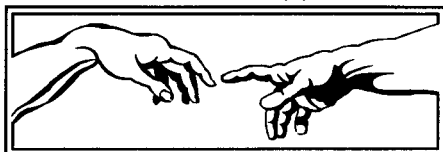


СЕКРЕТЫ МЕНЕДЖМЕНТА



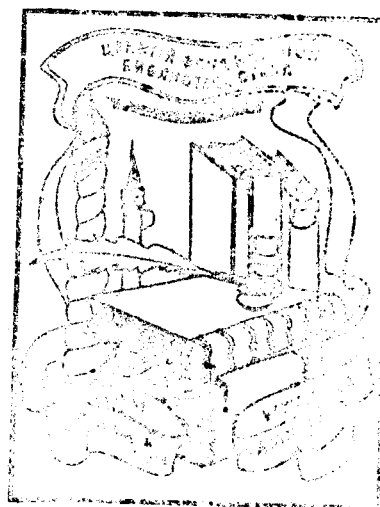
серия основана в 2000 г.

---

# АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

---

Москва  
ИНФРА-М  
2000



**УДК 658.5**  
**ББК 65.209**  
**А 18**

**Авторы:** Баронов В.В.  
Калянов Г.Н., д-р техн. наук  
Попов Ю.И., канд. экон. наук  
Рыбников А.И., канд. экон. наук  
Титовский И.Н., канд. техн. наук

**А 18** **Автоматизация управления предприятием/Баронов В.В.**  
**и др. — М.: ИНФРА-М, 2000. — 239 с. — (Серия «Секреты**  
**менеджмента»).**

ISBN 5-16-000133-6

В книге анализируются вопросы создания систем автоматизации управления предприятиями. Рассмотрены модели предприятий, описаны жизненные циклы систем, основные подходы к планированию и управлению процессом автоматизации предприятия, особое внимание уделено выбору системы. В книге изложены современные подходы к построению систем управления предприятием, получившие в последнее время широкое распространение (концепции MRP, MRPII, ERP и APS), и основные экономико-математические методы, которые применяются в этих системах.

Также приведен краткий обзор систем управления предприятием, присутствующих на российском рынке, при этом основное внимание уделено зарубежным системам.

Книга рекомендуется руководителям предприятий, сотрудникам отделов автоматизации, студентам вузов, а также всем, кто работает или собирается работать в области информационных технологий.

**ББК 65.209**

ISBN 5-16-000133-6

© Компания АйТи, 2000

# Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>Основные понятия автоматизации управления .....</b>	<b>9</b>
<b>Краткий обзор литературы .....</b>	<b>11</b>
<b>Методы управления предприятиями .....</b>	<b>16</b>
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ .....	16
МЕТОДЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АСУП .....	20
ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА .....	24
ТИПЫ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	27
МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	30
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ .....	31
<b>Жизненный цикл системы .....</b>	<b>80</b>
МОДЕЛИ ЖЦ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ .....	80
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ .....	81
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ .....	97
ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....	99
РЕАЛИЗАЦИЯ (ПРОГРАММИРОВАНИЕ/АДАПТАЦИЯ) .....	109
ТЕСТИРОВАНИЕ И ОТЛАДКА .....	110
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОТЛАДКИ .....	113
ЭКСПЛУАТАЦИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЕ .....	117
CASE-ТЕХНОЛОГИИ — ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПОДДЕРЖКИ ЖЦ .....	118
<b>Подходы к автоматизации управления предприятием .....</b>	<b>125</b>
КУСОЧНАЯ (ХАОТИЧНАЯ) АВТОМАТИЗАЦИЯ .....	125
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПО УЧАСТКАМ .....	125
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ .....	126
ПОЛНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ .....	127
<b>Управление процессом автоматизации .....</b>	<b>135</b>
ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗАЦИИ .....	135
СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПЛАН (СТРАТЕГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ) .....	136

