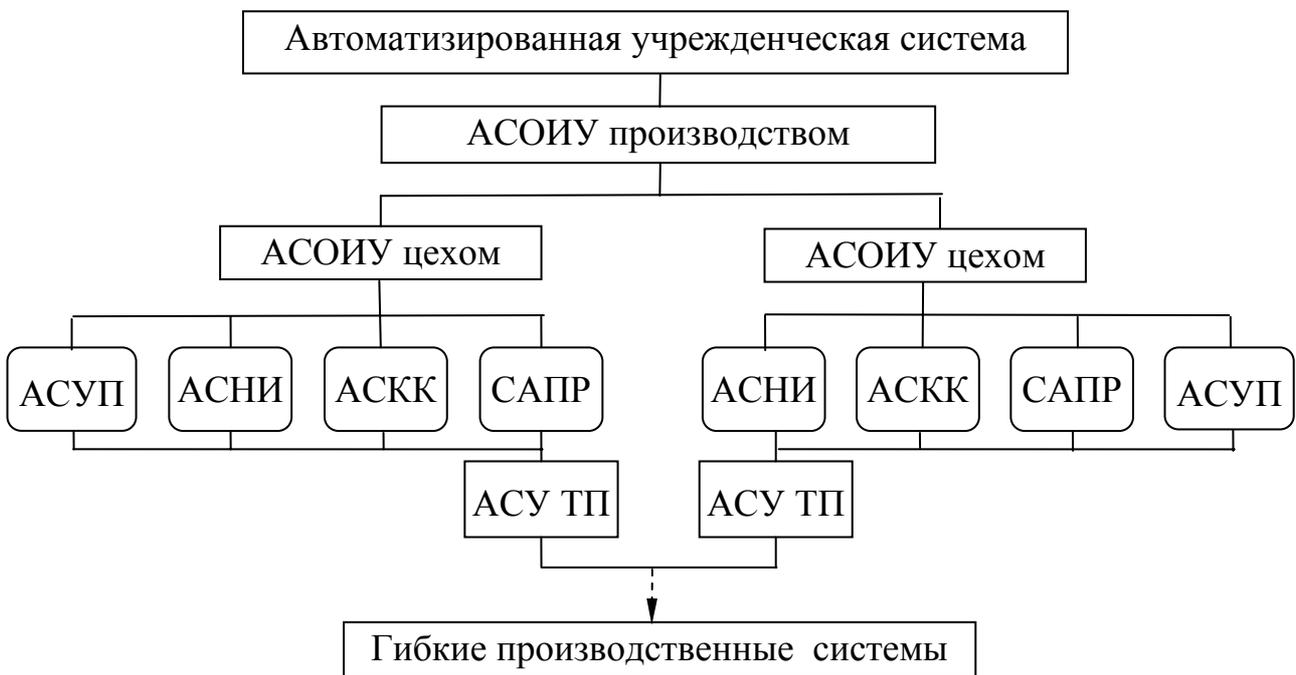


Рис. 9.3. Структура комплексной интегрированной АСОИУ производством

Комплексность и интеграция отдельных частей АСОИУ предполагают не только способность их совместного функционирования, но и возможность автоматизации функций управления на качественно новом уровне.

Ключевым моментом комплексности является определение методов и средств совместимости и взаимодействия АСУ различных уровней. При этом понятие «комплексная АСУ» исключает вариант механического набора отдельных, не связанных в техническом отношении локальных АСУ, а предполагает прежде всего повышение эффективности решения функциональных задач в режиме совместного использования имеющихся информационных и программно-технических ресурсов системы.

Как правило, эти вопросы решаются при разработке соответствующих интерфейсов между различными АСОИУ. В данном случае под интерфейсом будем понимать совокупность соглашений, их информационную, аппаратную и

программную реализацию, обеспечивающих эффективное взаимодействие различных звеньев и уровней управления. Опыт показывает, что при проектировании АСОИУ необходимо рассматривать основные интерфейсы: технический, программный, информационный, функциональный и организационный.

Технический интерфейс — совокупность соглашений и их аппаратная реализация, обеспечивающая совместимость на физическом уровне основных компонентов технического обеспечения распределенных вычислительных систем (рабочих станций, серверов, сетевого оборудования, сетей передачи).

Программный интерфейс — совокупность соглашений на взаимодействие программного обеспечения разнородных ЭВМ, а также набор правил, обеспечивающих однотипное построение и оформление программных продуктов.

Информационный интерфейс — совокупность соглашений по проектированию распределенных баз данных, обеспечивающих единую технологию обработки информации, возможность агрегации информации и информационного обмена между уровнями управления.

Функциональный интерфейс — совокупность правил и соглашений по методам декомпозиции систем и объектов управления; способам согласования целей, критериев и ограничений; методикам агрегации и дезагрегации информации, осуществляющих их методологическое единство при построении иерархической системы моделей подготовки и принятия управленческих решений.

Организационный интерфейс — совокупность функций, прав и обязанностей, регламентирующих вопросы администрирования, финансового, юридического обеспечения по взаимодействию предприятий и организаций, входящих в распределенную корпоративную структуру.

Очевидно, что решение этих вопросов должно происходить с учетом имеющихся международных (ISO) и российских стандартов на взаимодействие автоматизированных систем различного уровня.

Следует отметить, что правила построения и способы реализации технического интерфейса, а также непосредственно с ним связанной части программного интерфейса достаточно подробно рассматриваются в специальной литературе по проектированию вычислительных сетей в рамках создания соответствующей многоуровневой системы протоколов.

Вместе с тем понятие комплексности, отражая аспекты информационной и программно-технической совместимости АСУ различных уровней, не раскрывает существа качественных изменений в процессах планирования и управления в условиях автоматизации. В связи с этим правомерной становится постановка вопроса об изучении и реализации процессов интеграции в автоматизированных системах управления, которые в общем случае сводятся к совершенствованию процессов подготовки и принятия управленческих решений за счет комплексного учета всех особенностей и взаимосвязей в системах управления, совершенствования существующих и разработки новых технологий управления в условиях автоматизации.

В литературе рассматривается несколько направлений процессов интеграции АСУ, важнейшими из которых, требующими конкретизации и дальнейших исследований применительно к особенностям объекта управления являются:

ся интеграция по уровням планирования и управления (вертикальная интеграция) и интеграция по функциям управления (горизонтальная или функциональная интеграция).

Отличительная особенность *функциональной интеграции* заключается в наличии информационных связей между различными производственными подразделениями системы по управлению жизненным циклом производства конечных продуктов системы. Учитывая, что каждая управленческая функция описывается некоторой локальной функциональной либо экономико-математической моделью, будем считать, что процессы функциональной интеграции в АСУ реализуются на основе методологического, математического и информационно-программного единства моделей, описывающих отдельные функции по управлению всеми этапами жизненного цикла производства конечных продуктов системы.

Вертикальная интеграция предполагает методическое и информационно-программное единство методов и моделей реализации однотипных функций управления на различных уровнях управления производством. При этом при проектировании экономико-математических моделей должно быть обеспечено согласование системы критериев и ограничений, а для организационно-технологических моделей — единство методов, средств агрегирования и дезагрегирования плановой и учетной информации.

9.3. Состав и функциональная структура автоматизированных учреждений систем

Работы по созданию автоматизированных учреждений систем (АУС) в настоящее время проходят этап бурного развития, период терминологического становления, формирования концептуальных основ создания, определения состава, структуры, принципов функционирования. Это связано с интенсивным использованием персональных ЭВМ, средств телекоммуникации, широкими возможностями интегрированных пакетов обработки данных. Приведем несколько существующих в литературе определений АУС.

Под автоматизированным учреждением понимается организационная система управления, в которой средства оргтехники, обработки данных, оборудование связи используются для интенсификации информационной деятельности и улучшения условий труда служащих.

Автоматизированная учрежденческая система представляет собой информационно-управляющую систему по выполнению функций переработки информации, предоставлению информационных услуг, а также выработке организационного регламента поведения людей, формирующих плановые решения.

«Электронное учреждение» — это совокупность организационных методов и программно-технических средств, обеспечивающих работу административно-управленческого персонала на основе единой электронной технологии работы с документами и информацией.

Автоматизированной учрежденческой системой называется совокупность автоматизированных рабочих мест, средств связи и отображения, предназначенных для автоматизации подготовки документов и документооборота в целом, создания справочных и архивных наборов данных и систем информационного обслуживания сотрудников.

Анализ приведенных определений показывает, что общими признаками АУС являются следующие:

- наличие средств коммуникации, обеспечивающих связь между рабочими местами;
- наличие вычислительных средств, реализованных преимущественно в идеологии автоматизированных рабочих мест управленческого персонала;
- наличие распределенных по учреждению информационных фондов и программных средств по их созданию, ведению, накоплению и обработке;
- наличие средств вычислительной техники и оргтехники, обеспечивающих автоматизированную обработку документов и работу с ними;
- наличие средств описания организационного регламента деятельности организации (график проведения совещаний, технологии подготовки и принятия решения, распорядок дня работы руководителей и функциональных служб и т.д.);
- наличие средств и методов подготовки и принятия индивидуальных и коллегиальных решений.

Приведенные определения и общие признаки АУС позволяют выделить в составе АУС три глобальные функции: документалистику, коммуникацию, информационные системы поддержки деятельности аппарата управления.

Документалистика предполагает прежде всего автоматизацию документооборота учреждения, переход на «безбумажную» технологию работы с информацией, генерацию документов, эффективную обработку документальной информации, ее отображение, вывод и хранение.

Коммуникация представляет собой аппаратно-программный комплекс ПЭВМ, средств связи и оргтехники, обеспечивающий простые и удобные многофункциональные связи совместной деятельности участников учрежденческой системы.

Множество информационных систем поддержки коллективной работы в литературе предлагается разбивать на шесть групп.

Группа 1 — «Ситуационная комната принятия решений». В настоящее время это наиболее распространенная технология реализации таких систем. Она предназначена для встречи небольшой группы участников в одном месте и в одно время. Их работа поддерживается аппаратурой, которая состоит из нескольких рабочих станций, объединенных в сеть, и желательно большого экрана, отображающего информацию с вычислительной машины.

Группа 2 — «Сессия». В американской литературе она называется legislative session — законодательная сессия. Эта технология отличается от «Ситуационной комнаты принятия решений» только большим числом участников. Устное общение возможно и в этом случае, но, поскольку группа большая, оно

менее эффективно, т.к. каждый член группы имеет меньше времени на высказывание своего мнения.

Группа 3. Для нескольких небольших групп участников одной работы, встречающихся в одно время, могут быть использованы средства «Телеконференции». Эти средства являются развитием обычных средств телекоммуникаций. В каждой группе ее участники могут использовать то же оборудование, что и в «Ситуационной комнате принятия решений», но все «комнаты» объединены в локальную вычислительную сеть и имеют телефонную связь.

Группа 4. Для организации совместной работы большого числа больших рабочих групп могут быть использованы средства «Широковещательной телеконференции», которая отличается от «Телеконференции» тем, что вводятся каналы дуплексной связи, обеспечивающие одновременно передачу данных в обе стороны, и соответствующие программные средства.

Группа 5 — «Локальная сеть принятия решений» — предназначена для поддержки совместной работы небольшой группы участников, разбросанных по рабочим местам в разных помещениях (например, в разных офисах). В этом случае могут быть использованы средства «Телеконференции». Однако это может оказаться слишком дорого, и тогда группе остаются только средства электронной связи.

Группа 6 — «Компьютерная конференция» — отличается от «Локальной сети принятия решений» только числом участников.

И, наконец, информационные системы поддержки деятельности аппарата управления рассматриваются в автоматизированной учрежденческой системе в виде совокупности специальных (прикладных) информационно-программных средств, обеспечивающих информационную поддержку организационных регламентов функционирования учреждения, в том числе подготовку и принятие управленческих решений на всех стадиях жизненного цикла его существования.

9.4. Основные положения по проектированию информационных систем обеспечения решений

Интенсивное использование персональных ЭВМ непосредственно на рабочем месте пользователя создает объективные предпосылки использования информационных систем в реальном масштабе времени не только для обработки информации, но и для оперативного принятия решений. К числу основных особенностей процесса принятия решений можно отнести следующие:

- разнообразие проблемных ситуаций не позволяет говорить о едином математическом аппарате;
- решения, принятые конкретным лицом, принимающим решение (ЛПР), базируются не только на определенной количественной информации, но и на факторах эмоционального, морального, психологического характера;
- сложность учета множества мнений экспертов при подготовке и принятии групповых решений.

При этом к информации, предоставляемой пользователю для подготовки и принятия решения, предъявляются следующие требования: своевременность, доступность, ценность (полезность), полнота, достоверность, определенность, лаконичность восприятия, глубина, убедительность. Наиболее полно эти требования могут быть реализованы в информационных системах обеспечения (поддержки) решений (ИСОР).

Исследования по проектированию таких систем проводятся в трех взаимосвязанных направлениях [51, 52, 53]:

- 1) создание общей теории проектирования ИСОР;
- 2) исследование эффективности использования конкретных систем при решении практических задач;
- 3) развитие отдельных (частных) вопросов создания систем (баз знаний, методов принятия решений, интерфейсов «пользователь — ЭВМ» и т.д.).

Надо отметить, что в настоящее время нет единого подхода к терминологическим понятиям, выбору и обоснованию функционального назначения, состава и структуры ИСОР. Так, относительно наименования систем подобного типа в литературе имеется несколько альтернативных дополняющих друг друга определений: «диалоговые интеллектуальные системы автоматизации процессов принятия решений», «информационные системы принятия и согласования решений», «диалоговые системы поддержки принятия решений», «диагностические системы информирования руководителей», «информационные системы обеспечения принятия решений», «информационные системы поддержки решений» и т.д. Вместе с тем все предлагаемые подходы строятся по схеме «пользователь — информация — модель».

На начальном этапе развития под информационными системами обеспечения решений часто понимали «банки данных», «языки моделирования», «интегрированные программные средства». Только в последнее время в рамках данного научного направления стали рассматриваться вопросы комплексного использования информационных систем в задачах подготовки и принятия решений в организационных системах управления.

В зарубежной печати термин «поддержка решений» появился в семидесятых годах и связывался с реализацией информационно-управляющих систем, обеспечивающих решение неструктурированных либо слабоструктурированных проблем. При этом отмечалось, что принципы построения таких систем не вытекают из понимания объективно существующих процессов принятия решений, а формируются на основе субъективных мнений авторов об этих процессах. Это объясняется отсутствием фундаментальных исследований в области теории принятия решений, определяющих основные положения и методологию поддержки решений, методы, средства и системы этой поддержки. В ряде случаев ИСОР определяется как «интерактивная автоматизированная система», использующая модели выработки решений, обеспечивающая пользователям легкий и эффективный доступ к большим распределенным базам данных и предоставляющая им разнообразные возможности по отображению информации.

С точки зрения эффективности использования ИСОР можно рассматривать ее качественные и количественные характеристики и параметры.

Качественные параметры ориентированы, как правило, на оценку технологичности использования ИСОР в управленческой деятельности:

- степень удовлетворения информационных потребностей пользователя, уровень качества предоставляемой информации;
- доступность, интенсивность использования и коммуникационные возможности системы;
- качество формирования и отображения решений, оптимальность используемых методов и алгоритмов управления.

Количественные параметры описывают опосредованное влияние ИСОР на эффективность управленческой и производственной деятельности:

- сокращение затрат на управленческую деятельность;
- повышение конкурентоспособности и доходов организации.

Вместе с тем внедрение подобных систем имеет и ряд негативных моментов, таких, как:

- сокращение социальных связей между подразделениями и должностными лицами после внедрения безбумажной технологии;
- дезорганизация управления из-за избытка информационных ресурсов;
- информационный взрыв в технологии поддержки управленческих решений ввиду простоты доступа к информации;
- большое количество «кладбищенской информации»;
- техническая и программная уязвимость сетевых структур, несанкционированный доступ к информационным ресурсам.

Обобщая имеющиеся в литературе подходы, определим ИСОР, с одной стороны, как составную часть общей интегрированной информационной системы управления, а с другой — как совокупность формальных математических и информационных моделей и программных комплексов, реализующих в интерактивном режиме функции информационного обслуживания руководителей (работников функциональных служб) при подготовке и принятии формализуемых и неформализуемых управленческих решений.

Существующая практика разработки информационно-вычислительных систем показывает, что для обоснования их функциональных структур и конструктивных особенностей необходимо сформулировать ряд основополагающих требований:

- использование децентрализованных средств и методов сбора предварительной обработки информации, ориентированных на технологии «клиент-сервер»;
- наличие информационной поддержки всех этапов жизненного цикла управления: целевыявления, выработки решения, организации исполнения, контроля с использованием гибких имитационных моделей и диалоговых алгоритмов принятия управленческих решений;
- создание единой информационной модели объекта и системы управления, содержащей совокупность необходимых и достаточных данных для обес-

печения информационных потребностей всех этапов моделирования управленческих решений, а также включающей необходимые процедуры обработки и логического вывода;

- технологическое «встраивание» информационных систем в процессы подготовки и принятия решений, синхронность работы информационных систем с реальными процессами управления;

- использование «безбумажной технологии» работы с информацией, наличие гибких и доступных средств обработки текстовой и графической информации, применение простых диалоговых процедур взаимодействия «пользователь-ЭВМ» с использованием языков высокого уровня, максимально приближенных к естественному, наличие средств адаптации системы к особенностям лица, принимающего решения;

- обработка больших объемов информации в регламентном и произвольном режимах, возможность интеграции информации по функциональным службам и уровням управления, оформление результатов обработки в форме, удобной для восприятия;

- преимущественная реализация ИСОП в виде двухконтурных информационных систем, внешний контур которых предназначен для обеспечения доступа к информационным ресурсам современными средствами телекоммуникаций, а внутренний — для решения собственных задач управления конкретного пользователя.