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	141
ОПЕРАТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ .....	152
<b>Классификация систем автоматизации управления предприятием .....</b>	<b>154</b>
ЗАКАЗНЫЕ/УНИКАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ .....	154
АДАПТИРУЕМЫЕ СИСТЕМЫ .....	154
СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К КЛАССИФИКАЦИИ ПРИКЛАДНЫХ СИСТЕМ .....	158
ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ, ПРИСУТСТВУЮЩИХ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ .....	162
<b>Выбор системы .....</b>	<b>166</b>
ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ВЫБОРА СИСТЕМЫ .....	166
РИСКИ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ .....	175
НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СИСТЕМЫ .....	184
<b>Управление процессом внедрения и эксплуатации .....</b>	<b>189</b>
ТИПОВОЙ ПЛАН ВНЕДРЕНИЯ .....	189
СОПРОВОЖДЕНИЕ И ДОРАБОТКА СИСТЕМЫ .....	196
<b>Приложение 1. Термины и понятия (гlossарий) .....</b>	<b>198</b>
<b>Приложение 2. Системы автоматизации управления предприятием .....</b>	<b>205</b>
R/3 ОТ SAP AG .....	206
ORACLE APPLICATIONS ОТ ORACLE .....	210
BAAN IV ОТ BAAN .....	212
СИСТЕМА RENAISSANCE CS КОМПАНИИ ROSS SYSTEMS .....	217
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БОСС КОМПАНИИ АЙТИ .....	223
<b>Список литературы .....</b>	<b>232</b>



## ВВЕДЕНИЕ

---

В настоящей книге рассмотрен ряд вопросов, связанных с автоматизацией управления предприятием. Основное внимание уделено созданию систем, с помощью которых автоматизируются такие процессы, как управление финансами, закупками и т. д., а также различным аспектам автоматизации: созданию моделей предприятий, описанию жизненного цикла систем, планированию и управлению процессом автоматизации управления предприятием, проблемам выбора системы. В книге изложены также современные подходы к построению систем управления предприятием, получивших в последнее время широкое распространение, а именно концепции **MRP**, **MRPII**, **ERP** и **APS**, а также основные экономико-математические методы, которые применяются в этих системах.

Алгоритмизация процессов управления предприятием является чрезвычайно сложной задачей, и ее решение наталкивается на следующие проблемы:

- какие параметры, характеризующие состояние предприятия, надо измерять (учитывать);
- какой набор иерархических моделей наилучшим образом подходит для решения задач планирования и управления;
- для каких целей и каким образом наиболее эффективно можно применить экономико-математические методы;
- как использовать методы управления проектами.

Именно с целью оптимизации управления производством и возможного решения указанных выше проблем в середине 60-х годов Американское общество управления производством и запасами (**APICS**) сформулировало ряд принципов, по которым предлагалось строить как модели предприятия, так и основные производственные процессы на них. Впервые эти принципы были применены для решения задач управления материальными запасами предприятия и получили название концепции **MRP** (**M**aterial **R**equirements **P**lanning — планирование материальных ресурсов), основные положения которой перечислены ниже:

- Модель производственного процесса описывается как поток взаимосвязанных заказов.
- При выполнении заказов учитываются ограничения ресурсов.
- Обеспечивается минимизация производственных циклов и запасов.
- Заказы снабжения и производства формируются на основе заказов реализации и производственных графиков.

- Движение заказов увязывается с экономическими показателями.
- Выполнение заказа завершается к тому моменту, когда он необходим.

В дальнейшем, по мере применения этого подхода к другим процессам или видам деятельности, появились концепции MRPII, ERP и т. д.

Методы или подходы MRP, MRPII и ERP — это формализованная совокупность понятий и процессов, с помощью которой можно описать работу предприятия. Они имеют сугубо конструктивный характер, т. е. их можно воспринимать как набор инструкций (алгоритм): сделай это так, передай данные или материалы в таком-то виде туда, сделай запись о выполненных операциях там-то. Они интуитивно понятны любому управляющему или менеджеру. Их основная ценность заключается в следующем:

- они появились в результате анализа деятельности реально работающих предприятий;
- их развитие происходило эволюционно, очередная концепция поглощала предыдущую;
- они доказали свою эффективность;
- они охватывают всю деятельность предприятия в целом.

Концепции MRP, MRPII и ERP оказались чрезвычайно эффективными и удобными. Их направленность на решение практических проблем, связанных с деятельностью предприятий, и решение проблем управления привела к тому, что все ведущие производители систем управления предприятием стали активно их использовать. Причем для характеристики степени охвата направлений деятельности предприятия в практику вошли термины: система класса MRP или ERP, или коротко MRP- или ERP-система. Несмотря на широкое использование, рекомендации MRP — ERP по организации производственных процессов и управления ими не являются стандартом в каком-либо смысле в настоящее время: международным, национальным или какой-либо ассоциации. Они по-прежнему остаются рекомендациями APICS, в отличие от стандартов ISO серии 9000: 9000—9004, которые устанавливают требования по созданию программ управления качеством в промышленности и в сфере обслуживания (хотя внедрение некоторых АСУП класса MRP-APS позволяет предприятиям получать сертификат ISO).

В настоящей книге приведен краткий обзор систем управления предприятием, присутствующих на российском рынке, при этом основное внимание уделено зарубежным системам. Из отечественных систем в обзор вошла только система БОСС-КОРПОРАЦИЯ® производства компании АйТи. Все вопросы, касающиеся создания самих систем, выбора инструментальных средств, проектирования,

технологии программирования, в книге практически не освещаются, так как в настоящее время по данным вопросам существует обширная литература. Также не рассмотрены вопросы выбора аппаратных средств, которые используются в системах автоматизированного управления: серверы, рабочие станции, средства телекоммуникаций.

Автоматизация управления предприятиями на основе экономико-математических методов, средств вычислительной техники и информационных технологий является неотъемлемой частью процесса совершенствования деятельности практически всех предприятий. В последнее время наметился качественно новый этап, который характеризуется стремлением к созданию интегрированных автоматизированных систем, объединяющих все задачи управления. Этому способствуют распределенные вычислительные системы и сети, средства ведения баз данных, средства проектирования и внедрения функциональных подсистем. Многие из новых информационных технологий, разработанные крупнейшими зарубежными фирмами, представлены сегодня на российском рынке.

Внедрение интегрированной автоматизированной системы для любого предприятия является одной из наиболее трудоемких и дорогостоящих программ развития.

В этих условиях чрезвычайно велика роль руководителей предприятий, принимающих решения стратегического характера в области компьютеризации. Главное — выработка стратегии развития автоматизации, которая гарантировала бы достижение целей предприятия. Эта стратегия должна базироваться на достигнутом уровне автоматизации управления, опыте разработчиков, особенностях организации производства, финансовых и кадровых возможностях предприятия, мировых тенденциях. Наиболее важной составляющей этой стратегии является в ряде случаев обоснование и принятие решений по выбору системы автоматизации, имеющейся на российском рынке. Поэтому необходимо, чтобы руководители предприятий были знакомы с концепциями современных информационных технологий, способами их проектирования и внедрения. Именно это явилось главной целью при написании книги, поскольку систематизированное изложение многих важных вопросов в отечественной литературе практически отсутствует. Авторы стремились решить следующие задачи:

- выявить тенденции развития информационных технологий в России и за рубежом;
- дать описание основных подходов к автоматизации управления;
- выявить возникающие проблемы и дать рекомендации по способам их преодоления.

При подготовке книги авторы обращались к отечественным и зарубежным публикациям, статьям в периодической научной печати и в Internet. Все основные источники упомянуты в обзоре и включены в список литературы. Кроме того, встречи, обсуждения и совместная работа с отечественными и зарубежными специалистами в немалой степени способствовали написанию этой книги.

Авторы надеются, что книга будет полезна для руководителей предприятий, сотрудников отделов информационных технологий и вычислительных центров.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

---

**Автоматизированная система управления предприятием (АСУП)** — это система управления, построенная на основе применения средств вычислительной техники, экономико-математических методов и информационных технологий. Автоматизация управления направлена прежде всего на интеграцию, которая в современных производственных системах является одним из наиболее важных свойств.

АСУП состоит, в свою очередь, из **подсистем**. Цель разбиения АСУП на подсистемы — выделение крупных неоднородных элементов для упрощения процессов проектирования, внедрения и эксплуатации АСУП. Все подсистемы принято делить на две группы — **функциональные** и **обеспечивающие** подсистемы.