Сформулированные цели создания ИСОП и требования к ее реализации позволяют изобразить формальную структуру системы (рис. 9.4) [54].



Рис. 9.4. Формальная структура ИСОП

Очевидно, что представленная схема требует дальнейшей детализации с точки зрения выявления состава методов и средств, обеспечивающих ее действительное назначение.

С точки зрения используемых методов и средств создания ИСОП можно выделить информационную, математическую и организационную поддержку решений и их программные реализации.

Информационная поддержка решений заключается в адекватной идентификации объекта и процессов управления при создании информационной модели предметной области, организации поиска, простейшей обработке и предоставлении информации руководителю в процессе подготовки и принятия решения. Этот блок обеспечивает работоспособность ИСОП обычно в информационно-поисковом режиме, когда ЛПР предоставляется возможность

в режимах регламентного и произвольного запросов работать с базой данных. Кроме того, этот блок должен обеспечить режим генерации БД под конкретные типы математических моделей.

Блок математического моделирования в информационных системах обеспечения решений реализует как математические модели формирования и оценивания вариантов решений по проблемам функционирования и развития исследуемого объекта, так и процедуры организации их исполнения.

К первому классу относится множество математических моделей по поддержке индивидуальных и групповых решений. Возможность частичной формализации этого класса задач связана с наличием стандартных ситуаций в управленческой деятельности, требующих стандартного (традиционного) набора альтернатив.

В качестве варианта конкретной реализации данного блока может быть рассмотрена информационная технология поддержки групповой работы экспертов. Основное преимущество реализации метода экспертных оценок в виде распределенных систем обеспечения решений связано с возможностью перехода от последовательной технологии принятия решений к параллельной, обеспечивающей экспертам постоянный доступ к информации, в том числе динамического характера. При этом можно выделить три уровня реализации системы:

I-й уровень устраняет коммуникационные барьеры в группе разработчиков, обеспечивая представление информации на экранах, посылку сообщений и т.п.;

II-й уровень помимо средств коммуникации включает в себя средства моделирования, многокритериальные системы экспертного оценивания, анализа риска и т.п.;

III-й уровень обеспечивает стандарты средств коммуникации и принятия решений, такие, как парламентские процедуры голосования.

Всю циркулирующую в системе экспертную информацию можно условно классифицировать на промежуточную и финальную. Промежуточная информация доступна всем пользователям и предоставляется им с целью внесения необходимых корректировок как на понятийном (содержательном) уровне, так и на уровне количественных оценок. Финальная информация содержит обобщенный и окончательный варианты описания изучаемой проблемы и доступна лишь администратору.

Технологическое взаимодействие пользователей-экспертов по доступу к промежуточной и финальной информации в локальной вычислительной сети обеспечивается через «многооконный интерфейс», реализующий функции параллельного ввода и корректировки информации, ее коллективного обсуждения. Реализация интерфейса в виде индивидуальных и общих окон автоматически обеспечивает конфиденциальность ввода и обработки экспертной информации. Общие окна создаются по принципу: «что видишь ты, то вижу я». С помощью окон пользовательского интерфейса эксперт может видеть уровень (степень) решения задачи каждым экспертом и при необходимости корректировать собственные действия.

На *организационном уровне* процесс подготовки и принятия решения может рассматриваться в виде моделей организационного регламента деятельности при подготовке и реализации конкретного решения. В данном случае под организационным регламентом деятельности будем понимать целенаправленное, скоординированное взаимодействие множества исполнителей (структурных подразделений, сотрудников) системы управления при реализации множества функций, связанных с достижением заданных целевых результатов, урегулированием конфликтных ситуаций, распределением дефицитных ресурсов и т.д. Этот класс задач также может быть автоматизирован, т.к. множество нормативных функций аппарата управления определено, как правило, в соответствующих регламентирующих документах.

И, наконец, с точки зрения оценки *программной реализации* ИСОР может оцениваться по традиционным критериям оценки качества программного обеспечения: корректности, точности, надежности, прочности, обслуживаемости, технологичности, документируемости, экономичности, переносимости.

9.5. Состав и функциональная структура гибких автоматизированных производств (ГАП)

Как правило, ГАП включают в себя следующие элементы [50]:

- совокупность основного обрабатывающего оборудования;
- транспортно-складскую систему;
- вспомогательные участки;
- систему оперативно-диспетчерского управления.

Для реализации гибкости структуры ГАП проектируются по модульному принципу, позволяющему из «типовых» модулей формировать различные конфигурации под конкретные требования, переформировывать и развивать их (рис. 9.5). Центральным элементом модульной структуры ГАП является *гибкий производственный модуль* (ГПМ), являющийся единицей основного технологического оборудования и характеризующийся рядом особенностей:

- наличием устройства программного управления;
- автоматической подачей заготовок;
- автоматическим удалением отходов;
- контролем качества изделий, оборудования и инструмента;
- возможностью использования в автономном режиме и в качестве элемента системы более высокого уровня.

Управление ГПМ осуществляется локальной программируемой системой управления. Автономность и концентрация функций позволяет считать ГПМ достаточно универсальной ячейкой обработки и компоновать на базе «типовых» ГПМ различные технологические структуры ГАП. С точки зрения организационной структуры ГПМ представляет собой самый нижний, элементарный уровень управления технологическим процессом.

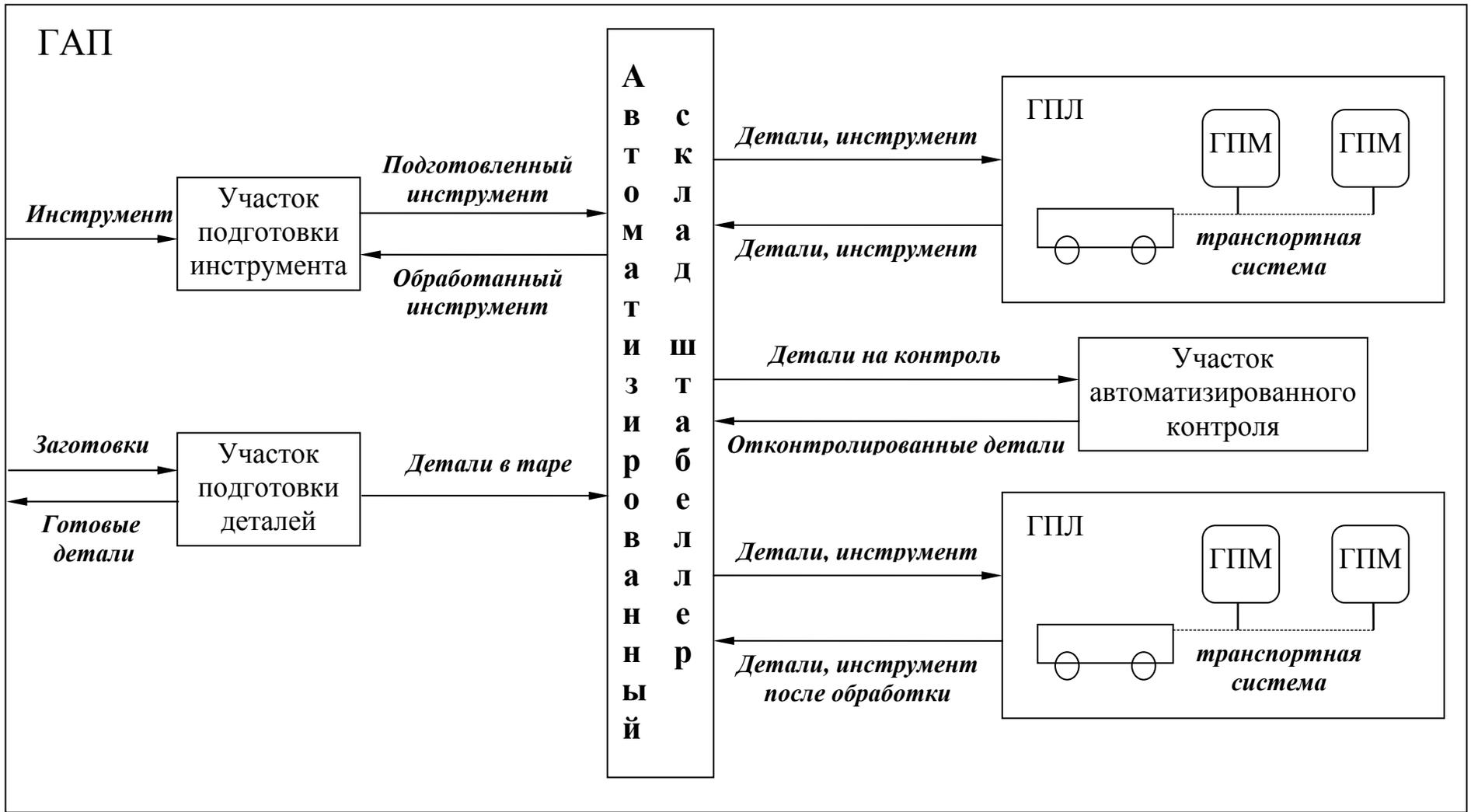


Рис. 9.5. Технологическая структура ГАП

Более высоким уровнем управления технологическим процессом является **гибкая производственная линия (ГПЛ)**, под которой понимается совокупность ГПМ, объединенных автоматизированной диспетчерской системой управления и обладающих следующими признаками:

- наличием транспортно-складской системы для заготовок, полуфабрикатов, изделий, инструментов, оснастки, отходов;
- возможностью переналадки в пределах технических возможностей компонент;
- ориентацией на один поток изделий.

Гибкий производственный участок (ГПУ) имеет те же характеристики, что и ГПЛ, и рассчитан на несколько потоков изделий.

Транспортно-складская система (ТСС) предназначена для организации и физической реализации материальных потоков деталей и инструментов ГАП. Основные функции, реализуемые транспортно-складской системой, заключаются в хранении, адресном поиске, выдаче, принятии, перемещении в пространстве, доставке на рабочие позиции ГПМ и возвращении в ячейку хранения деталей и оснастки и могут выполняться либо отдельными системами транспортирования и складирования, либо единой системой транспортирования и складирования.

Технология взаимодействия автономных систем складирования и транспортирования обычно реализуется по принципу «верни на место», т.е. выданная со склада партия деталей транспортируется на рабочую позицию ГПМ, обрабатывается и вновь перевозится на склад. Таким образом, на следующую по технологическому процессу операцию партия деталей попадает вновь со склада. Однако может применяться и прямое перемещение с одного ГПМ на другой. В целях повышения надежности функционирования ГАП большее предпочтение отдается принципу «верни на место».

Система оперативно-диспетчерского управления, входящая в состав ГПУ, предназначена для синхронизации действий транспортно-складской системы и ГПМ при обработке сменного задания. Совокупность нескольких ГПУ, дополненных участком подготовки инструмента, участком подготовки деталей, участком контроля и интегрированной системой управления, представляет собой гибкий автоматизированный цех (ГАЦ). Кроме того, в состав ГАЦ для замкнутости технологического цикла включают участки:

- подготовки инструментов,
- подготовки деталей,
- контроля качества.

Участок подготовки инструментов предназначен для инструментального обеспечения процесса производства. В связи с этим на участке реализуются функции поддержания номенклатуры инструмента; комплектации, сборки, настройки инструментальных блоков; комплектации и разуконкомплектации тары с блоками инструментов; разборки и разбраковки инструментов.

Участок подготовки деталей предназначен для материального обеспечения процесса производства. С этой целью на участке реализуются функции

подбора и комплектации заготовок; комплектации в тару ориентированных заготовок для обработки промышленным роботом; установки деталей на спутники.

Участок контроля предназначен для автоматизированного и ручного контроля и обеспечивает обмер деталей и расчет параметров в соответствии с технологической программой контроля, контроль первой детали перед обработкой партии.

Все вышеперечисленные производственно-технологические структуры объединяются в интегрированную систему управления ГАЦ, которая предназначена для управления полным технологическим циклом производства, начиная с получения директивного задания, проектирования технологического процесса и до непосредственного управления процессом обработки в ГПМ. В состав интегрированной системы управления ГАП включают системы, показанные на рис. 9.6.



Рис. 9.6. Интегрированная система управления ГАП

Локальные системы автоматизированного управления обеспечивают автоматическое управление на нижнем уровне автоматизации ГАП, в том числе:

- отдельными ГПМ и технологическими операциями;
- роботами-штабеллерами, обслуживающими автоматизированные склады;
- транспортными роботами и механизмами транспортной системы;
- автоматизированными рабочими местами.

Система оперативно-диспетчерского управления (регулирования) предназначена для оперативного управления совокупностью элементарных технологий *гибкой производственной системы* (ГПС) и интеграции локальных систем управления при организации функционирования производства.

Система оперативно-календарного планирования предназначена для автоматизированного планирования и управления загрузкой технологического

оборудования ГАП. Планы и задания, формируемые этой системой, являются директивами для автоматизированных систем диспетчерского управления.

Системы автоматизированного проектирования предназначены для автоматизации проектирования, разработки и хранения информации о технологических процессах обработки деталей.

Эффективным средством объединения всех вышеперечисленных систем в интегральный комплекс является локальная вычислительно-информационная сеть предприятия.

9.6. Основные принципы проектирования АСОИУ

Многолетние исследования и практика создания АСОИУ позволяют сформулировать ряд основополагающих принципов, которые необходимо использовать при проектировании и внедрении систем. По своей сути эти принципы аналогичны постулатам, формируемым, например, в физике, которые надо принимать за истину без доказательств. Без соблюдения этих принципов не может идти речь об эффективности проведения работ по АСОИУ. Впервые такие принципы были сформулированы В.М. Глушковым [55]. В настоящее время в литературе приводится около двадцати таких принципов, которые как развивают, так и существенно дополняют ранее сформулированные положения. Остановимся на перечислении и кратком комментарии наиболее существенных, на наш взгляд, принципов.

Принцип системного подхода (системности)

Принцип системности является основополагающим при проектировании АСОИУ. Его соблюдение предполагает системный анализ объекта и системы управления; выявление «узких» проблемных мест в производстве и управлении; формирование целей создания АСОИУ и критериев ее эффективности; выбор задач, подлежащих автоматизации, и очередности их внедрения; проектирование единой информационной модели объекта и системы управления в виде хранилища данных. Внедрение АСОИУ открывает принципиально новые возможности для коренного усовершенствования механизмов управления, методов экономического стимулирования за счет детальной проработки всех управленческих функций (планирование, организация, учет, контроль и регулирование). Без такого усовершенствования возможности информатизации, как правило, полностью использованы быть не могут.

Обязательным условием успешного внедрения АСОИУ является проведение ряда крупных мероприятий организационного характера: изменение привычных (а иногда уже узаконенных) форм документов, изменение структуры органов управления, функциональных обязанностей сотрудников управленческого аппарата, форм контроля и ответственности, форм экономического, морального и административного стимулирования.

Принцип новых задач

На ранних этапах внедрения АСОИУ ЭВМ используются для автоматизации решения задач расчетно-учетного и информационно-поискового характера, что позволяет высвободить управленческий персонал от непроизводительной рутинной работы по переработке информации, дает возможность на базе обработки больших объемов информации проводить аналитические расчеты, определять тактические и стратегические задачи объекта управления. Этот этап оправдан еще и тем, что снимает социально-психологические проблемы по использованию ЭВМ в практике управления. Вместе с тем использование ЭВМ как большого калькулятора не должно быть вечным. Поэтому одним из важных принципов, которым необходимо руководствоваться при проектировании АСОИУ, является принцип решения новых задач.

Реализация этого принципа на практике предполагает проведение анализа объекта и системы управления, прогнозирование ожидаемых (предполагаемых) потерь в организационном управлении и определение на этой основе перечня задач, которые в настоящее время по каким-либо причинам не решались, а своевременное и качественное решение их резко повысит эффективность системы управления. К таким задачам относятся задачи оптимального стратегического, тактического и оперативного планирования. К числу основных причин, по которым эти задачи не решались, относятся следующие:

- отсутствие этих задач в типовых положениях о подразделениях;
- отсутствие в системе управления исходной качественной информации для их решения, невозможность обеспечения требуемой оперативности и нужной точности;
- большие размерности задач и множественность вариантов их решения;
- недостаточный уровень квалификации пользователей и разработчиков для постановки и реализации сложных оптимизационных задач управления.

Принцип единства информационной базы

Реализация данного принципа предполагает создание единой динамической информационной модели объекта управления, реализованной в идеологии создания «хранилища данных» и содержащей необходимый и достаточный перечень показателей по информационной поддержке всех этапов жизненного цикла управленческого решения. Этот принцип является реализацией принципа системного подхода при проектировании информационного обеспечения АСОИУ. Основная идея его состоит в том, что на магнитных носителях накапливается и постоянно обновляется информация, необходимая для решения не какой-то одной или нескольких задач, а большинства задач управления. При этом в основных наборах данных, образующих информационную модель объекта управления, исключается неоправданное дублирование информации.

Принцип типовости

Суть его состоит в том, что, проектируя столь трудоемкие и дорогостоящие вещи, как локальные и распределенные информационно-вычислительные системы, системное прикладное и программное обеспечение, разработчик обя-

зан стремиться к тому, чтобы предлагаемые им проектные решения распространялись на широкий круг объектов информатизации.

По виду отношений между объектом внедрения и разработанным информационно-программным обеспечением следует различать два класса типовости:

- способность информационно-программного обеспечения адаптироваться к реализации типовых функций управления, алгоритмов обработки информации и их информационного отображения;
- возможность системы управления, где проводится внедрение типового проектного решения, изменять свои функции, информационные потоки, документооборот.

Как правило, оба эти подхода реализуются при проектировании прикладного программного обеспечения в виде пакетов прикладных программ (ППП). По выполняемым функциям ППП разделяются на методо-ориентированные и проблемно-ориентированные, а по способам реализации — на ППП компилирующего и интерпретирующего типов. Правильно проведенная типизация проектных решений не только не препятствует, а наоборот, увеличивает возможности учета индивидуальных особенностей системы управления. Это должно достигаться за счет модульного принципа реализации программного обеспечения системы, функциональной избыточности реализации одних и тех же функций управления, что позволяет при привязке системы к особенностям объекта информатизации использовать какие-либо отдельные фрагменты программного обеспечения, выбирать один из возможных вариантов реализации функции управления. Эффективным средством реализации принципа типовости на практике является использование при проектировании современных CASE-технологий.

Принцип автоматизации проектирования

Использование принципа автоматизации проектирования имеет целью повысить эффективность самого процесса проектирования АСОИУ, обеспечив при этом сокращение временных, трудовых и финансовых затрат. Современный уровень развития CASE-технологий позволяет широко использовать типизацию проектных решений, различные платформы создания программного обеспечения, отечественные и международные стандарты при проектировании отдельных элементов систем, специальное программное обеспечение в процессе проектирования систем и разработки проектной документации.

Реализация принципа достигается за счет:

- применения современных технологий программирования;
- использования при создании АСОИУ программных систем, обеспечивающих генерацию необходимого программного обеспечения из набора стандартных модулей;
- автоматизации подготовки проектной и технической документации;
- использования специальных программных средств при проектировании программного обеспечения комплексной поставки технических и информационно-программных средств, удовлетворяющих требованиям пользователя.

***Принцип комплексности проектирования
автоматизированных информационных технологий***

Соблюдение этого принципа должно обеспечить реализацию не отдельных функций управления, а комплексную информатизацию всех этапов жизненного цикла управленческих решений. При этом необходимо автоматизировать все процессы, связанные с жизненным циклом управления и переработки информации: регистрацию, сбор, передачу, обработку, отображение, хранение, защиту, уничтожение. Проектируемые системы должны технологически «встраиваться» в реальные процессы управления, обеспечивать пользователей информацией в моменты возникновения таких потребностей.

***Принцип автоматизации обработки информационных потоков
и документооборота (принцип безбумажной технологии оборота)***

Этот принцип предусматривает комплексное использование технических средств на всех стадиях переработки информации — от момента ее возникновения в ходе производственных и хозяйственных процессов до получения результативных показателей, формирования управленческих решений и регулирования деятельности объекта управления. Один из главных моментов реализации этого принципа состоит в одновременном использовании человеко- и машиночитаемых документов. В зависимости от наличия в системе тех или иных технических устройств реализация данного принципа может быть достигнута за счет:

- объединения обычного и машиночитаемого документа в один;
- непосредственного подключения к ЭВМ устройств, на которых готовятся документы;
- использования устройств, одновременно готовящих обычный документ и его машинную копию.

***Принцип ориентации системы на пользователя
(развитие принципа первого руководителя)***

Отечественный и зарубежный опыт создания АСОИУ показывает, что всякое проектирование, проводимое вне тесной взаимосвязи «пользователь-разработчик», практически обречено на неудачу. Активное участие пользователя на этапах постановки задачи (цели, критерии, ограничения), разработки технологии ее решения, непосредственного внедрения значительно повышают адекватность созданных систем реальным условиям, увеличивают ее живучесть. Особое место при реализации этого принципа отводится пользователям-руководителям. В этом случае их непосредственное и активное участие повышает уровень организации работ, активность и заинтересованность низового звена, увеличивает долю функциональных задач АСОИУ, непосредственно влияющих на конечные результаты деятельности предприятия, регламентирует и упорядочивает отношения «заказчик-исполнитель».

Принцип непрерывного развития системы

Этот принцип предполагает проектирование АСОИУ в виде открытых систем с возможностями постоянной модернизации системы управления, информационного и программно-технического обеспечения АСОИУ, методов и алгоритмов решения отдельных задач управления.

Необходимость в этом появляется в связи с постоянным обновлением механизмов, методов и технологии управления, в связи с непрерывным развитием и совершенствованием технического и программного обеспечения.

Контрольные вопросы

1. Поясните смысл социальной и экономической эффективности внедрения АСОИУ, перечислите основные факторы получения экономического эффекта.

2. Приведите формальную структуру АСОИУ, перечислите возможные варианты выделения функциональных подсистем.

3. Приведите понятия комплексности и интеграции в АСОИУ, приведите пример комплексной интегрированной АСУ студенческим кафе.

4. Перечислите и кратко прокомментируйте обеспечивающие части АСОИУ, какие вопросы этой проблемы изучались Вами (будут изучаться) в учебных дисциплинах специальности?

5. Назовите основные, на Ваш взгляд, отличительные особенности автоматизированных учрежденческих систем.

6. Дайте понятие и определение информационной системы обеспечения решений, приведите ее формальную структуру.

7. Перечислите, прокомментируйте основные принципы создания ИСОП.

8. Перечислите и прокомментируйте основные элементы гибких автоматизированных производств.

9. Что общего в понятиях принципа системного подхода и принципа единства информационной базы?

10. Что общего и в чем различие в понятиях принципа новых задач и принципа непрерывного развития?

11. Поясните логическую взаимосвязь принципов типовости и автоматизации проектирования.

12. Роль и место в проектировании АСОИУ принципа первого руководителя.

10. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСОИУ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

10.1. Проблемы использования готовых программных и информационных компонент при проектировании АСОИУ

Современный этап создания АСОИУ характеризуется наличием ряда проблем, которые необходимо принимать во внимание при разработке конкретных проектов:

- интенсивным использованием готовых программных компонент и проектных решений на отдельные подсистемы и комплексы задач;
- применением современных CASE-технологий системного проектирования АСОИУ;
- управлением процессом создания АСОИУ как крупного проекта (планирование жизненного цикла реализации проекта и управления качеством);
- особым вниманием к разработкам в составе АСОИУ механизмов защиты и обеспечения информационной безопасности;
- принципиальным изменением отношения разработчиков и заказчиков к использованию при проектировании отечественных и зарубежных стандартов.

Последовательно раскроем содержание каждой из проблем, воспользовавшись следующими источниками [21, 56, 57, 58].

Решение первой задачи объективно требует наличия методик и алгоритмов предварительного выбора и оценивания готовых программных и информационных компонент АСОИУ. Особенно высокие требования к качеству, защите, унификации интерфейсов и оформлению документации целесообразно предъявлять к тем компонентам, которые в перспективе будут использоваться многократно в различных проектах, различными специалистами и на той или иной платформах.

Эффективность поиска, выбора и выделения готовых программных компонент для использования в новом проекте прежде всего зависит от их объема и кратности количества возможных применений. При проектировании программных средств (ПС) небольшого объема (порядка тысячи строк исходного текста) поиск, подбор и адаптация готовых компонент для их применения в новом ПС чаще всего оказываются нерентабельными, проще написать новые программы. Таким образом, существует некоторый диапазон объемов программ и информации баз данных («докритическая масса»), для которых нецелесообразно применять ранее созданные программы и базы данных.

Проектирование на базе повторно применяемых готовых компонент становится особенно рентабельным для сложных ПС, содержащих сотни или тысячи модулей с большими объемами обрабатываемой информации. Кратность применения компонент также значительно влияет на эффективность их использования. На первый взгляд, повторное использование исходных текстов программных компонент на однотипных реализующих ЭВМ на любых языках

программирования представляется тривиальным. Однако для обеспечения эффективного применения готовых программ необходимо при их первичной разработке поставщиками подготовить возможность их последующего многократного использования в различном операционном и внешнем окружении. Для этого должны быть унифицированы и стандартизированы:

- технология разработки модулей и групп программ;
- структуры межмодульных связей и технология комплексирования;
- система идентификации и специфицирования программ и переменных;
- методика испытаний и документирования компонент и комплекса программ в целом.

Таким образом, возникает необходимость проведения поставщиками ПС ряда предварительных общесистемных и организационных работ, а также выделения дополнительных ресурсов на обеспечение возможности переноса программ и данных в другие среды (области использования). Для этого при разработке программных и информационных компонент необходимо учитывать следующие *элементы унификации*:

- протоколы и интерфейсы взаимодействия приложений между собой, со средой информационной системы (ИС), с пользователями, с внешней средой, к которым относятся прежде всего интерфейсы прикладного программирования;
- языки программирования и инструментальные средства, поддерживающие создание готовых переносимых приложений — использованные CASE-технологии;
- языки баз данных и системы управления базами данных;
- форматы данных, форматы электронных сообщений.

Эффективное использование этих элементов достигается путем применения соответствующих стандартов на информационные технологии, действующих как международные или национальные нормативные документы, или открытых спецификаций, отражающих сложившиеся промышленные стандарты «де-факто».

Так, в стандарте на жизненный цикл программных систем **ISO 12207** процессы поставки и приобретения готовых компонент и программных средств в целом, а также организационного взаимодействия поставщиков и потребителей в частности, рассматриваются в разделах 5.1 и 5.2 вышеназванного стандарта, а стандартизации процессов разработки посвящен раздел 5.3. При этом в разделе 5.1 внимание акцентируется на организации экономического и технического взаимодействия покупателя и продавца готового программного продукта или сервиса в течение всего жизненного цикла ПС. Раздел поставки 5.2 содержит основные требования заказчика к организации работ поставщика в течение всего жизненного цикла ПС и его компонент, которые детализируются и реализуются всеми последующими разделами стандарта.

Остановимся кратко на описании содержания каждого из приведенных разделов стандарта [56].

Покупатель начинает процесс приобретения, описывая концепцию или потребность в приобретении, разработке или развитии системы,

программного продукта или обслуживания программного обеспечения. При этом он анализирует следующие требования к системе: коммерческую направленность проекта; организацию и требования надежности, безопасности, защиты информации; другие принципиальные требования.

Покупатель рассматривает варианты приобретения ПС, начиная с анализа затрат и получаемой выгоды от каждого варианта до учета возможного риска. Различные варианты могут предоставлять разнообразные возможности:

- а) покупку готового программного продукта, который удовлетворяет всем требованиям;
- б) разработку программного продукта и приобретение сервиса программного обеспечения внутрисистемно;
- в) разработку программного продукта и приобретение сервиса программного обеспечения через контракт;
- г) комбинацию *а, б, в*;
- д) модернизацию существующего программного продукта или обслуживания.

При покупке готового программного изделия покупатель должен получить гарантии в том, что будут удовлетворены следующие условия:

- выполнены все требования к программному продукту;
- в комплект поставки войдет документация;
- соблюдены права собственности, использования, лицензирования и гарантийного обслуживания;
- обеспечена будущая поддержка программного продукта.

Покупатель должен подготовить, документировать и выполнить план приобретения, который включает в себя:

- а) требования к системе;
- б) запланированную загрузку системы;
- в) тип используемого контракта;
- г) обязательства вспомогательных организаций;
- д) поддержку используемой концепции;
- е) учтенные риски и методы управления ими.

Вне зависимости от типа приобретаемого ПС покупатель должен задокументировать требования на приобретение (например, в виде заявки на приобретение). Документация на приобретение должна включать *требования к системе, область действия, инструкции для участников торгов, список программных продуктов, сроки и условия приобретения, контроль над субподрядным договором, технические ограничения.*

Требования на приобретение должны быть предоставлены организации, выбранной для выполнения деятельности по приобретению.

Далее покупатель должен установить процедуры выбора поставщика, включая критерии оценки предложений и соответствия продукта сформулированным им требованиям.

После выбора поставщика покупатель готовит и обсуждает условия контракта с поставщиком, которому адресует требования к приобретаемой ПС, включая стоимость и спецификацию программного продукта или сервиса,

который должен быть поставлен. Контракт фиксирует права собственности, использования, лицензирования и гарантийные обязательства поставщика, связанные с имеющимися в наличии программными продуктами многократного использования.

Если контракт уже заключен, то покупатель последовательно контролирует изменения путем переговоров с поставщиком. Изменения в контракте используются покупателем для воздействия на проектные планы, затраты, выгоды, качество.

Процесс приобретения заканчивается приемкой программных средств на основе определенных критериев и приемно-сдаточной стратегии, включающей подготовку контрольных тестовых примеров, данных, процедур и среды эксплуатации.

Покупатель проводит приемочные испытания поставляемого программного продукта или сервиса, оценку и принимает их от поставщика, когда удовлетворены все условия приемки. После принятия ПС покупатель должен взять на себя ответственность за управление конфигурацией поставляемого программного продукта.

Стандартизация процесса поставки заключается в регламентации действий и задач поставщика. Процесс может быть начат решением о подготовке предложения для ответа на запрос о приобретении или заключением и подписанием контракта с покупателем на приобретение системы, программного продукта или предоставленного сервиса.

Первоначально поставщик должен провести обзор требований в запросе о приобретении, принимая во внимание организационную стратегию покупателя, предлагаемую цену и другие правила, подготовить предложение в ответ на запрос о приобретении, включая рекомендуемые положения данного международного стандарта.

После заключения контракта поставщик должен провести оценку требований к программной системе, чтобы определить структуру управления проектом, включая гарантии выполнения проекта и гарантии качества поставляемого программного продукта или сервиса.

Кроме того, поставщик определяет или выбирает модель жизненного цикла программного обеспечения, соответствующую области применения, параметры важности и сложности проекта, если это не было отражено в контракте. Все процессы, действия и задачи этого международного стандарта должны быть выбраны и отображены в модели жизненного цикла ПС.

Поставщик должен установить требования к планам управления и гарантии исполнения проекта, обеспечения качества поставляемого программного продукта или сервиса. Требования к планам должны включать потребности в ресурсах и возможные ограничения для пользователя.

Если требования к планированию установлены, поставщик должен рассмотреть варианты разработки программного продукта или предоставления сервиса, сопоставив их с анализом рисков, связанных с каждым из вариантов. Предложенные варианты могут содержать следующие возможности:

а) разработку программного продукта или предоставление сервиса, используя внутренние ресурсы;

б) разработку программного продукта или предоставление сервиса, включая субподрядный договор;

в) получение готовых программных продуктов от внутренних или внешних источников;

г) комбинации *а, б, в*.

В плане управления проектом должны быть отражены следующие моменты:

1) проектирование организационной структуры, полномочий, ответственности (обязательств) каждой организационной единицы, включая внешние организации;

2) проектирование окружения (для разработки, функционирования или сопровождения), включая испытательное оборудование, библиотеки, средства, стандарты, процедуры и инструментарий;

3) разработка структуры прерывания процессов жизненного цикла и действий, включая программные продукты, персонал, материальные ресурсы;

4) разработка планов управления качественными характеристиками программного продукта или сервиса;

5) проектирование механизмов обеспечения безопасности, защиты и других критических требований к программным продуктам;

6) разработка процедур управления субподрядчиками, включая выбор субподрядчика, и решения финансовых затруднений между субподрядчиком и покупателем, если они возникают;

7) процедуры верификации, сертификации и аттестации, включая варианты связи с аттестационным агентом, если это определено в контракте.

8) варианты снятия разногласий с покупателем путем совместных оценок, проверок, неофициальных встреч, сообщений, обсуждений, модификаций и изменений;

9) управление риском, т.е. управление областями проекта, которые включают технический потенциал, стоимость и планирование рисков;

10) политика безопасности, включающая правила обязательного доступа к информации на каждом проектном уровне организации;

11) утверждение проекта, обеспечиваемое такими средствами как процедуры закрепления необходимых прав собственности, лицензионных прав, гарантий;

12) средства для планирования, трекинга и сообщений;

13) обучение персонала.

В процессе реализации проекта поставщик должен постоянно осуществлять мониторинг и контролировать развитие и качество программного продукта или сервиса в течение всего жизненного цикла, обеспечивая при этом проблемную идентификацию отклонений от плана, запись, анализ и решение.

Кроме того, поставщик должен добиться удовлетворения всех предусмотренных контрактом требований, необходимых для гарантии, что программный продукт или сервис, доставленный покупателю, разработан или вы-

полнен согласно требованиям основного контракта. При этом для решения этой задачи поставщик может использовать проверки, аттестацию или испытательных агентов, как определено в контракте и проектных планах. Для окончательной оценки и проверки качества проекта поставщик должен:

- координировать действия по оценке контракта и связям с покупателем;
- проводить и поддерживать неформальные встречи, приемную оценку, приемные испытания, совместные оценки, проверки с покупателем;
- выполнять верификацию и аттестацию программных продуктов или сервиса, а также демонстрацию их соответствия требованиям контракта;
- предоставлять доступ покупателю к докладам об оценке, проверке, тестировании и решении возникших проблем;
- обеспечивать покупателю доступ к оборудованию поставщиков и субподрядчиков для обзора программных продуктов или сервиса.

После поставки и оформления соответствующих документов поставщик должен обеспечить помощь покупателю в поддержке поставленного программного продукта или сервиса на условиях, предусмотренных в контракте.

В заключение отметим, что технология создания и применения мобильных прикладных программ и баз данных с использованием готовых компонент быстро совершенствуется и в ближайшие годы станет доминирующей при создании сложных информационных систем. Это позволит повысить качество и конкурентоспособность готовых программных средств и баз данных и резко сократить трудоемкость, стоимость и период их создания.

10.2. Индустриальные методы проектирования АСОИУ

Современные крупные проекты по созданию АСОИУ характеризуются следующими особенностями:

- большим количеством структурных подразделений, входящих в объект исследования, динамическим характером функциональных обязанностей отдельных элементов и взаимосвязей между ними;
- неоднородной программно-аппаратной платформой локальных и распределенных вычислительных сетей, использующихся в подразделении;
- наличием большого количества прикладных программных систем, часто невзаимосвязанных;
- непрерывным характером и ограниченными временными интервалами проектирования и внедрения системы;
- разобщенностью и различной профессиональной культурой и уровнем квалификации разработчиков и пользователей;
- частым отсутствием прямых аналогов, ограничивающим возможность использования каких-либо готовых типовых решений.