**Функциональные** подсистемы выделяются в соответствии с управленческими функциями, осуществляемыми на предприятии. В АСУ промышленным предприятием входят следующие подсистемы: управление технической подготовкой производства, основным производством, вспомогательным производством, материально-техническим снабжением, технико-экономическим планированием производства, бухгалтерским учетом, сбытом, кадрами, качеством выпускаемой продукции и услуг, финансами.

**Обеспечивающие** подсистемы предназначены для обеспечения решения комплекса задач функциональных подсистем. В состав обеспечивающих входят подсистемы технического, информационного, математического, программного и организационного обеспечения.

Подсистема **технического обеспечения** представляет собой комплекс технических средств, в который входят средства вычислительной техники, оборудование для организации локальных сетей и подключения к глобальным сетям, устройства регистрации, накопления и отображения информации.

Подсистема **информационного обеспечения** включает в свой состав внешнее информационное обеспечение в виде входных и выходных документов (в том числе и в электронном виде), используемых при решении функциональных задач, и внутреннее, ориентированное на организацию базы данных предприятия.

Подсистема **математического обеспечения** включает математические методы, модели, алгоритмы, используемые при решении задач управления.

Подсистема **программного обеспечения** включает системное программное обеспечение, прикладные программы для решения задач управления, а также другие программы, используемые на предприятии.

**Организационное обеспечение** состоит из набора правил, инструкций, положений и других документов, регламентирующих функционирование АСУП.

Проектирование, внедрение и эксплуатация АСУП на предприятии ведутся с помощью инструментальных программных средств. Современные инструментальные программные средства являются сложными многофункциональными системами. Они содержат в своем составе пакеты прикладных программ для решения задач управления, средства комплексирования задач в требуемые конфигурации, средства сопряжения АСУП с другими системами, например с САПР, и многое другое. Такие системы можно назвать **базовыми**. Следует подчеркнуть, что базовая система является средством создания АСУП, но не является законченной АСУП или ее фрагментом. Она позволяет в конечном итоге создавать для предприятия гибкую модифицируемую АСУП, в которой сочетаются типовые подходы к решению задач управления и специфические особенности предприятия.

Базовые системы обычно ориентированы на определенный класс предприятий. Структуры и составы базовых систем отличаются друг от друга и от требуемой функциональной структуры АСУП на предприятии. Эти отличия накладывают серьезный отпечаток на выбор базовой системы и процесс проектирования АСУП.

## **КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

---

Проблемам построения систем управления, их проектирования и внедрения посвящена обширная литература. Впервые математическая модель оптимизации планирования была предложена Л. В. Канторовичем [1]. Дальнейшее развитие этого подхода нашло свое отражение в построении теоретических основ оптимизации управления предприятиями, относящимися к различным отраслям [2]. Методы оптимизации базировались на линейном программировании и дискретном программировании. Многие отечественные исследования в этой области берут свое начало от работ Д. Б. Юдина и Е. Г. Гольштейна [3], А. А. Корбута и Ю. Ф. Финкельштейна [4]. Прикладным математическим методам и алгоритмам оптимизации и моделирования для широкого класса систем, в том числе АСУП, посвящены работы Е. С. Вентцель [5].

Проектирование АСУП представляет собой сложный процесс синтеза функциональных и обеспечивающих подсистем. Многое из того, что существует сегодня в реальных АСУП предприятиями, было заложено в работах В. М. Глушкова [6], О. В. Козловой и В. И. Дудорина [7], С. А. Думлера [8], в работах по типизации проектных решений [9]. Развитие идей в области проектирования АСУП и обобщение отечественного опыта можно найти в публикациях [10-14].