Перечисленные факторы способствовали появлению программно-технологических средств — CASE-средств, проектирования и сопровождения АСОИУ. Термин CASE (Computer Aided Software Engineering) используется в

настоящее время в весьма широком смысле. Первоначальное значение термина CASE ограничивалось лишь вопросами проектирования и сопровождения программного обеспечения. В настоящее же время CASE-технологии рассматриваются как мощный инструмент решения исследовательских и проектных задач, связанных с начальными этапами разработки: анализом предметной области, разработкой проектных спецификаций, выпуском проектной документации, планированием и контролем разработок, моделированием деловых приложений с целью решения задач оперативного и стратегического планирования и управления ресурсами и т.п. К настоящему моменту наиболее интенсивное развитие получили два главных направления применения CASE-средств [21]:

1) **BPR (business process reengineering)** — перепроектирование бизнес-процессов, т.е. фундаментальное переосмысление и радикальное планирование критических бизнес-процессов, имеющее целью резко улучшить их выполнение по отношению к затратам, качеству обслуживания и скорости. Бизнес-процесс представляет собой некоторую деятельность, направленную на использование входных данных одного или нескольких типов и выдачу результата, представляющего ценность для клиента. Конкретные примеры использования этой технологии при проектировании бизнес-процессов организации представлены в разделе 4;

2) **системный анализ и проектирование**, включающие функциональное, информационное и событийное моделирование как вновь создаваемой, так и существующей системы.

Необходимо отметить, что такое разбиение является весьма условным, поскольку при анализе предприятия и разработке проекта его автоматизации используются элементы BPR (более того, теоретически BPR должно быть первым этапом разработки), в то же время необходимым этапом перепроектирования является, по крайней мере, создание функциональной модели бизнес-процесса.

Для моделирования бизнес-процессов обычно используется методология SADT (точнее, ее подмножество IDEF0), поддерживаемая пакетами BPWin и Design/IDEF. Однако статическая SADT-модель не обеспечивает полного решения задач перепроектирования, необходимо иметь возможность исследования динамических характеристик бизнес-процессов. Одним из решений является использование системы динамического моделирования Design/CPN, основанной на цветных (раскрашенных) сетях Петри. Фактически Design/IDEF и Design/CPN являются компонентами интегрированной методологии перепроектирования: статические SADT-диаграммы автоматически преобразуются в образ динамической модели, которая дорабатывается вручную и затем исполняется в различных режимах с целью получения соответствующих оценок.

В табл. 10.1 приведен перечень доступных на российском рынке CASE-средств и поддерживаемые ими виды проектной деятельности.

Основные характеристики CASE-средств

Название	Фирма	Основные параметры CASE-средств	BPR	Функции	Данные	События
BPWin	Logic Works	-	+	+	-	-
CASE.Аналитик	Эйтекс	Гейн-Сарсон	-	+	+	+
CASE/4/0	MicroTool	Йодан (расшир.)	-	-	+	+
Database Designer	Oracle	-	-	-	+	-
Design/IDEF	Meta Software	-	+	+	+	-
Designer/2000	Oracle	Гейн-Сарсон	+	+	+	+
EasyCASE	Evergreen CASE	Гейн-Сарсон, Йодан	-	+	+	+
ErWin	Logic Works	-	-	-	+	-
I-CASE Yourdon	CAYENNE	Йодан	-	+	+	+
Prokit*WORKBENCH	MDIS	Гейн-Сарсон	-	+	+	+
S- Designer	Sybase/ Powersoft	Гейн-Сарсон, Йодан	-	+	+	+
SILVERRUN	CSA	Произвольная	-	+	+	+
Visible Analyst Workbench	Visible System	Гейн-Сарсон, Йодан	-	+	+	+

Другой возможный подход реализуется пакетом Designer/2000: моделирование бизнес-процессов является первым этапом разработки системы, а соответствующая модель является основой для разработки концептуальных моделей и проектирования системы. Нотация для моделирования бизнес-процессов включает следующие элементы: базовый процесс, шаг процесса, хранилище, поток, событие и организационную единицу. Для каждого элемента можно задать разнообразные количественные параметры (временные затраты, ресурсы и т.п.), а затем с помощью специальной процедуры анимации проследить поведение модели в динамике с учетом введенных параметров. Использование средств мультимедиа, включая визуализацию, видеоизображение, звуковое сопровождение и другие, позволяет существенно повысить выразительность построенной бизнес-модели.

Следует отметить, что не существует принципиальных ограничений в использовании в качестве средства построения статических моделей бизнес-процессов и традиционных DFD*-диаграмм потоков данных. Более того, в настоящий момент за рубежом доступен ряд продуктов динамического моделирования (INCOME Mobile, CPN-AMI и др.), базирующихся на сетях Петри различного вида и интегрируемых с DFD-моделью, которые позволяют успешно решать задачи перепроектирования.

* DFD — диаграммы потоков данных (Data Flow Diagram)

Для решения задачи функционального моделирования на базе структурного анализа традиционно применяются два типа моделей: SADT-диаграммы и диаграммы потоков данных. В случае наличия в моделируемой системе программной/программируемой части (т.е. практически всегда) предпочтение, как правило, отдается DFD по следующим соображениям:

1) DFD с самого начала создавались как средство проектирования программных систем, тогда как SADT — как средство проектирования систем вообще, и поэтому они имеют более богатый набор элементов описания (например, хранилища данных);

2) наличие мини-спецификаций DFD-процессов нижнего уровня позволяет преодолеть логическую незавершенность SADT (а именно, обрыв модели на некотором достаточно низком уровне, когда дальнейшая ее детализация становится бессмысленной) и построить полную функциональную спецификацию разрабатываемой системы;

3) существуют (и поддерживаются рядом CASE-пакетов) алгоритмы автоматического преобразования иерархии DFD в структурные карты, демонстрирующие межмодульные и внутримодульные связи, а также иерархию модулей, что в совокупности с мини-спецификациями является завершенным заданием для программиста.

Наконец, в части автоматизированной поддержки моделей приблизительно 85–90 % существующих CASE-пакетов поддерживают DFD и лишь 2–3 % — SADT.

Традиционный подход к событийному моделированию основывается на расширении диаграмм потоков данных за счет введения управляющих потоков (сигналов) и управляющих процессов, фактически являющихся интерфейсом между DFD и спецификациями управления, собственно моделирующими поведение. Наиболее часто спецификации управления формализуются с помощью диаграмм переходов состояний STD*, позволяющих задавать состояния различных объектов системы (например, лицевой счет может иметь состояния ОТКРЫТ, ЗАКРЫТ, ЗАБЛОКИРОВАН и т.п.), условия переходов из одного состояния в другое (как внешние по отношению к системе, так и внутренние, возникающие в самой системе), а также совершаемые при переходах действия.

Для целей информационного моделирования на сегодняшний день не существует альтернативы диаграммам «сущность-связь» ERD**. Практически все из приведенных в табл. 10.1 пакетов поддерживают ту или иную нотацию ERD. При этом разработка информационной модели в рассматриваемых средах включает в себя не только проектирование логической модели, но и преобразование ее в физическую модель с последующей генерацией схемы БД с учетом специфики конкретной СУБД.

Для выбора и обоснования конкретного инструментального средства рекомендуется использовать нижеприведенные основные критерии [56].

* STD — диаграммы переходов состояний (State Transition Diagram)

** ERD — диаграммы «сущность-связь» (Entity Relational Diagram)

Общую технологическую среду инструментальных средств для проекта ПС в стандарте рекомендуется описывать показателями:

- степенью соответствия стандартов, поддерживаемых CASE-средством, перечню стандартов, выбранных при системном проектировании, включая стандарты на языки программирования, базы данных, коммуникации, графический интерфейс пользователя, документацию, разработку, управление конфигурацией, безопасность, обмен информацией, интеграцию данных;
- совместимостью намечаемых к применению средств с другими инструментальными средствами, включая возможность взаимодействия и/или прямого обмена данными (например, с системами подготовки текстов и другими средствами документирования, базами данных и др);
- степенью поддержки современных методологий (например, структурного или объектно-ориентированного анализа и проектирования, проектирования «сверху-вниз»);
- языковой поддержкой, включая языки программирования, языки описания данных и языки структурированных запросов, графические языки.

Функции инструментальных средств, ориентированные на поддержку конкретных этапов и работ жизненного цикла проектируемой АСОИУ, рекомендуется оценивать и выбирать с точки зрения реализации конкретным CASE-средством следующих возможностей:

- построения диаграмм Бахмана, Блока, Чена, диаграмм потоков управления, потоков данных, декомпозиции, диаграмм «сущность-связь», НПРО, Джексона, Несси-Шнейдермана, объектно-ориентированных сетей Петри, диаграмм переходов состояний, структурных схем, диаграмм Варнье-Орра;
- анализа графических фигур, извлечения и запоминания требований и/или проектной информации;
- ввода и редактирования спецификаций требований к разрабатываемой ИС, включая требования к функциям, данным, интерфейсам, качеству, производительности, аппаратуре, среде функционирования, стоимости и планированию;
- языков спецификаций требований, позволяющих импортировать, экспортировать или редактировать информацию требований, используя формальный язык;
- ввода и редактирования проектных спецификаций, включая проектные описания и/или данные спецификаций функций, данных, интерфейсов, структуры, качества, производительности и аппаратуры функционирования разрабатываемого ПС;
- построения моделей процессов и данных, т.е. возможности вводить и редактировать информацию, описывающую компоненты разрабатываемой системы и их взаимоотношения;
- моделирования аспектов потенциального функционирования разрабатываемой системы на основе требований и/или проектных данных, имеющихся в распоряжении CASE-средства, включая эффективность системы, интерфейс

оператора, архитектурную производительность (время отклика, загрузку, пропускную способность);

- проектирования и генерации предварительной версии всей системы или ее части на основе требований и/или проектных данных, имеющихся в распоряжении CASE-средства;

- генерирования экранных форм на основе требований и/или проектных данных, имеющихся в распоряжении CASE-средства;

- анализа и отслеживания отображения спецификаций требований к системе в спецификации требований к ПС, проектным данным, исходному коду, контрольным тестам, после чего предоставления пользователю результатов этого анализа;

- контроля непротиворечивости спецификаций и полноты анализа данных спецификаций, имеющихся в распоряжении CASE-средства, для того чтобы идентифицировать любые случаи противоречий в спецификациях или случаи, когда упоминаемые сущности не специфицированы, и предоставления пользователю результатов этого анализа;

- формирования отчетов, которые будут автоматизированно выпускаться разрабатываемой системой.

Стандартом рекомендуется оценивать качество CASE-средств по поддержке функций управления проектом по следующим параметрам:

- способности определять стоимость, формировать планы и другие показатели проекта по данным, вводимым пользователем;

- возможности управления действиями и ресурсами путем поддержки ввода пользователем данных для планирования проекта, данных о фактических действиях и анализа этих данных, включая планы, ресурсы компьютеров, назначение персонала, бюджет проекта, а также возможности определения условий выполнения проекта, в т.ч. календарь, рабочие часы и т.д.;

- возможности поддержки управления действиями по тестированию (планирования действий по тестированию, регистрации результатов тестирования, генерации отчетов о состоянии тестируемых программ);

- поддержки процедур управления качеством разрабатываемого ПС — ввода данных о качестве, их анализа и генерации отчетов об управлении качеством;

- возможности выполнения корректирующих действий, включающих управление действиями по корректировке проекта, отчетов о проблемах и дефектах, возникающих в ходе выполнения проекта.

Критериями оценки удобства применения инструментальных средств, приведенными в стандарте, являются:

- непротиворечивость пользовательского интерфейса, включая размещение и представление экранных элементов, совместно появляющихся на экране, и методов входа пользователя в систему;

- интернационализация — степень удовлетворения юридических и/или культурных требований, специфичных для того региона, где расположен пользователь;

- легкость изучения, измеряемая количеством времени и усилий, которые требуются от пользователя, чтобы понять штатные операции CASE-средства и производительно его использовать;
- адаптируемость CASE-средства силами пользователя к его специфичным потребностям, включая различные наборы символов, разные способы представления символов и графики, разные форматы данных, методы ввода и вывода, а также изменения методологии;
- качество документации на CASE-средства, включая полноту, ясность, читаемость, полезность;
- доступность и качество учебных материалов, включая учебные материалы, доступные в режиме on-line, руководства по обучению, курсы обучения и визуальные материалы, такие, как видеоленты;
- уровень требований к знаниям пользователя, необходимым для эффективного использования CASE-средства, и легкость работы с CASE-средством как для новичков, так и для опытных пользователей;
- общность пользовательского интерфейса между CASE-средством и другими инструментальными средствами, функционирующими в целевой среде (среде проектируемой системы);
- полнота и качество функций помощи в режиме help;
- ясность диагностики, т.е. понимаемость и полезность диагностических сообщений, получаемых пользователем;
- приемлемое время отклика — время, требующееся для того, чтобы ответить на запрос пользователя в условиях ожидаемой операционной среды CASE-средства;
- легкость инсталляции CASE-средства, как первоначальной, так и при последующих изменениях.

Критерии оценки сопровождаемости и поддерживаемости CASE-средства поставщиком должны учитывать следующие условия:

- отзывчивость поставщика на запросы пользователя, т.е. его возможность своевременно обеспечивать модификации CASE-средства, связанные с понятыми и отмеченными проблемами, новые версии и/или дополнительные возможности;
- трассируемость изменений, т.е. возможность поставщика обеспечивать изменения CASE-средства, отличия которых от предыдущих версий легки для понимания;
- совместимость проводимых изменений с предыдущими версиями CASE-средства, включая совместимость по входным или выходным данным;
- сопровождаемость поставленного продукта, т.е. легкость, с которой поставленный продукт может быть изменен пользователем, в том числе легкость изменения документации, например путем замены страниц, вставленных в переплет.

Кроме того, при выборе CASE-средств рекомендуется использовать и другие критерии, не вошедшие в перечисленные стандарты, но характерные

при приобретении любых инструментальных средств разработки ПО, в частности:

- стоимость реализации CASE-средства, включающая цену поставки, инсталляции, первоначальной поддержки и обучения, локальной, корпоративной и сетевой лицензий;

- оцениваемый эффект от применения CASE-средства для организации пользователя, включая уровень производительности, качества, время проектирования;

- профиль поставщика, который может включать размер фирмы-поставщика, продолжительность ее деятельности, финансовое состояние, список любых дополняющих продуктов, идентификацию соответствующих деловых отношений, планируемые фирмой-поставщиком направления будущего развития;

- политика лицензирования, в частности: доступные лицензионные дополнения; право копировать (носители и документацию); ограничения и/или оплата повторного использования (т.е. пользователю CASE-средства продаются продукты, которые включают в себя некоторые элементы или аспекты CASE-средства, которое использовалось при разработке продукта);

- ограничения экспорта продукта или любого его повторного использования;

- профиль продукта, включающий возраст продукта, количество оплаченных инсталляций, размер и уровень деятельности групп пользователей, формальную систему сообщений о проблемах данного продукта, программу развития продукта, описание применений;

- поддержка со стороны продавца, т.е. доступность, отзывчивость на запросы пользователя; качество услуг, обеспечиваемых продавцом, включая поддержку по телефону, локальную техническую поддержку, поддержку на месте эксплуатации;

- доступность и качество обучения, обеспечиваемого на территории продавца, или на территории пользователя, или в другом месте (обучение пользователя также может быть самоадминистрируемым).

Ввиду разнообразной природы CASE-средств было бы ошибочно делать какие-либо безоговорочные утверждения относительно реального удовлетворения тех или иных ожиданий от их внедрения. В связи с этим необходимо отметить следующее:

- CASE-средства не обязательно дают немедленный эффект — он может быть получен только спустя какое-то время;

- реальные затраты на внедрение CASE-средств обычно намного превышают затраты на их приобретение;

- CASE-средства обеспечивают возможности для получения существенной выгоды только после успешного завершения процесса их внедрения.

Можно перечислить следующие факторы, усложняющие определение возможного эффекта от использования CASE-средств [58]:

- большое разнообразие возможностей CASE-средств и значительные различия в их качестве;
- относительно небольшое время использования CASE-средств в различных организациях и недостаток опыта их применения;
- широкие возможности для практического внедрения в организациях различных видов деятельности;
- отсутствие детальных метрик и данных для уже выполненных и текущих проектов;
- широкий диапазон предметных областей проектов;
- различная степень интеграции CASE-средств в различных проектах.

Вследствие этих сложностей доступная информация о реальных внедрениях крайне ограничена и противоречива. Она зависит от типа средств, характеристик проектов, уровня сопровождения и опыта пользователей. Некоторые аналитики полагают, что реальная выгода от использования некоторых типов CASE-средств может быть получена только после одно- или двухлетнего опыта. Другие считают, что эффект может реально проявиться в фазе эксплуатации жизненного цикла ИС, когда технологические улучшения могут привести к снижению эксплуатационных затрат.

В заключение отметим, что для успешного внедрения CASE-средств организация должна обладать достаточно высоким уровнем оценки своих возможностей в области:

технологии (понимание ограниченности существующих возможностей и способность принять новую технологию);

культуры (готовность к внедрению новых процессов и взаимоотношений между разработчиками и пользователями);

управления (четкое руководство и организованность по отношению к наиболее важным этапам процесса внедрения).

Если организация не обладает хотя бы одним из перечисленных качеств, то внедрение CASE-средств может закончиться неудачей независимо от степени тщательности следования различным рекомендациям по внедрению.

Для того чтобы принять взвешенное решение относительно инвестиций в CASE-технологию, пользователи вынуждены производить оценку отдельных CASE-средств, опираясь на неполные и противоречивые данные. Эта проблема зачастую усугубляется недостаточным знанием всех возможных «подводных камней» использования CASE-средств. Среди наиболее важных проблем выделяются следующие:

- достоверная оценка эффекта от инвестиций в CASE-средства затруднительна ввиду отсутствия приемлемых метрик и данных по проектам и процессам разработки ПО;
- внедрение CASE-средств может представлять собой достаточно длительный процесс и не принести немедленной отдачи. Возможно даже краткосрочное снижение продуктивности в результате усилий, затрачиваемых на внедрение. Вследствие этого руководство организации-пользователя может утратить интерес к CASE-средствам и прекратить поддержку их внедрения;

- отсутствие полного соответствия между процессами и методами, поддерживаемыми CASE-средствами, и используемыми в данной организации в настоящий момент, может привести к дополнительным трудностям;

- CASE-средства зачастую трудно использовать в комплексе с другими подобными средствами. Это объясняется как различными парадигмами, поддерживаемыми разнообразными средствами, так и проблемами передачи данных и управления от одного средства к другому;

- некоторые CASE-средства требуют слишком много усилий, для того чтобы оправдать их использование в небольшом проекте;

- негативное отношение персонала к внедрению новой CASE-технологии может быть главной причиной провала проекта.

Пользователи CASE-средств должны быть готовы к необходимости долгосрочных затрат на эксплуатацию, частому появлению новых версий и возможному быстрому моральному старению средств, а также постоянным затратам на обучение и повышение квалификации персонала.

Несмотря на все высказанные предостережения и некоторый пессимизм, грамотный и разумный подход к использованию CASE-средств может преодолеть все перечисленные трудности. Успешное внедрение CASE-средств должно обеспечить такие выгоды, как высокий уровень технологической поддержки процессов разработки и сопровождения ПО; положительное воздействие на некоторые или на все из перечисленных факторов: производительность, качество продукции, соблюдение стандартов, документирование; приемлемый уровень отдачи от инвестиций в CASE-средства.

10.3. Отечественные и зарубежные стандарты на проектирование механизмов защиты и обеспечения безопасности функционирования программных систем

Возрастание важности и ответственности использования информационных систем в практической деятельности сопровождается увеличением их уязвимости от предумышленных внешних воздействий с целью использования или разрушения информации и программ, которые по своему содержанию предназначены для применения ограниченным кругом лиц. Основное внимание в теории и практике обеспечения безопасности применения информационных систем сосредоточено на защите от злоумышленных разрушений, искажений и хищений программных средств и информации баз данных.

В настоящее время сформировались следующие *основные цели обеспечения безопасности и защиты функционирования информационных систем*:

- сохранение целостности, полноты и достоверности информации баз данных и программ обработки, установленных разработчиком или поставщиком, при любых видах угроз;

- сохранение секретности, конфиденциальности информации в соответствии с действующим законодательством;
- предотвращение утечки, хищения, утраты, несанкционированного уничтожения, искажения, модификации (подделки), копирования, блокирования информации и других непредусмотренных негативных вмешательств в информацию и информационные системы;
- обеспечение конституционных прав граждан на сохранение личной тайны и конфиденциальности персональной информации, накапливаемой в базах данных;
- соблюдение прав авторов программной и информационной продукции, используемой в информационных системах.

Эти цели порождают широкую гамму конкретных задач и требований к современным информационным технологиям, ПС и БД, решение которых необходимо подготавливать при системном проектировании АСОИУ. Для этого применяются различные организационные и технические мероприятия, из которых ниже остановимся на тех, которые решаются программными средствами. Следует отметить, что создание открытых территориально распределенных систем существенно усложнило проектирование их механизмов защиты. Недостаточная защищенность информационных систем от негативных внешних воздействий, ошибок проектирования, собственных дефектов значительно обострили проблему обеспечения безопасности программных средств и баз данных. Эта проблема в значительной степени *решается посредством методов, средств и стандартов, поддерживающих системный анализ, технологию разработки и сопровождения ПС и БД.*

В настоящее время вопросы проектирования эффективных механизмов защиты в АСОИУ и обеспечения информационной безопасности функционирования программных систем отражены в трех группах *международных стандартов ISO* [56].

В первой группе стандартов *ISO/IEC JTC1/SC22 Поиск, передача и управление информацией для взаимосвязи открытых систем (ВОС)* рассматривается защита информации как одна из компонент, обеспечивающих возможность полной реализации концепции ВОС. Для этого определены услуги и механизмы защиты по уровням базовой модели ВОС и разрабатываются стандарты, последовательно детализирующие методические основы защиты информации и конкретные протоколы защиты на разных уровнях ВОС.

В основу положен базовый стандарт *ISO 7498–2 Модель взаимосвязи открытых систем*. Часть 2: Архитектура защиты информации. В нем определены 14 факультативных услуг по защите сохранности информации в процессе взаимодействия открытых систем и 8 механизмов, с помощью которых эти услуги выполняются. Выделены всеобщие и специальные механизмы защиты. Описана взаимосвязь между услугами и механизмами, а также принципы их распределения по уровням эталонной модели ВОС. Предложена модель вызова административного управления и использования услуг по защите. Изложены концепции, категории и функции административного управления защитой информации. В информационных приложениях представлены общие принципы

построения защиты ВОС, а также обоснование размещения услуг защиты по уровням базовой модели. Отдельные специфические проблемы и методы защиты информации отражены в ряде стандартов ВОС.

Вторая группа стандартов *ISO/IEC JTC1/SC27* ориентирована преимущественно на конкретные методы и алгоритмы защиты. В этой группе созданы методологические стандарты защиты информации и криптографии, независимо от базовой модели ВОС. Делается попытка обобщения конкретных методов и средств защиты в систему организации и управления защитой информационных технологий.

Третья группа стандартов *ISO/TC 68 Банковское дело и соответствующие финансовые операции* направлена на защиту функционирования банковских систем. Стандарты ориентированы в основном на шифрование и аутентификацию при обмене финансовой информацией в процессе деятельности банков.

В стандартах разных групп имеется некоторое дублирование, обусловленное почти независимой и одновременной разработкой, однако оно не мешает их освоению и применению. Необходимо расширение номенклатуры и углубление содержания стандартов по направлениям: разграничение доступа, контроль и регистрация использования ресурсов, аутентификация, цифровые подписи, тестирование, испытания и сертификация качества средств защиты. Это позволит унифицировать и повысить требования к защищенности ПС и БД, а также гарантировать заданную защищенность у сертифицированных информационных систем.

В настоящее время утверждена большая серия Международных стандартов по обеспечению безопасности информационных систем. Подавляющее большинство из них относится к телекоммуникации, процессам и протоколам обмена информацией в распределенных системах. В процессе системного проектирования целесообразно использовать следующую группу наиболее общих методических стандартов, регламентирующих создание механизмов защиты:

1. *ISO 15408–1–3. ИТ Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий (проект).* Часть 1: Введение и общая модель. Часть 2: Защита функциональных требований. Часть 3: Защита требований к качеству.

2. *ISO 13335–1–5. ИТ. ТО Руководство по управлению безопасностью.* Часть 1: Концепция и модели обеспечения безопасности информационных технологий, 1996 г. Часть 2: Планирование и управление безопасностью информационных технологий, 1997 г. Часть 3: Техника управления безопасностью ИТ. Часть 4: Селекция (выбор) средств обеспечения безопасности. Часть 5: Безопасность внешних связей.

3. *ISO 10181–1–7. 1996. ВОС Структура работ по безопасности в открытых системах.* Часть 1: Обзор. Часть 2: Структура работ по аутентификации. Часть 3: Структура работ по управлению доступом. Часть 4: Структура работ по безотказности. Часть 5: Структура работ по конфиденциальности. Часть 6: Структура работ по обеспечению целостности. Часть 7: Структура работ по проведению аудита на безопасность.

В нашей стране проектирование механизмов защиты и обеспечение информационной безопасности регламентируется группой нормативных и методических документов по защите информации, утвержденных федеральными органами государственного управления в соответствии с их компетенцией и определяющих нормы защищенности информации и требования в различных направлениях защиты информации [56]. В соответствии с требованиями этих документов должны проводиться:

- предпроектное обследование и системное проектирование ИС;
- разработка и сертификация средств защиты информации, предполагаемых к использованию в этих системах;
- аттестация информационных систем;
- контроль защищенности информационных ресурсов.

Для безопасной обработки информации с учетом ее ценности, секретности или общественной опасности нарушений в работе информационных систем **на уровне административного государственного регулирования установлены нормы защищенности информации**, требования и правила организационного и технического характера, определяющие необходимую совокупность комплексных мер защиты. Кроме того, сформулированы требования к совокупности функций и к составу соответствующих средств защиты, а также требования к методам и средствам сертификации, их корректности и эффективности. Такими отечественными документами является группа **руководящих документов (РД) Гостехкомиссии России**: Средства ВТ. Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения; Показатели защищенности от несанкционированного доступа (НСД) к информации и другие.

Основой руководящих документов является «Концепция защиты СВТ и АС от несанкционированного доступа к информации». В ней излагается система взглядов, принципов, которые закладываются в основу решения проблемы защиты информации от несанкционированного доступа, являющейся частью общей проблемы безопасности информации. Предусматривается существование двух относительно самостоятельных и, следовательно, имеющих отличие направлений в проблеме защиты информации от НСД: направление, связанное со средствами вычислительной техники; направление, связанное с защитой ПС и БД. Устанавливается семь классов защищенности СВТ и девять классов защищенности ИС от НСД и описываются методики по формированию и реализации требований по защите. В концепции сформулированы **основные принципы защиты от НСД**:

- защита ИС должна обеспечиваться комплексом программно-технических средств и поддерживающих их организационных мер;
- защита ИС должна обеспечиваться на всех технологических этапах обработки информации и во всех режимах функционирования ПС и БД, в том числе при проведении ремонтных и регламентных работ;
- программно-технические средства защиты не должны существенно ухудшать основные функциональные характеристики ИС (надежность, быстродействие, возможность изменения конфигурации ИС);

- защита ИС должна предусматривать контроль эффективности средств защиты от НСД (периодический либо инициируемый по мере необходимости пользователем ИС или контролирующими органами).

Таким образом, *системное проектирование механизмов защиты и обеспечения безопасности сложных комплексов программ должно проводиться как единая комплексная работа* одновременно с процессами обоснования, системного анализа и подготовки плана разработки и всего жизненного цикла ПС и БД. Защита должна быть ориентирована на эффективное решение основных функциональных задач всей информационной системы. Методологически решение этих задач должно осуществляться как проектирование сложной, достаточно автономной программно-аппаратной системы в окружении и взаимодействии с основными функциональными задачами ИС. При этом следует определить и ранжировать по степени необходимой защиты функциональные компоненты ИС; оценить опасность внешних и внутренних угроз безопасности; выделить методы, средства и нормативные документы, адекватные видам угроз и требуемой защите; оценить необходимые для этого ресурсы различных видов. Комплексная разработка концепции и раздела системного проекта ПС и БД по защите должна обеспечить последующий эффективный жизненный цикл всей ИС.

10.4. Стандартизация и обеспечение качества проектирования программных продуктов и информационных систем

10.4.1. Стандартизация основных этапов жизненного цикла создания, сопровождения и документирования АСОИУ

Непрерывный рост масштабов проектов ИС и их необозримости для отдельного специалиста привели к необходимости принципиального изменения отношения к регламентированию, документированию и дисциплине труда коллективов специалистов при обеспечении длительного жизненного цикла создания программных систем. Накопленный мировой опыт сосредоточен и обобщен в международных, национальных стандартах, которые почти неизвестны отечественным специалистам. Пренебрежение этими стандартами резко снижает конкурентоспособность отечественных программных продуктов и информационных систем, созданных даже на отличной идейной базе.

Основными целями применения стандартов и нормативных документов при создании ИС являются:

- снижение трудоемкости, длительности, стоимости и улучшение других технико-экономических показателей проектов ИС;
- повышение качества разрабатываемых или применяемых покупных компонент и ИС в целом при их разработке, приобретении, эксплуатации и сопровождении;
- обеспечение расширяемости ИС по набору прикладных функций и масштабируемости в зависимости от размерности решаемых задач;

- поддержка функциональной интеграции в ИС задач, ранее решавшихся отдельно;
- обеспечение переносимости прикладных программ и данных между разными аппаратно-программными платформами.

Применение стандартов при системном проектировании ИС позволяет ориентироваться на построение систем из крупных функциональных узлов, отвечающих требованиям стандартов, применять достаточно отработанные и проверенные проектные решения. Они определяют стандартизированные интерфейсы и протоколы взаимодействия компонент таким образом, что разработчику системы, как правило, не требуется вдаваться в детали внутреннего устройства этих компонент. Стандарты, относящиеся к прикладным программным комплексам (функциональным частям) ИС, облегчают повторное использование в проектируемой системе уже разработанных и проверенных прикладных программ. Таким образом, проектирование ИС в значительной степени может сводиться к ее компоновке из стандартизированных узлов.

Основу отечественной нормативной базы в области документирования программных средств составляет комплекс стандартов «Единая система программной документации (ЕСПД)» — ГОСТ 19. Основная и большая часть комплекса ЕСПД была разработана в 70-е и 80-е годы. В настоящее время этот комплекс представляет собой систему межгосударственных стандартов стран СНГ (ГОСТ 19), действующих на территории Российской Федерации на основе межгосударственного соглашения по стандартизации.

Стандарты ЕСПД в основном охватывают ту часть документации, которая создается в процессе разработки программных средств, и связаны, по большей части, с документированием функциональных характеристик ПС.

В состав ЕСПД входят:

1. ГОСТ 19.001-77 ЕСПД. Общие положения.
2. ГОСТ 19.101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов.
3. ГОСТ 19.102-77 ЕСПД. Стадии разработки.
4. ГОСТ 19.103-77 ЕСПД. Обозначение программ и программных документов.
5. ГОСТ 19.104-78 ЕСПД. Основные надписи.
6. ГОСТ 19.105-78 ЕСПД. Общие требования к программным документам.
7. ГОСТ 19.106-78 ЕСПД. Требования к программным документам, выполненным печатным способом.
8. ГОСТ 19.201-78 ЕСПД. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.
9. ГОСТ 19.202-78 ЕСПД. Спецификация. Требования к содержанию и оформлению.
10. ГОСТ 19.301-79 ЕСПД. Порядок и методика испытаний.
11. ГОСТ 19.401-78 ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.
12. ГОСТ 19.402-78 ЕСПД. Описание программы.

13. ГОСТ 19.404-79 ЕСПД. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению.

14. ГОСТ 19.501-78 ЕСПД. Формуляр. Требования к содержанию и оформлению.

15. ГОСТ 19.502-78 ЕСПД. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.

16. ГОСТ 19.503-79 ЕСПД. Руководство системного программиста. Требования к содержанию и оформлению.

17. ГОСТ 19.504-79 ЕСПД. Руководство программиста.

18. ГОСТ 19.505-79 ЕСПД. Руководство оператора.

19. ГОСТ 19.506-79 ЕСПД. Описание языка.

20. ГОСТ 19.508-79 ЕСПД. Руководство по техническому обслуживанию. Требования к содержанию и оформлению.

21. ГОСТ 19.604-78 ЕСПД. Правила внесения изменений в программные документы, выполняемые печатным способом.

22. ГОСТ 19.701-90 ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения.

Из всех стандартов ЕСПД остановимся только на тех, которые могут чаще использоваться на практике.

ГОСТ (СТ СЭВ) 19.201-78 (1626-79). ЕСПД. Техническое задание. Требование к содержанию и оформлению. Техническое задание (ТЗ) содержит совокупность требований к ПС и может использоваться как критерий проверки и приемки разработанной программы. Поэтому достаточно полно составленное (с учетом возможности внесения дополнительных разделов) и принятое заказчиком и разработчиком ТЗ является одним из основополагающих документов проекта ПС.

Техническое задание должно содержать следующие разделы:

- введение;
- основания для разработки;
- назначение разработки;
- требования к программе или программному изделию;
- требования к программной документации;
- технико-экономические показатели;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приемки.

В ТЗ допускается включение приложений. В зависимости от особенностей программы или программного изделия допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

ГОСТ (СТ СЭВ) 19.101-77 (1626-79). ЕСПД. Виды программ и программных документов. Устанавливает виды программ и программных документов для вычислительных машин, комплексов и систем независимо от их

назначения и области применения. В качестве основных видов программ стандартом определяются:

компоненты — программы, рассматриваемые как единое целое, выполняющие законченную функцию, и применяемые самостоятельно или в составе комплекса;

комплексы — программы, состоящие из двух или более компонент и выполняющие взаимосвязанные функции и применяемые самостоятельно или в составе другого комплекса.

Виды программных документов и их краткое содержание представлены в стандарте следующими описаниями:

- спецификация — состав программы и документации на нее;
- ведомость держателей подлинников — перечень предприятий, на которых хранят подлинники программных документов;
- текст программы — запись с необходимыми комментариями;
- описание программы — сведения о логической структуре и функционировании программы;
- программа и методика испытаний — требования, подлежащие проверке при испытании программы, а также порядок и методы их контроля;
- техническое задание — назначение и область применения программы, технические, технико-экономические и специальные требования, предъявляемые к программе, необходимые стадии и сроки разработки, виды испытаний;
- пояснительная записка — схема алгоритма, общее описание алгоритма и (или) функционирования программы, а также обоснование принятых технических и технико-экономических решений;
- эксплуатационные документы — сведения для обеспечения функционирования и эксплуатации программы.

Перечень эксплуатационных документов, рекомендуемых ЕСПД, включает:

- ведомость эксплуатационных документов — перечень эксплуатационных документов на программу;
- формуляр — основные характеристики программы, комплектность и сведения об эксплуатации программы;
- описание применения — сведения о назначении программы, области применения, применяемых методах, классе решаемых задач, ограничениях для применения, минимальной конфигурации технических средств;
- руководство системного программиста — сведения для проверки, обеспечения функционирования и настройки программы на условия конкретного применения;
- руководство программиста — сведения для эксплуатации программы;
- руководство оператора — сведения для обеспечения процедуры общения оператора с вычислительной системой в процессе выполнения программы;
- описание языка — описание синтаксиса и семантики языка;

- руководство по техническому обслуживанию — сведения для применения тестовых и диагностических программ при обслуживании технических средств.

В зависимости от способа выполнения и характера применения программные документы подразделяются на подлинник, дубликат и копию, предназначенные для разработки, сопровождения и эксплуатации программы.