Вопросы оптимизации планирования предприятия на всех уровнях с учетом привязки процесса управления производства к управлению технической подготовкой и управлению проектами рассматривались М. Г. Завельским [15] и А. А. Первозванским [16]. Исследование возможностей статистического подхода к анализу и синтезу системы управления предприятием выполнено Д. И. Голенко [17]. Многие положения этих работ не утратили своего значения и сегодня. В потоке публикаций по АСУП значительное место занимают работы, посвященные вопросам оперативного управления. Задачи построения расписаний работ в мелкосерийном и индивидуальном производстве исследовались В. В. Шкурбой из Института кибернетики (г. Киев) [18]. Построению организационных структур для оперативного управления производством посвящена работа В. М. Португала, А. И. Семенова, В. К. Куликова [19]; Н. А. Соломатин и его коллеги выполнили исследования по автоматизации и имитационному моделированию в системах оперативного управления [20]. Вопросам автоматизации управления групповыми поточными линиями посвящены работы Ф. И. Парамонова [21-22]. Дальнейшее развитие идей и

методов, разработанных Ф. И. Парамоновым и возглавляемой им школой, связано с гибкими производственными системами.

Для нашего потенциального читателя большой интерес представит переводная литература. В книге Р. Беллмана [23] даны обоснование и анализ метода динамического программирования, который послужил основой для создания формализованного описания ряда моделей управления производством. В работе Дж. Бигеля [24] описаны задачи управления предприятиями для систем, структура которых близка к MRP и MRPII. Книга Ст. Бира [25] посвящена методологическим основам организации управления предприятиями с позиций кибернетики. Она содержит ряд фундаментальных идей, таких, как иерархия моделей, аналогия в поведении предприятий и живых организмов и ряд других. Заметным явлением стали книги по исследованию операций Г. Вагнера [26] и Х. Тахи [27], по теории расписаний — Р. Конвея, В. Максвелла, Л. Миллера [28], сборник статей [29]. Перечисленные и многие другие работы являются настоящими книгами нескольких поколений российских исследователей и разработчиков АСУП.

Зарубежный опыт создания систем управления типа Just-in-Time описан в [30-31]. Интеграция в управлении производственными системами и предприятиями в целом порождает ряд вопросов, требующих научной проработки, среди них — применение в управлении систем искусственного интеллекта [32]. Становится ясно, что при создании интегрированных систем управления отечественными предприятиями наибольшие трудности связаны с адаптацией базовых систем к условиям предприятия [33]. Одно из направлений интеграции — создание логистических цепочек. Поэтому вполне правомерно, что в ряде работ по логистике системы MRPII рассматриваются как элемент логистических цепочек [34].

В последние годы возрос интерес к проблеме внедрения систем MRPII/ERP на российских предприятиях. Появились и работы на эту тему в виде журнальных публикаций и статей в Internet. Сведения об организации APICS содержатся в [35-36]. Роль этой организации, объединяющей специалистов по управлению предприятиями, исключительно важна для выработки стратегии развития систем MRPII/ERP. Общие вопросы внедрения ERP обсуждаются в [37-39]. Особое внимание уделяется специфике внедрения систем ERP в России. Систематизированное изложение концепции ERP можно найти в статьях Д. Л. Казанского [40-42]. Динамическому моделированию предприятия как методу проектирования и внедрения АСУП на основе базовой системы посвящена публикация [43].

За рубежом опубликовано значительное количество работ по самым различным вопросам автоматизации управления предприятием. На работы в этой области большое влияние оказали подходы,



свойственные исследованию операций [44]. Тесная связь организации и управления предприятиями с исследованием операций показана в [45].

В потоке работ можно выделить ряд направлений, которые привели к созданию модулей современных базовых систем.

Теоретическому обоснованию применения прогнозирования, разработке методов прогнозирования и анализу тесной связи прогнозирования и планирования на предприятии посвящены работы [46-49]. Подходы к решению задач планирования на самом верхнем стратегическом уровне управления предприятием обсуждались в [50]. Важное место в исследованиях систем MRPII/ERP занимают методы и средства реализации модулей планирования верхнего уровня. Ключевыми вопросами являются: процедуры формирования плана, временные характеристики систем планирования, их связь с другими подсистемами, оптимизация планирования, регулирование [51-55].