Допускается объединять отдельные виды эксплуатационных документов (за исключением ведомости эксплуатационных документов и формуляра). Необходимость объединения этих документов указывается в техническом задании. Объединенному документу присваивают наименование и обозначение одного из объединяемых документов. В объединенных документах должны быть приведены сведения, которые необходимо включать в каждый объединяемый документ.

ГОСТ 19.102-77. ЕСПД Стадии разработки устанавливает стадии разработки программ и программной документации для вычислительных машин, комплексов и систем независимо от их назначения и области применения (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Стадии разработки, этапы и содержание работ

Стадии разработки	Этапы работ	Содержание работ
Техническое задание	Обоснование необходимости разработки программы	Постановка задачи. Сбор исходных материалов. Выбор и обоснование критериев эффективности и качества разрабатываемой программы. Обоснование необходимости проведения научно-исследовательских работ.
	Научно-исследовательские работы	Определение структуры входных и выходных данных. Предварительный выбор методов решения задач. Обоснование целесообразности применения ранее разработанных программ. Определение требований к техническим средствам. Обоснование принципиальной возможности решения поставленной задачи.
	Разработка и утверждение технического задания	Определение требований к программе. Разработка технико-экономического обоснования разработки программы. Определение стадий, этапов и сроков разработки программы и документации на нее. Выбор языков программирования. Определение необходимости проведения научно-исследовательских работ на последующих стадиях. Согласование и утверждение технического задания.

Стадии разработки	Этапы работ	Содержание работ
Эскизный проект	Разработка эскизного проекта	Предварительная разработка структуры входных и выходных данных. Уточнение методов решения задачи. Разработка общего описания алгоритма решения задачи. Разработка технико-экономического обоснования.
	Утверждение эскизного проекта	Разработка пояснительной записки. Согласование и утверждение эскизного проекта.
Технический проект	Разработка технического проекта	Уточнение структуры входных и выходных данных. Разработка алгоритма решения задачи. Определение формы представления входных и выходных данных. Определение семантики и синтаксиса языка. Разработка структуры программы. Окончательное определение конфигурации технических средств.
	Утверждение технического проекта	Подготовка плана мероприятий по разработке и внедрению программ. Разработка пояснительной записки. Согласование и утверждение технического проекта.
Рабочий проект	Разработка программы	Программирование и отладка программы.
	Разработка программной документации	Разработка программных документов в соответствии с требованиями ГОСТ 19.101-77.
	Испытания программы	Разработка, согласование и утверждение программы и методики испытаний. Проведение предварительных государственных, межведомственных, приемо-сдаточных и других видов испытаний. Корректировка программы и программной документации по результатам испытаний.
Внедрение	Подготовка и передача программы	Подготовка и передача программы и программной документации для сопровождения и (или) изготовления. Оформление и утверждение акта о передаче программы на сопровождение и (или) изготовление. Передача программы в фонд алгоритмов и программ.

Примечания:

1. Допускается исключать 2-ю стадию разработки, а в технически обоснованных случаях — 2-ю и 3-ю стадии. Необходимость проведения этих стадий указывается в ТЗ.
2. Допускается объединять, исключать этапы работ и (или) их содержание, а также вводить другие этапы работ по согласованию с заказчиком.

Полный жизненный цикл на создание, внедрение и сопровождение АСОИУ, несомненно включающий программные продукты и информационные системы, регламентирован стандартами комплекса ГОСТ 34. [21]. ГОСТ 34. в конце 80-х годов предполагалось создавать как всеобъемлющий комплекс взаимосвязанных межотраслевых документов. Объектами стандартизации яв-

ляются АС различных (любых!) видов и все виды их компонентов, а не только ПО и БД. Комплекс рассчитан на взаимодействие заказчика и разработчика. Аналогично ISO12207 предусмотрено, что заказчик может разрабатывать АС для себя сам (если создаст для этого специализированное подразделение). Однако формулировки ГОСТ 34. не ориентированы на столь явное и, в известном смысле, симметричное отражение действий обеих сторон, как ISO12207. Поскольку ГОСТ 34. в основном уделяет внимание содержанию проектных документов, распределение действий между сторонами обычно осуществляется, опираясь на их содержание. В составе этой системы в настоящее время действуют следующие стандарты:

1. **ГОСТ 34.601–90** Информационная технология. Автоматизированные системы. Стадии создания.

2. **ГОСТ 34.201–89** Информационная технология. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.

3. **ГОСТ 34.602–89** Информационная технология. Техническое задание на создание автоматизированных систем.

4. **ГОСТ 34.603–92** Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.

5. **РД 50–34.698–90** Методические указания. Информационная технология. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.

ГОСТ 34. способствует более полной и качественной стыковке действительно разных систем, что особенно важно в условиях, когда разрабатывается все больше сложных комплексных АС, например типа САД-САМ, которые включают в свой состав АСУТП, АСУП, САПР-конструктора, САПР-технолога, АСНИ и другие системы. Введение единой, определенной терминологии, наличие разумной классификации работ, документов, видов обеспечения безусловно полезно. Определено несколько важных положений, отражающих особенности АС как объекта стандартизации, например: «В общем случае АС состоит из программно-технических комплексов (ПТК), программно-методических комплексов (ПМК) и отдельных компонентов организационного, технического, программного и информационного обеспечения».

Разделение понятий ПТК и АС закрепляло принцип, по которому АС есть не «ИС с БД», но:

- «организационно-техническая система, обеспечивающая выработку решений на основе автоматизации информационных процессов в различных сферах деятельности (управление, проектирование, производство и т. д.) или их сочетаниях», что особенно актуально в аспектах бизнес-реинжиниринга;

- «система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций».

Эти определения указывают на то, что АС — это, в первую очередь, персонал, принимающий решения и выполняющий другие управляющие действия, поддерживаемый организационно-техническими средствами.

Кратко остановимся на содержании некоторых из вышеперечисленных документов.

ГОСТ 34.601–90 Информационная технология. Автоматизированные системы. Стадии создания. Настоящий стандарт распространяется на автоматизированные системы, используемые в различных видах деятельности (исследование, проектирование, управление и т.п.), включая их сочетания, создаваемые в организациях, объединениях и на предприятиях (далее организациях). Стандарт устанавливает стадии и этапы создания АС, а также содержание работ на каждом этапе.

Процесс создания АС представляет собой совокупность упорядоченных во времени, взаимосвязанных, объединенных в стадии и этапы работ, выполнение которых необходимо и достаточно для создания АС, соответствующей заданным требованиям.

1. Формирование требований к АС.
 - 1.1. Обследование объекта и обоснование необходимости создания АС.
 - 1.2. Формирование требований пользователя АС.
 - 1.3. Оформление отчета о выполненной работе и заявки на разработку АС (тактико-технического задания).
2. Разработка концепции АС.
 - 2.1. Изучение объекта.
 - 2.2. Проведение необходимых научно-исследовательских работ.
 - 2.3. Разработка вариантов концепции АС и выбор варианта концепции АС, удовлетворяющего требованиям пользователя.
 - 2.4. Оформление отчета о выполненной работе.
3. Техническое задание.
 - 3.1. Разработка и утверждение технического задания на создание АС.
4. Эскизный проект.
 - 4.1. Разработка предварительных проектных решений по системе в целом и ее частям.
 - 4.2. Разработка документации на АС и ее части.
5. Технический проект.
 - 5.1. Разработка проектных решений по системе и ее частям.
 - 5.2. Разработка документации на АС и ее части.
 - 5.3. Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС и/или технических требований (технических заданий) на их разработку.
 - 5.4. Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации.
6. Рабочая документация.
 - 6.1. Разработка рабочей документации на систему и ее части.
 - 6.2. Разработка или адаптация программ.
7. Ввод в действие.
 - 7.1. Подготовка объекта автоматизации к вводу АС в действие.
 - 7.2. Подготовка персонала.
 - 7.3. Комплектация АС поставляемыми изделиями (программными и техническими средствами, программно-техническими комплексами, информационными изделиями).

- 7.4. Строительно-монтажные работы.
- 7.5. Пусконаладочные работы.
- 7.6. Проведение предварительных испытаний.
- 7.7. Проведение опытной эксплуатации.
- 7.8. Проведение приемочных испытаний.
- 8. Сопровождение АС.

8.1. Выполнение работ в соответствии с принятыми гарантийными обязательствами.

8.2. Послегарантийное обслуживание.

Допускается исключение стадии «Эскизный проект» и отдельных этапов работ на всех стадиях, объединение стадий «Технический проект» и «Рабочая документация» в одну стадию «Технорабочий проект». В зависимости от специфики создаваемых АС и условий их создания допускается выполнение отдельных этапов работ до завершения предшествующих стадий, параллельное выполнение этапов работ, включение новых этапов работ.

РД 50–34.698–90 Методические указания. Информационная технология. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. Настоящие методические указания распространяются на автоматизированные системы (АС), используемые в различных сферах деятельности (управление, исследование, проектирование и т.п.), включая их сочетание, и устанавливают требования к содержанию документов, разрабатываемых при создании АС. Содержание документов является общим для всех видов АС и, при необходимости, может дополняться разработчиком документов в зависимости от особенностей создаваемой АС. Допускается включение в документы дополнительных разделов и сведений, объединение и исключение разделов. Содержание каждого документа определяет разработчик в зависимости от объекта проектирования (системы, подсистема и т.п.)

Кратко остановимся на содержании основных документов.

1. **Пояснительные записки** к эскизному, техническому проектам содержат следующие разделы: общие положения, описание процесса деятельности, основные технические решения, мероприятия по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие.

2. **Схема функциональной структуры** содержит:

- элементы функциональной структуры АС (подсистемы АС); автоматизированные функции и/или задачи (комплексы задач); совокупности действий (операций), выполняемых при реализации автоматизированных функций только техническими средствами (автоматически) или только человеком;
- информационные связи между элементами и внешней средой с кратким указанием содержания сообщений и/или сигналов, передаваемых по связям, и при необходимости, связи других типов (входимости, подчинения и т.д.);
- детализированные схемы частей функциональной структуры (при необходимости).

3. **Описание автоматизируемых функций** содержит разделы: исходные данные; цели АС и автоматизированные функции; характеристика функциональной структуры; типовые решения (при наличии).

4. **Описание постановки задачи** (комплекса задач) содержит разделы: характеристики комплекса задач; выходная информация; входная информация.

5. **Общее описание системы** содержит разделы: назначение системы; описание системы; описание взаимосвязей АС с другими системами; описание подсистем (при необходимости).

6. **Программа и методика испытаний** должна содержать перечни конкретных проверок (решаемых задач), которые следует осуществлять при испытаниях для подтверждения выполнения требований ТЗ, со ссылками на соответствующие методики (разделы методик) испытаний. Перечень проверок, подлежащих включению в программу испытаний:

- соответствие системы ТЗ;
- комплектность системы;
- комплектность и качество документации;
- комплектность, достаточность состава и качество программных средств и программной документации;
- количество и квалификация обслуживающего персонала;
- степень выполнения требований функционального назначения системы;
- контролепригодность системы;
- выполнение требований техники безопасности, противопожарной безопасности, промышленной санитарии, эргономики;
- функционирование системы с применением программных средств.

Программа испытаний содержит разделы: объект испытаний; цель испытаний; общие положения; объем испытаний; условия и порядок проведения испытаний; материально-техническое обеспечение испытаний; метрологическое обеспечение испытаний; отчетность.

7. **Схема организационной структуры** содержит:

- состав подразделений (должностных лиц) организации, обеспечивающих функционирование АС либо использующих при принятии решения информацию, полученную от АС;
- основные функции и связи между подразделениями и отдельными должностными лицами, указанными на схеме, и их подчиненность.

8. **Описание организационной структуры** содержит разделы: изменения в организационной структуре управления объектом; функции подразделений, обеспечивающих эксплуатацию АС; реорганизация существующих подразделений управления.

9. **Методика автоматизированного проектирования** содержит разделы: общие положения; постановка задачи; методика проектирования; исходные данные; проектные процедуры; оценка результатов.

10. **Перечень входных сигналов и данных** содержит разделы: перечень входных сигналов; перечень входных данных. В разделе «Перечень входных сигналов» указывают:

- для аналогового сигнала — наименование измеряемой величины, единицы, диапазон, требования точности и периодичности измерения, тип сигнала;

- для дискретного сигнала — наименование, разрядность и периодичность, тип сигнала;
- для сигнала «да-нет» — источник формирования и смысловое значение сигнала.

В разделе «Перечень входных данных» указывают:

- наименование, кодовое обозначение и значность реквизитов входных данных;
- наименования и кодовые обозначения документов или сообщений, содержащих эти данные.

11. **Перечень выходных сигналов** (документов) содержит разделы: перечень выходных сигналов; перечень выходных документов. Раздел «Перечень выходных сигналов» содержит перечень выходных сигналов с указанием их наименований, назначения, единиц измерения и диапазонов изменения, способа представления, пользователей информации. Раздел «Перечень выходных документов» содержит перечень выходных документов с указанием их наименований, кодовых обозначений, перечня и значности реквизитов, пользователей информации.

12. **Описание информационного обеспечения системы** содержит разделы: состав информационного обеспечения; организация информационного обеспечения; организация сбора и передачи информации; построение системы классификации и кодирования; организация внутримашинной информационной базы; организация немашинной информационной базы.

13. **Описание организации информационной базы** содержит описание логической и физической структуры базы данных и состоит из двух частей: описание внутримашинной информационной базы; описание немашинной информационной базы. Каждый из документов содержит следующие разделы: логическая структура; физическая структура (для внутримашинной информационной базы); организация ведения информационной базы.

14. **Описание систем классификации и кодирования** содержит перечень применяемых в АС зарегистрированных классификаторов всех категорий по каждому классифицируемому объекту, описание метода кодирования, структуры и длины кода, указания о системе классификации и другие сведения по усмотрению разработчика.

15. **Описание массива информации** содержит:

- наименование массива;
- обозначение массива;
- наименование носителей информации;
- перечень реквизитов в порядке их следования в записях массива с указанием по каждому реквизиту: обозначения алфавита, длины в знаках и диапазона изменения (при необходимости), логических и семантических связей с другими реквизитами данной записи и другими записями массива;
- оценку объема массива;
- другие характеристики массива (при необходимости).

ГОСТ 34.602–89 Информационная технология. Техническое задание на создание автоматизированных систем. Настоящий стандарт устанавливает требования на структуру и содержание технического задания на систему и состоит из нижеперечисленных разделов:

1. Общие сведения о системе.

1.1. Полное наименование системы и ее условное обозначение.

1.2. Шифр темы или шифр (номер) договора.

1.3. Наименование предприятий (объединений) разработчика и заказчика (пользователя) системы и их реквизиты.

1.4. Перечень документов, на основании которых создается система, кем и когда утверждены эти документы.

Основанием для проведения работ могут являться: постановление Правительства, федеральная научно-техническая программа, региональная научно-техническая программа, приказ (распоряжение) руководителя предприятия, координационный план.

1.5. Плановые сроки начала и окончания работы по созданию системы.

1.6. Сведения об источниках и порядке финансирования работ.

Возможные источники финансирования: федеральный бюджет, местный бюджет, собственные средства предприятия, общественные фонды, кредиты в банках, финансирование за счет средств спонсора.

1.7. Порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ по созданию системы. Указываются основные этапы разработки и внедрения системы и регламентирующие этот порядок нормативно-технические документы.

2. Назначение и цели создания системы.

2.1. Назначение системы.

2.2. Цели создания системы.

3. Характеристика объекта автоматизации.

3.1. Краткие сведения об объекте автоматизации или ссылки на документ, содержащий такую информацию.

Описываются цели, функции, структура объекта и системы управления, взаимосвязи с внешней средой с перечислением конкретных показателей их деятельности (номенклатуры, объемов производства, материальных потоков, численности и т.д.). Эти показатели должны раскрывать размерности объекта и системы управления.

3.2. Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации и характеристиках окружающей среды.

4. Требования к системе.

4.1. Требования к системе в целом (ссылки на действующие научно-технические документы (НТД)).

4.1.1. Требования к структуре и режимам функционирования системы.

4.1.2. Требования к способам и средствам связи для информационного обмена между компонентами системы.

4.1.3. Требования к характеристикам взаимосвязей создаваемой системы со смежными системами, требования к ее совместимости, в том числе указания о способах обмена информацией (автоматически, пересылкой документов, по телефону и т.п.);

В пп. 4.1.2 и 4.1.3 перечисляются способы и средства информационного обмена между элементами системы и внешней среды: бумажные носители (документы), магнитные носители, локальная сеть (тип, протоколы), распределительная сеть (типы и протоколы взаимодействия). Содержание пунктов должно пояснять функциональную схему АСОИУ.

4.1.4. Требования к режимам функционирования системы.

Режимы функционирования:

- регламентный (указать периодичность для каждой из подсистем);
- произвольный (указать, по каким параметрам может быть организована произвольная выборка информации).

4.1.5. Требования по диагностированию системы.

Проверка работоспособности системы должна быть подтверждена (перечисляются методы диагностики: тестовые задачи — какие и при каких условиях).

4.1.6. Требования к численности и квалификации персонала системы и режиму его работы.

4.1.7. Требования к надежности технических средств и программного обеспечения.

4.1.8. Требования к эргономике и технической эстетике, задающие необходимое качество взаимодействия человека с машиной и комфортность условий работы персонала.

4.1.9. Требования к защите информации от несанкционированного доступа; требования, установленные в НТД, действующие в отрасли (ведомстве) заказчика.

4.1.10. Требования к патентной чистоте технического и программного обеспечения.

4.2. Требования к функциям (задачам), выполняемым системой (ссылки на действующие НТД).

4.3. Требования к видам обеспечения (ссылки на действующие НТД)

4.3.1. Математическое обеспечение системы.

4.3.2. Информационное обеспечение системы.

Перечисляются требования к составу, структуре и способам организации данных в системе; информационному обмену между компонентами системы; использованию классификаторов, унифицированных документов, действующих на данном предприятии;

Обосновывается предварительный выбор системы управления БД; структура процесса сбора, обработки, передача данных в системе и представление данных; защита данных от разрушений при авариях и сбоях в электропитании системы; контроль, хранение, обновление и восстановление данных.

4.3.3. Лингвистическое обеспечение системы.

В случае необходимости перечисляются требования к применению в системе языков программирования высокого уровня, языков взаимодействия пользователей с ПЭВМ и способам организации диалога.

4.3.4. Программное обеспечение системы.

Обосновывается выбор языков программирования, приводится ориентировочный перечень покупных программных средств и их стоимость. Перечисляются требования к прикладному программному обеспечению.

4.3.5. Техническое обеспечение системы.

Приводится предварительный перечень и характеристики рекомендуемого технического обеспечения системы (ПЭВМ, аппаратура передачи данных, каналы связи и т.д.), ориентировочные объемы средств на приобретение.

4.3.6. Организационное обеспечение системы.

5. Состав и содержание работ по созданию системы.

5.1. Перечень стадий и этапов работ по созданию системы.

6. Порядок контроля и приемки системы.

6.1. Виды, состав, объем и методы испытаний системы и ее составных частей.

Осуществляется программа работ по испытанию:

- корректности функциональной части системы относительно реализованных алгоритмов;
- работоспособности программного, технического, информационного обеспечения систем.

6.2. Общие требования к приемке работ по стадиям, порядок согласования и утверждения приемочной документации.

6.3. Статус приемочной комиссии (государственная, межведомственная, ведомственная).

7. Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие.

В данном разделе приводится план работ по подготовке объекта к внедрению. Укрупненно по этому направлению можно предложить следующие виды деятельности:

- приобретение, монтаж и пусконаладка комплекса технических средств (КТС);
- обучение персонала;
- частичную подготовку информационной базы.

8. Требования к документированию системы.

В настоящее время в РФ действует ряд государственных стандартов РФ в части документирования ПС, разработанных на основе прямого применения международных стандартов ИСО.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 9294-93 Информационная технология. Руководство по управлению документированием программного обеспечения. Стандарт полностью соответствует международному стандарту ИСО/МЭК ТО 9294:1990 и устанавливает рекомендации по эффективному управлению документирова-

нием ПС для руководителей, отвечающих за их создание. Целью стандарта является оказание помощи в определении стратегии документирования ПС, выборе стандартов по документированию, выборе процедур документирования, определении необходимых ресурсов, составлении планов документирования.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. Стандарт полностью соответствует международному стандарту ИСО/МЭК 9126:1991. В его контексте под характеристикой качества понимается «набор свойств (атрибутов) программной продукции, по которым ее качество описывается и оценивается». Стандарт определяет шесть комплексных характеристик, которые с минимальным дублированием описывают качество ПС (ПО, программной продукции): функциональные возможности; надежность; практичность; эффективность; сопровождаемость; мобильность. Эти характеристики образуют основу для дальнейшего уточнения и описания качества ПС.

ГОСТ Р ИСО 9127-94 Системы обработки информации. Документация пользователя и информация на упаковке для потребительских программных пакетов. Стандарт полностью соответствует международному стандарту ИСО 9127:1989. В контексте настоящего стандарта под потребительским программным пакетом (ПП) понимается «программная продукция, спроектированная и продаваемая для выполнения определенных функций; программа и соответствующая ей документация, упакованные для продажи как единое целое». Под документацией пользователя понимается документация, которая обеспечивает конечного пользователя информацией по установке и эксплуатации ПП. Под информацией на упаковке понимают информацию, воспроизводимую на внешней упаковке ПП. Ее целью является предоставление потенциальным покупателям первичных сведений о ПП.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 8631-94 Информационная технология. Программные конструктивы и условные обозначения для их представления. Описывает представление процедурных алгоритмов.

Следует отметить, что все вышеперечисленные стандарты носят рекомендательный характер и становятся обязательными *на контрактной основе* — то есть при ссылке на них в договоре на разработку (поставку) программных средств и автоматизированных систем.

Говоря о состоянии ЕСПД в целом, можно констатировать, что большая часть стандартов ЕСПД морально устарела.

В дополнение к отечественным стандартам *целесообразно использовать отработанные зарубежные стандарты в этой области.*

Наибольшие достижения в регламентировании требований к объектам и процессам ЖЦ ПС и их реализации сосредоточены в стандартах Министерства обороны США, которые должны обеспечивать высокое качество и безопасность функционирования критических военных систем. Стандарт **МО США MIL-STD-498** представляет собой комплект из трех документов, общим объемом около 600 страниц, куда входят [56]:

- собственно стандарт MIL-STD-498 Разработка и документирование программного обеспечения (Software Development and Documentation);

- руководство «Обзор и адаптация» (подготовка к применению) (Overview and Tailoring);
- руководство «Применение и рекомендации» (Application and Reference).

Создание ПС рассматривается как часть полного процесса разработки специальных информационных систем военного назначения. Отмечается, что этот стандарт базируется на процессах и документах, представленных в международном стандарте *ISO/IEC 12207:1995 Процессы жизненного цикла программных средств*, а также в *стандарте по обеспечению качества продукции — ISO 9001* и предшествовавших военных стандартах. Начальные этапы проектирования и заключительные этапы испытаний и сдачи заказчику объединены в совместный анализ программных и аппаратных средств целостной информационной системы, полностью решающей требуемые потребителем функциональные задачи. Стандарт унифицирует требования к проектированию, разработке, модификации и документированию ПС. Проведено разделение требований к объектам и процессам жизненного цикла ПС.

Отдельная группа стандартов посвящена регламентации жизненного цикла на создание и сопровождение программных систем. Одним из них является *стандарт ISO 12207:1995 Процессы жизненного цикла программных средств*, определяющий архитектуру, процессы, разделы и подразделы жизненного цикла ПС, а также перечень базовых работ, и детализирует содержание каждой из них.

По определению ISO12207 — базовый стандарт процессов жизненного цикла ПО, ориентированный на различные (любые!) виды ПО и типы проектов АС, куда ПО входит как часть. Стандарт определяет стратегию и общий порядок в создании и эксплуатации ПО, он охватывает жизненный цикл ПО от концептуализации идей до завершения жизненного цикла [59, 60].

В основу стандарта положены следующие базовые понятия:

система — это объединение одного или более процессов, аппаратных средств, программного обеспечения, оборудования и людей для обеспечения возможности удовлетворения определенных потребностей или целей;

модель жизненного цикла — структура, содержащая процессы, действия и задачи, которые осуществляются в ходе разработки, функционирования и сопровождения программного продукта в течение всей жизни системы, от определения требований до завершения ее использования. Множество процессов и задач сконструировано так, что возможна их адаптация в соответствии с проектами ПО. Процесс адаптации — это процесс исключения видов деятельности и задач, не применимых в конкретном проекте. Степень адаптивности — максимальная;

требование квалификации — набор критериев или условий (квалификационные требования), которые должны быть удовлетворены, для того чтобы квалифицировать программный продукт как подчиняющийся (удовлетворяющий условиям) его спецификациям и готовый для использования в целевой окружающей среде.

Стандарт не предписывает конкретную модель жизненного цикла или метод разработки ПО, но определяет, что стороны-участники использования стандарта ответственны за выбор модели жизненного цикла для проекта ПО, за адаптацию процессов и задач стандарта к этой модели, за выбор и применение методов разработки ПО, за выполнение действий и задач, подходящих для проекта ПО. Стандарт ISO12207 равносильно ориентирован на организацию действий каждой из двух сторон: поставщика (разработчика) и покупателя (пользователя); может быть в равной степени применен, когда обе стороны входят в одну организацию.

Каждый процесс жизненного цикла разделен на набор действий, каждое действие — на набор задач. Очень важное отличие ISO: каждый процесс, действие или задача инициируется и выполняется другим процессом по мере необходимости, причем нет заранее определенных последовательностей (естественно, при сохранении логики связей по исходным сведениям задач и т. п.).

В стандарте ISO12207 описаны:

1) пять основных процессов жизненного цикла ПО:

– *процесс приобретения* определяет действия предприятия-покупателя, которое приобретает АС, программный продукт или сервис ПО;

– *процесс поставки* определяет действия предприятия-поставщика, снабжающего покупателя системой, программным продуктом или сервисом программного обеспечения;

– *процесс разработки* определяет действия предприятия-разработчика, которое разрабатывает принцип построения программного изделия и программный продукт;

– *процесс функционирования* определяет действия предприятия-оператора, которое обеспечивает обслуживание системы (а не только ПО) в процессе ее функционирования в интересах пользователей. В отличие от действий, которые определяются разработчиком в инструкциях по эксплуатации (эта деятельность разработчика предусмотрена во всех трех рассматриваемых стандартах), конкретизируются действия оператора (консультирование пользователей, получение обратной связи и др.), которые планируются им самостоятельно и в дальнейшем выступают как соответствующие, принятые на себя, обязанности;

– *процесс сопровождения* определяет действия персонала сопровождения, который обеспечивает сопровождение программного продукта, что представляет собой управление модификациями программного продукта, поддержку его текущего состояния и функциональной пригодности, включает в себя установку и удаление программного изделия на вычислительной системе;

2) четыре вспомогательных процесса, которые поддерживают реализацию другого процесса, будучи неотъемлемой частью всего жизненного цикла программного изделия, и обеспечивают должное качество проекта ПО:

– *решения проблем*;

– *документирования*;

– *управления конфигурацией*;

– *гарантирования качества*, использующего результаты остальных процессов группы обеспечения качества, а именно: *верификации, аттестации, совместной оценки, аудита*;

3) четыре организационных процесса:

- *управление*;
- *создание инфраструктуры*;
- *усовершенствование*;
- *обучение*.

К вышеуказанным примыкает особый *процесс адаптации*, определяющий основные действия, необходимые для адаптации стандарта к условиям конкретного проекта.

Под *процессом усовершенствования* понимается не усовершенствование АС или ПО, а улучшение самих процессов приобретения, разработки, гарантирования качества и других, реально осуществляемых в организации. Каких-либо этапов, фаз, стадий не предусмотрено, что дает описываемую ниже степень адаптивности. «Динамический» характер стандарта определяется способом определения последовательности выполнения процессов и задач, при котором один процесс при необходимости вызывает другой или его часть.

Например, выполнение *процесса приобретения* в части анализа и фиксации требований к системе или ПО может вызывать исполнение соответствующих задач *процесса разработки*. В *процессе поставки* поставщик должен управлять субподрядчиками согласно *процессу приобретения* и выполнять верификацию и аттестацию по соответствующим процессам. *Процесс сопровождения* может требовать развития системы и ПО, что выполняется по *процессу разработки* и т.д.

Такой характер позволяет реализовывать любую модель жизненного цикла. При выполнении анализа требований к ПО предусмотрено 11 классов характеристик качества, которые используются позже при гарантировании качества. При этом разработчик должен установить и документировать следующие требования к программному обеспечению:

- 1) функциональные и возможные спецификации, включая исполнение, физические характеристики и условия среды эксплуатации, при которых единица программного обеспечения должна быть выполнена;
- 2) внешние связи (интерфейсы) с единицей программного обеспечения;
- 3) требования квалификации;
- 4) спецификации надежности, включая спецификации, связанные с методами функционирования и сопровождения, воздействия окружающей среды и вероятностью травмы персонала;
- 5) спецификации защищенности,
- 6) человеческие факторы спецификаций по инженерной психологии (эргономике), включая связанные с ручным управлением, взаимодействием человека и оборудования, ограничениями на персонал и с областями, нуждающимися в концентрированном человеческом внимании, которые являются чувствительными к ошибкам человека и обучению;

- 7) определение данных и требований базы данных;
- 8) установочные и приемочные требования поставляемого программного продукта в местах функционирования и сопровождения (эксплуатации);
- 9) документация пользователя;
- 10) работа пользователя и требования выполнения;
- 11) требования сервиса пользователя.

Интересно и важно, что эти и аналогичные характеристики хорошо коррелируются с характеристиками АС, предусматриваемыми в ГОСТ 34. по видам обеспечения системы.

Стандарт содержит предельно мало описаний, направленных на проектирование БД. Это оправдано, поскольку разные системы и разные прикладные комплексы ПО могут использовать весьма специфические типы БД.

Итак, ISO12207 имеет набор процессов, действий и задач, охватывающий наиболее широкий спектр возможных ситуаций при максимальной адаптируемости. Он показывает пример того, как должен строиться хорошо организованный стандарт, содержащий минимум ограничений (принцип «нет одинаковых проектов»). При этом детальные определения процессов, форм документов и прочее целесообразно выносить в различные функциональные стандарты, ведомственные нормативные документы или фирменные методики, которые могут быть использованы или не использованы в конкретном проекте. По этой причине центральным стандартом, положения которого берутся за начальный, «стержневой» набор положений в процессе построения профиля стандартов жизненного цикла для конкретного проекта, полезно рассматривать именно ISO12207. Этот «стержень» может задавать модель жизненного цикла ПО и АС, принципиальную схему гарантирования качества, модель управления проектом.

10.4.2. Стандартизированные показатели качества программных систем и баз данных

Формализации показателей качества программных средств посвящена также целая серия стандартов. В базовом международном стандарте **ISO 9126:1991.ИТ. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению** при отборе минимума стандартизируемых показателей, описываемых в стандарте разработчиками, выдвигались и учитывались следующие принципы:

- ясность и измеримость значений;
- отсутствие перекрытия между используемыми показателями;
- соответствие установившимся понятиям и терминологии;
- возможность последующего уточнения и детализации.

Выделенные в стандарте характеристики позволяют оценивать ПС **с позиции пользователя, разработчика и управляющего проектом**. При этом качество сложных программных средств описывается совокупностью показателей-критериев, для каждого из которых должны быть определены соответствующие метрики и методы их измерения. Эти критерии и метрики программ позволяют описывать их свойства как свойства конечного продукта.

В стандарте рекомендуется использовать шесть основных характеристик качества ПС, каждая из которых детализируется еще несколькими субпоказате-

лями (рис. 10.2). В настоящее время подготовлен проект модернизации стандарта, в котором предполагается выделить четыре части:

- модель показателей качества и их развития в жизненном цикле ПС;
- внешние метрики качества, которые отражают наиболее общие характеристики программного средства;
- внутренние метрики качества, характеризующие структуру и конструктивные особенности ПС;
- метрики качества ПС с позиции пользователя:
 - эффективность применения ПС пользователем;
 - производительность при решении основных функциональных задач;
 - степень защищенности от внешних угроз;
 - удовлетворенность пользователей качеством решения задач.

Близкими к описанному стандарту по идеологии, структуре и содержанию являются два российских стандарта:

ГОСТ 28806-90 Качество программных средств. Термины и определения;

ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения.

В вышеуказанных документах для оценки качества ПС выделяются шесть показателей: надежность, корректность, удобство применения, эффективность, управляемость, сопровождаемость. В дальнейшем эти характеристики детализируются на 19 показателей, для которых описаны метрики и оценочные значения (около 240). Процедура оценки качества ПС заключается в экспертном оценивании каждого из показателей по критерию «истинно — ложно» — $\{0, 1\}$.

Для оценки баз данных пока отсутствуют международные стандарты, регламентирующие их показатели качества. Поэтому ниже представлен набор характеристик, который наиболее часто используется на практике при решении этой проблемы. В системах баз данных доминирующее значение приобретают сами данные, их хранение и обработка. Поэтому при анализе качества БД целесообразно выделить **две компоненты** [56]:

1) программные средства системы управления базой данных, независимые от сферы их применения и смыслового содержания накапливаемых и обрабатываемых данных;

2) информация базы данных, доступная для обработки и использования в конкретной проблемно-ориентированной сфере применения.

Практически весь набор показателей качества ПС, изложенный выше, в той или иной степени может использоваться при анализе и оценке качества СУБД. Особенности состоят в изменении акцентов при выборе и упорядочении этих показателей качества. Почти во всех случаях важнейшими показателями качества СУБД являются функциональные характеристики процессов формирования и изменения информационного наполнения БД администраторами, а также доступа к данным и представления результатов пользователям БД.