Управление запасами на основе независимого спроса является составной частью всех производственных систем. Основные модели и методы решения задач управления запасами описаны в [56-58]. Ядро всех систем MRPII/ERP — это планирование потребностей в материальных, производственных и других ресурсах. Усилия многих исследователей были направлены на формирование структур для решения этих задач сначала в MRP, а затем в MRPII/ERP и разработку методов управления, в частности на решение задачи оптимизации размера партий. Были предложены алгоритмы, которые позволяли получать рациональные решения. Эти вопросы нашли освещение в работах [59-61]. Решение задач типа MRP легло в основу первых серьезных программных систем, которые во многом определили направление развития функциональностей базовых систем [62-63]. Оперативному управлению производством посвящена значительная библиография, которая ведет свое начало от работ по оптимизации расписаний [64-66]. В оперативном управлении находит применение такой метод, как управление «запуском-выпуском» [67], повышающий надежность выполнения планов и способствующий устранению причин сбоев производства. Большое развитие получило поточное производство типа Just-in-Time, и его разновидность Kanban. Основные проблемы этого вида производства — организация взаимодействия с внешней средой и управление в реальном времени [68]. Опыт создания подобных систем в Японии и Германии нашел отражение в ряде работ [69-71].

Концепции, алгоритмы и программное обеспечение для управления проектами, в том числе и в системах типа ERP, описаны в ряде работ [72-75]. Их тематика охватывает методы СПУ, ПЕРТ, планирование в условиях ограничений, решение сетевыми методами задач управления предприятиями.

Роль носителей общественного стандарта в области MRPII/ERP принадлежит ряду изданий APICS, в том числе периодически издаваемому словарю [76] и библиографическим сборникам [77]. В Internet существует библиотека статей издания APICS — The Performance Advantage. Здесь находятся сотни статей практически по всем вопросам, относящимся к системам MRP, MRPII, ERP и их разновидностям. Анализ ряда работ из данного источника ясно показывает — процесс развития этих систем не был ровным и однозначным, но они доказали свое право на существование и в значительной степени способствовали повышению эффективности производства за рубежом. В последние годы отмечается рост количества работ по таким вопросам, как интеграция в рамках предприятия и между предприятиями. Последнее направление получило название «логистических» или «производственных» цепочек (Supply Chain).

Работы по моделированию дискретных систем на основе сетей Петри [78-79] привели к созданию методологии динамического моделирования систем управления предприятием.

Среди учебной литературы можно выделить книгу Gaither N. [80], в которой описываются все основные типы систем управления предприятиями, а также модели и методы решения задач управления.

Общие вопросы разработки сложных программных комплексов освещаются в работах [81-83].

Из публикаций отечественных авторов выделяется цикл работ В.В. Липаева, в совокупности описывающих весь спектр проблем разработки программного обеспечения. Ссылки на эти работы можно найти в опубликованных в последние годы книгах [84-87], посвященных ключевым проблемам управления разработкой, обеспечения качества и надежности, достижения корректности, стандартизации.

В последние годы важную роль при автоматизации управления предприятием играют методы структурного и объектно-ориентированного системного анализа и поддерживающие их CASE-средства, предназначенные для решения комплексов задач по реорганизации деятельности, а также по автоматизации наиболее трудоемких этапов анализа требований и системного проектирования. Детальное описание наиболее популярных структурных методологий приводится в [88-96].

Объектно ориентированным методам посвящены работы [97-102].

Проблематика CASE-систем подробно описывается в [103-107].

Среди работ отечественных авторов, посвященных CASE-технологиям и связанным с ними методам анализа и проектирования, можно привести [108-110]. Все эти работы используются в качестве учебных пособий по соответствующим дисциплинам в ряде вузов России и стран СНГ.

В последние годы все больший интерес вызывают проблемы реорганизации деятельности предприятий. При этом наиболее популярными методологиями реорганизации являются BPR [111-115], BSP [116], CPI/TQM [117] и CMM [118].

Наконец, работа [119] посвящена консалтинговому подходу к автоматизации предприятий и включает обзор методологической и инструментальной базы, применяемой на этапах реорганизации деятельности предприятия, при анализе требований и проектировании системы его автоматизации.

Безусловно, за рамками краткого обзора осталось большое количество публикаций. Много полезной информации по рассматриваемой проблематике содержится в документации на системы, в справочных и учебных пособиях фирм—производителей базовых систем ERP и CASE-средств.

# МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

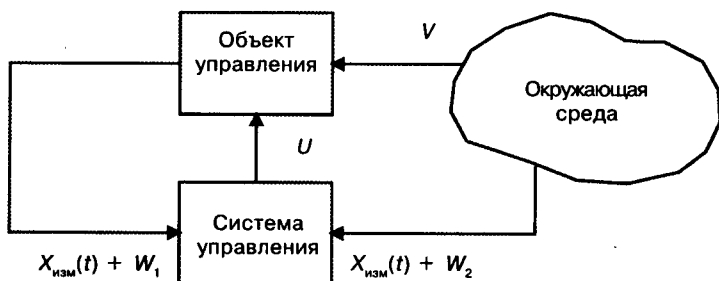
## Основные понятия теории управления

Используя кибернетический подход, в самом общем виде процесс управления предприятием может быть проиллюстрирован с помощью схемы, приведенной на рис. 1.

Применительно к промышленному предприятию кибернетический подход предполагает, что при управлении предприятием должны использоваться следующие принципы:

- управление предприятием рассматривается в рамках системы, включающей в себя помимо предприятия и внешнюю среду;
- цель управления формулируется в количественных терминах;
- действующие в системе механизмы связи и управления анализируются с учетом как детерминированности, так и стохастических изменений.

Управление предприятием всегда подчинено некоторой цели, поэтому всегда можно говорить об управлении, оптимальном в известном смысле, например цель: максимизация прибыли за задан-



**Рис. 1**

Здесь  $t$  — время,  $X_{изм}(t)$  — вектор измеряемых параметров, характеризующих состояние управляемого объекта (измеряемая часть вектора фазовых координат),  $Z_{изм}(t)$  — вектор измеряемых параметров, характеризующих состояние окружающей среды,  $U$  — управляющее воздействие,  $V$  — воздействие окружающей среды,  $W$  — информационные возмущения. В общем случае  $U$ ,  $V$ ,  $W$  могут зависеть от  $X$  и  $t$ .

ный период времени, снижение издержек производства и т. д. Казалось бы, что наиболее простой ответ на вопрос, как построить управление предприятием, может быть получен с помощью теории оптимального управления. Однако на практике ряд факторов не позволяет использовать этот подход в чистом виде. Применение теории оптимального управления подразумевает наличие следующих элементов:

- динамическая модель предприятия;
- модель системы управления;
- критерий оптимальности;
- модель внешних воздействий на предприятие и информационных возмущений (внешних возмущений и шумов).

К сожалению, создать математические модели, охватывающие все эти компоненты, на практике невозможно. Даже упрощенные модели оказываются такой размерности, что ни один из известных методов построения оптимального управления не может быть реализован для определения управляющих воздействий.

Для получения предсказуемых результатов управления сложными объектами и накопления полезных, полученных опытным путем знаний применяется ряд упрощений, которые могут быть формализованы в рамках теории управления. Эти упрощения касаются как процесса выработки управляющих воздействий, так и моделей предприятия и внешних воздействий и информационных возмущений.

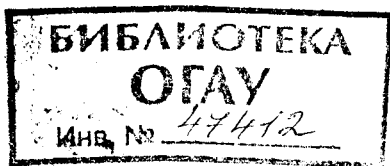
Управление представляют две составляющие:

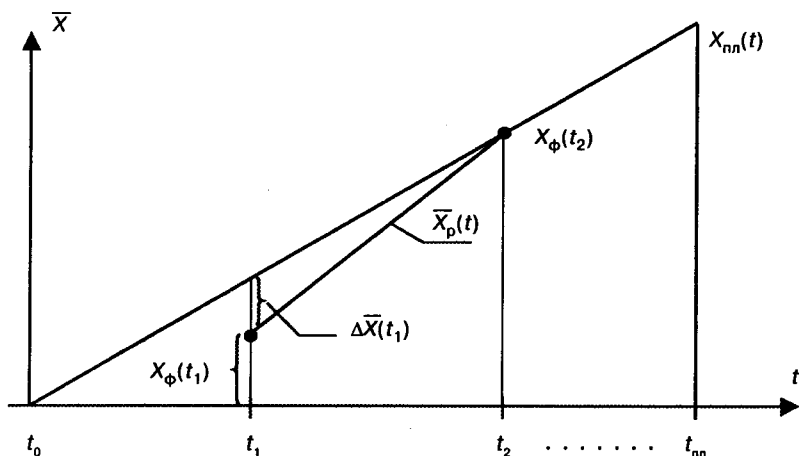
- программные управляющие воздействия, зависящие только от времени;
- корректирующие управляющие воздействия, формируемые по принципу обратной связи, т. е. зависящие от рассогласований между текущими значениями контролируемых параметров и прогнозируемыми программными.