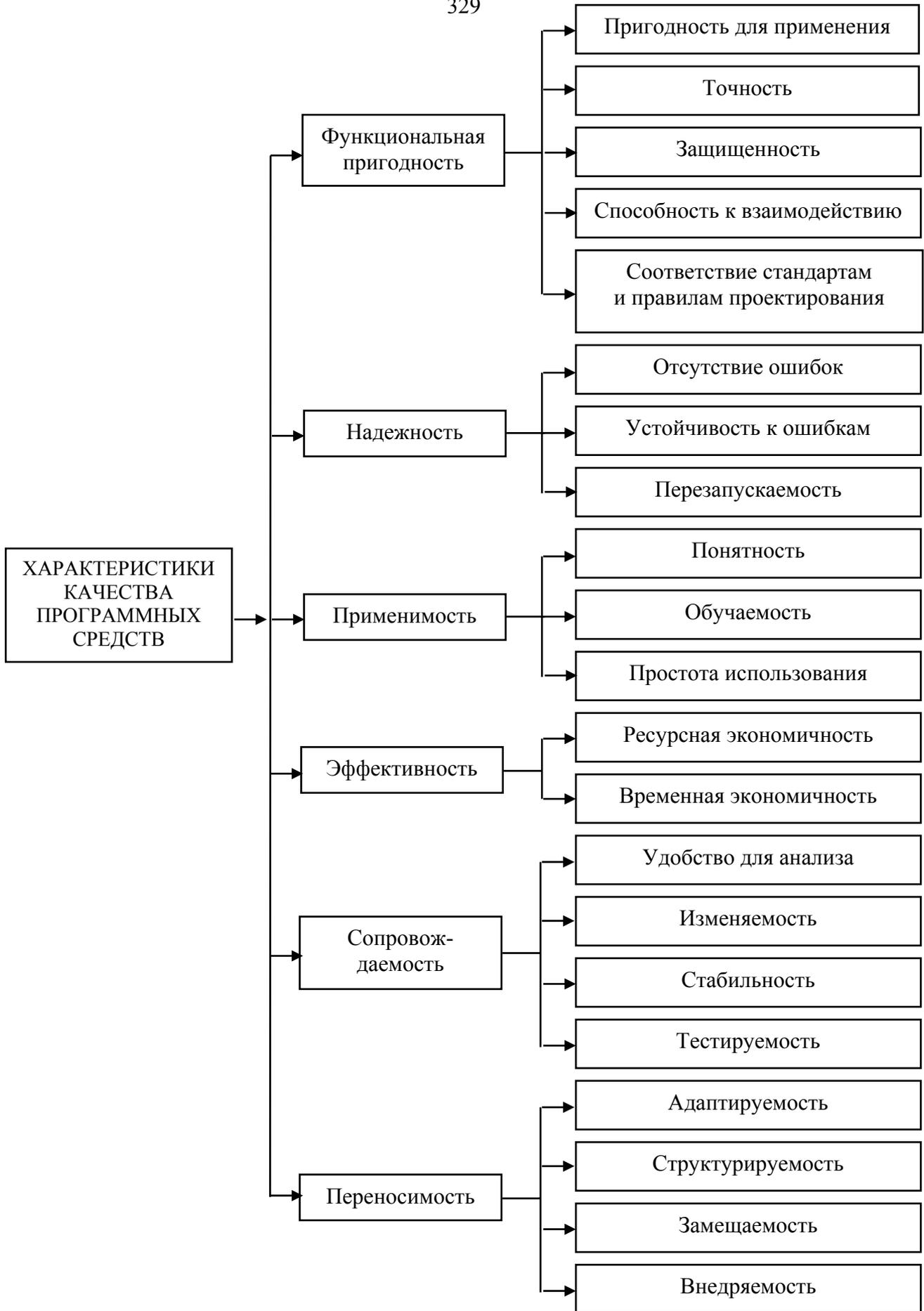


Рис. 10.2. Показатели качества ПС

Качество интерфейса специалистов с БД, обеспечиваемого средствами СУБД, оценивается в значительной степени субъективно, однако имеется ряд характеристик, которые можно оценивать достаточно корректно.

Второй компонентой БД является собственно накапливаемая и обрабатываемая информация в базе данных. Выделяемые показатели качества должны иметь практический интерес для пользователей БД и быть упорядочены в соответствии с приоритетами практического применения. Кроме того, каждый выделяемый для проверки показатель должен быть пригоден для достаточно достоверного измерения и сравнения с требуемым значением при испытаниях и сертификации.

Функциональные показатели качества информации БД представлены следующими:

- полнотой накопленных описаний объектов — относительным числом объектов или документов, имеющихся в БД, к общему числу объектов по данной тематике или к числу объектов в аналогичных БД по той же тематике;
- достоверностью — степенью соответствия данных об объектах в БД реальным объектам вне ЭВМ в данный момент времени, определяющейся изменениями самих объектов, некорректностью записей об их состоянии или некорректностью расчетов их характеристик;
- идентичностью данных — относительным числом описания объектов, не содержащих ошибки, к общему числу документов об объектах в БД;
- актуальностью данных — относительным числом морально устаревших данных об объектах в БД к общему числу накопленных и обрабатываемых данных.

К конструктивным показателям качества информации в БД относятся в основном объемно-временные характеристики сохраняемых и обрабатываемых данных:

- объем базы данных — число записей описаний объектов или документов в базе данных, доступных для хранения и обработки;
- оперативность — степень соответствия динамики изменения данных в процессе сбора и обработки состояниям реальных объектов или величина запаздывания между появлением или изменением характеристик реального объекта и его отражением в базе данных;
- периодичность — промежуток времени между поставками двух последовательных, достаточно различающихся информацией версий БД;
- глубина ретроспективы — интервал времени от даты выпуска и/или записи в базу данных самого раннего документа до настоящего времени;
- динамичность — относительное число изменяемых описаний объектов к общему числу записей в БД за некоторый интервал времени, определяемый периодичностью издания версий БД.

Кроме того, к конструктивным относятся все показатели защищенности информации. Защищенность реализуется, в основном, программными средствами СУБД, однако в сочетании с поддерживающими их средствами организации данных. В распределенных базах данных показатели защищенности тесно

связаны с характеристиками целостности данных. Эти показатели отражают степень тождественности данных в памяти удаленных компонент распределенной БД.

При реальном функционировании БД важную роль играют временные характеристики взаимодействия конечных пользователей и администраторов БД в процессе эксплуатации базы данных по прямому назначению. Эти характеристики зависят от качества СУБД, а также от объема, структуры и показателей качества используемой информации. Выше они отражены критерием эффективности использования ресурсов ЭВМ программными средствами, в данном случае СУБД. Для баз данных важнейшим ресурсом является память ЭВМ, занимаемая информацией БД, а также используемость этого ресурса. Эти показатели качества влияют на время реакции БД на разные виды запросов пользователей и на пропускную способность БД при эксплуатации.

10.4.3. Технология использования стандартов при проектировании программных комплексов и информационных систем

При создании и развитии сложных распределенных тиражируемых ИС требуется гибкое формирование и применение гармонизированных совокупностей базовых стандартов и нормативных документов разного уровня, выделение в них требований и рекомендаций, необходимых для реализации заданных функций ИС. Для унификации и регламентирования реализации заданных функций ИС такие совокупности базовых стандартов должны адаптироваться и конкретизироваться применительно к определенным классам проектов, функций, процессов и компонент ИС. В связи с этим выделилось и сформировалось понятие ***профилей ИС*** как основного инструмента функциональной стандартизации [56].

Под ***профилем*** будем понимать совокупность нескольких (или подмножество одного) базовых стандартов (и других нормативных документов) с четко определенными и гармонизированными подмножествами обязательных и факультативных возможностей, предназначенных для реализации заданной функции или группы функций. Функциональная характеристика (заданный набор функций) объекта стандартизации является исходной для формирования и применения профиля этого объекта или процесса. В профиле выделяются и устанавливаются допустимые факультативные возможности и значения параметров каждого базового стандарта и/или нормативного документа, входящего в профиль.

Проектированию системы предшествует стадия предпроектного обследования объекта автоматизации, результатом которой являются его функциональная и информационная модели, определение целей создания системы и состава ее функций. Стандарты, важные с точки зрения заказчика, должны задаваться в техническом задании (ТЗ) на системное проектирование ИС и составлять ее первичный профиль. То, что не задано в ТЗ, остается первоначально на усмотрение разработчика системы, который, руководствуясь требованиями ТЗ, может

дополнять и развивать профили ИС, которые впоследствии согласуются с заказчиком.

Целесообразно рассматривать две группы профилей ИС:

1) профили, регламентирующие архитектуру и структуру ИС и ее компонент (функции, интерфейсы и протоколы взаимодействия, форматы данных и т.д.);

2) профили, регламентирующие процессы проектирования, разработки применения, сопровождения и развития ИС и их компонент.

Профили ИС унифицируют и регламентируют только часть требований, характеристик, показателей качества объектов и процессов, выделенных и формализованных на базе стандартов и нормативных документов. Другая часть — функциональные и технические характеристики ИС — определяется заказчиками и разработчиками без учета положений нормативных документов.

Прагматический подход к разработке и применению профилей ИС состоит в использовании совокупности адаптированных и параметризованных базовых международных и национальных стандартов и открытых спецификаций, отвечающих стандартам «де-факто» и рекомендациям международных консорциумов. При практическом формировании и применении профилей ИС в ряде случаев возможно использовать региональные, национальные стандарты, стандарты «де-факто» и ведомственные нормативные документы. Это может быть обусловлено отставанием в разработке некоторых задач в международных стандартах или необходимостью учета конкретных особенностей ИС. При применении стандартов и профилей могут быть выявлены пробелы в положениях некоторых стандартов и необходимость модификации или дополнения требований, определенных в них. Некоторые функции, не формализованные стандартами, но важные для унификации построения или взаимодействия компонент ИС, могут определяться нормативными документами ведомства или фирмы, обязательными для конкретного профиля и проекта.

При системном проектировании в проекте жизненного цикла конкретной ИС следует регламентировать **этапы развития и применения комплекта профилей стандартов** в соответствии с основными процессами создания, сопровождения и развития ИС:

- системный анализ объекта информатизации и создание концепции ИС, когда производится первичный выбор исходного комплекта стандартов, которым должна соответствовать ИС; выявляется необходимость разработки и состав дополнительных нормативных документов; оформляется содержание и параметры комплектов документов предполагаемых профилей;

- детальное проектирование ИС, когда определяется ее архитектура и структура и соответственно уточняются положения, параметры и адаптируются стандарты комплекта профилей; они дополняются ведомственными нормативными документами; оформляются проекты документов и методических руководств по применению рабочей версии каждого профиля;

- разработка или приобретение готовых компонент ИС, при этом утверждаются и применяются все положения профиля; производится контроль, тес-

тирование и испытания компонент ИС на соответствие требованиям и нормативным документам конкретного профиля;

- сопровождение, актуализация и развитие ИС, когда анализируются положения, параметры и результаты адаптации применяемой версии каждого профиля; выявляются и устраняются ее дефекты; производится модернизация профиля с учетом появления более совершенных технических и программных средств и новых стандартов ИС;
- формирование, документирование и внедрение новой уточненной версии соответствующего профиля в необходимых случаях.

Контрольные вопросы

1. Кратко прокомментируйте особенности проектирования АСОИУ на современном этапе.
2. Перечислите возможные варианты приобретения ПС покупателем.
3. Раскройте основное содержание проблемы покупателя при приобретении ПС.
4. Раскройте содержание плана покупателя при приобретении ПС.
5. Перечислите последовательность действий поставщика при выполнении контракта на поставку ПС.
6. Раскройте содержание плана управления проектом.
7. Поясните действия поставщика при оценке и проверке качества выполнения проекта.
8. Поясните сущность и особенности методов промышленного проектирования АСОИУ.
9. Дайте сравнительный анализ основных программных продуктов, поддерживающих технологию CASE-проектирования.
10. Перечислите и прокомментируйте основные критерии выбора CASE-средств.
11. Перечислите и прокомментируйте эффективность использования (внедрения) CASE-технологии в практике проектирования АСОИУ.
12. Перечислите основные цели создания механизмов защиты ИС и БД.
13. Перечислите и прокомментируйте основные международные стандарты в области защиты информации.
14. Перечислите и прокомментируйте отечественные стандарты в области защиты информации.
15. Перечислите и прокомментируйте отечественные стандарты на проектирование и внедрение АСОИУ.
16. Перечислите и прокомментируйте международные стандарты, регламентирующие жизненный цикл ПС.
17. Раскройте содержание международного стандарта по оценке качества ПС.
18. Раскройте содержание отечественного стандарта по оценке качества ПС.

19. Раскройте содержание показателей качества и функциональной пригодности.
20. Раскройте содержание показателей надежности и применимости.
21. Раскройте содержание показателей «эффективность» и «сопровожаемость».
22. Раскройте содержание показателя «переносимость».
23. Перечислите и прокомментируйте функциональные показатели информации БД.
24. Перечислите и прокомментируйте конструктивные показатели качества БД.
25. Поясните технологию использования стандартов при проектировании АСОИУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов А.П. Компьютерная школа и математическое образование // Программирование. — 1990. — № 1.
2. Азаров С.С., Стогний А.А. Существует ли наука «информатика»? // УСИМ. — 1993. — № 4.
3. Концепция формирования и развития единого информационного пространства России. — М.: НТЦ «Информрегистр», 1996.
4. Национальный доклад «Автоматизированные информационные ресурсы России: состояние и тенденции развития». — М.: Комитет по политике информатизации при Президенте РФ, 1996.
5. Роберт М. Фалмер. Энциклопедия современного управления. — М.: ВИПКэнерго, 1992. — Т. 1–5.
6. Глущенко В.В., Глущенко И.И. Исследование систем управления. — Железногорск М.О.: ООО НПЦ «Крылья», 2000.
7. Перегудов Ф.И., Тарасенко В.Ф. Основы системного анализа: Учеб. пособие для студентов вузов. — Томск: Изд-во НТЛ, 1997.
8. Федулов Ю.Г. Основы автоматизированного организационного управления. — М.: Изд-во РАГС, 1997.
9. Гончаров В.В. Руководство для высшего управленческого персонала. — М.: МНИИПУ, 1996. — Т. 1–2.
10. Краснова В., Матвеева А., Привалов А. и др. Семь нот менеджмента. — М.: «ДедалАрт», 1996.
11. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование. — М.: Наука, 1984.
12. Острейковский В.А. Теория систем. — М.: Высшая школа, 1997.
13. Ян С. Системное управление организацией. — М.: Сов. радио, 1972.
14. Джонс Ж.К. Методы проектирования. — М.: Мир, 1986.
15. Оптнер С.Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. — М.: Сов. радио, 1969.
16. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем. — М.: Мир, 1978.
17. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений. — М.: Экономика, 1984.
18. Герчикова И.Н. Менеджмент: Учебное пособие. — М.: ЮНИТИ, 1995.
19. Марка Д.А., Макгоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования SADT. — М.: Метатехнология, 1993.
20. Методология IDEF0. Стандарт. Русская версия. — М.: Метатехнология, 1993.
21. Калянов Г.Н. Консалтинг при автоматизации предприятий: методы, подходы, средства. — М.: Синтег, 1997.
22. Бусленко Н.П., Калашников В.В. Лекции по теории сложных систем. — М.: Сов. радио, 1973.
23. Информационные технологии в управлении и принятии решений / Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Герасименко В.В., Тарасенко В.Ф. — Томск: Изд-во ТГУ, 1997.

24. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки. — М.: Наука, 1973.
25. Лопухин М.М. Паттерн — метод планирования и прогнозирования научных работ. — М.: Советское радио, 1971.
26. Еремеев А.П. О корректности модели представления знаний для экспертной системы поддержки принятия решений // Техническая кибернетика. — 1993. — № 5. — С. 45–53.
27. Ехлаков Ю.П., Тарасенко В.Ф. Моделирование организационного регламента с использованием сетей Петри // Кибернетика и вуз. Выпуск 26. — Томск: ТПИ, 1991. — С. 87–98.
28. Логистика: Учеб. Пособие / Под ред. Б.А. Аникина. — М.: ИНФРА-М, 1997.
29. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. — 2-е изд. — М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1999.
30. Михайлова О.И. Введение в логистику: Учебно-методическое пособие. — М.: Издательский Дом «Дашков и К^о», 1999.
31. Основы логистики: Учебное пособие / Под ред. Л.Б. Миротина и В.Д. Сергеева. — М.: ИНФРА-М, 1999.
32. Айвазян С.А., Бемаева З.И. Классификация многомерных наблюдений. — М.: Статистика, 1974.
33. Кейн Э. Экономическая статистика и эконометрия. Вып. 1, 2. — М.: Статистика, 1977.
34. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. — М.: Статистика, 1977.
35. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. — М., Статистика, 1979.
36. Курс экономической теории / Под общей ред. Чепуриной М.Н., Киселевой Е.А. — Киров: Изд-во «АСА», 1997.
37. Математические методы в планировании отраслей и предприятий / Под ред. И.Г. Попова. — М.: Экономика, 1981.
38. Португал В.М., Семенов А.И. Модели планирования на предприятии. — М.: Наука, 1978.
39. Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний. — М.: Наука, 1975.
40. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний. — М.: Наука, 1975.
41. Семенов А.И., Португалл В.М. Задачи теории расписаний в календарном планировании мелкосерийного производства. — М.: Наука, 1972.
42. Зуховитский С.И., Радчик И.А. Математические методы сетевого планирования. — М.: Наука, 1965.
43. Мамеконов А.Г. Проектирование АСУ. — М.: Высш. шк., 1987.
44. Модин А.А., Яковенко Е.Г. и др. Справочник проектировщика АСУП. — М.: Экономика, 1974.
45. Автоматизированные системы управления предприятием / Под ред. С.Г. Пуртова. — М.: Высш. шк., 1980.

46. Балагин В.В. Теоретические основы автоматизированного управления. — Минск: Высшая школа, 1991.
47. АСУ на промышленном предприятии: методы создания: Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1989.
48. Бункин В.А., Колев Д.В. и др. Справочник по оптимизации задач в АСУ. — Л.: Машиностроение, 1984.
49. Общеотраслевые руководящие методические материалы (ОРММ) по созданию организационно-технических АСУ. — М.: Статистика, 1980.
50. Шихаев К.Н., Пантелеев В.Н. Процессы интеграции в АСУ. — М.: Финансы и статистика, 1982.
51. Александров В.В., Чернышева Л.В. Тенденции развития информационных систем, баз знаний, экспертных систем // УСИМ. — 1985. — № 6.
52. Иоффин А.И. Системы поддержки принятия решений // Мир ПК. — 1993. — № 5. — С. 47–55.
53. Лескин А.А., Мальцев В.Н. Системы поддержки управленческих и проектных решений. — Л.: Машиностроение, 1990.
54. Перегудов Ф.И., Тарасенко В.П., Ехлаков Ю.П. Информационные системы для руководителей. — М.: Финансы и статистика, 1989.
55. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. — М.: Наука, 1982.
56. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем. — М.: Изд-во «Синтег», 1999.
57. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса. — М.: Финансы и статистика, 1997.
58. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные средства проектирования информационных систем. — М.: Финансы и статистика, 1998.
59. Рихтер Р.Д. Подготовка документации на ПС в соответствии с требованиями ГОСТ / Семинар для технических писателей (09.02.2001 г.). — <http://www.philosoft.ru/090201.htm>.
60. Фалько А.В. Требования стандартов ISO к документированию ПО (ISO 9294, 12207, 15504, 9000-3) / Семинар для технических писателей (18.05.2001 г.). — <http://www.philosoft.ru/090201.htm>.