Поведение контролируемых параметров деятельности изображено на рис. 2.

Методы формирования программной составляющей управляющих воздействий и прогнозирования поведения предприятия при реализации этих воздействий в экономике и в области управления предприятием дали начало развитию такого направления, как методы планирования. Дополнение методов планирования способами периодического формирования корректирующих составляющих управляющих воздействий легло в основу направления — управление проектами.

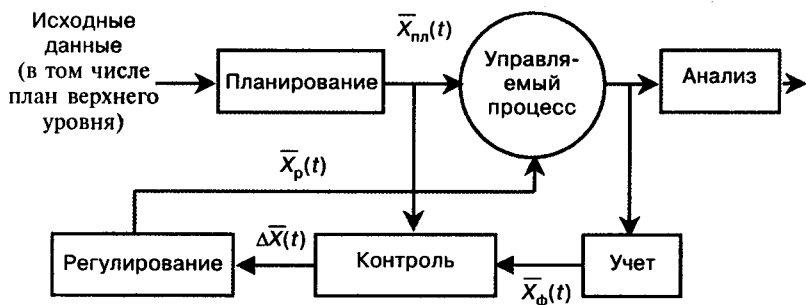
После введения этих упрощений процесс управления предприятием можно представить в виде, изображенном на рис. 3.





**Рис. 2**

Здесь  $t$  — время;  $X_{пл}(t)$  — программное, планируемое значение параметра;  $X_{\phi}(t)$  — фактическое значение параметра.



**Рис. 3**

Планирование заключается в выработке плановой «траектории» процесса  $X(t)$  на период планирования  $\{t_0, t_{пл}\}$ . Учет, т. е. измерение, в производственных системах состоит в определении в заданные моменты времени истинного состояния процесса  $X_{\phi}(t)$ . Контроль позволяет определить отклонение  $X_{\phi}(t)$  от  $X_{пл}(t)$ , а регулирование состоит в определении скорректированного плана  $X_p(t)$ , т. е. по существу является решением задачи планирования при новых начальных условиях.

Схема управления, показанная на рис. 2 и рис. 3, является универсальной и применима ко всем процессам производственных системах. Компонентами вектор-функции  $\bar{X}(t)$  могут быть показатели, характеризующие ход производства, состояние доходов, расходов, мощностей, запасов, кадров и т. п.

Для описания процесса управления используются перечисленные далее термины. **Управление предприятием** представляет собой совокупность воздействий, призванных обеспечить эффективное с точки зрения заданных целей протекание производственного процесса.

Реализация процесса управления предприятием происходит в рамках **системы управления предприятием** — структуры, в которой можно выделить **объект управления** и **управляющую часть**. Объектом управления является производственный процесс. В роли управляющей части на предприятии выступают управленческие службы.

Управление предприятием протекает во времени, поэтому его следует рассматривать как **процесс управления**. Структура производственного процесса определяет, в свою очередь, структуру процесса управления. На каждом предприятии можно выделить несколько направлений деятельности (производство, сбыт, снабжение, финансы и т. д.), а в рамках этих направлений — процессы более глубоких уровней, которые также являются объектами управления.

Система управления предприятием — это **система управления организационного типа**. В таких системах велика роль организации, координации и согласования поведения коллективов людей.

Все частные производственные процессы, вплоть до элементарных, представляют собой **управляемые процессы**. Управление каждым процессом осуществляется путем реализации **функций управления** в отдельные дискретные моменты времени. В состав функций управления входят: **Планирование**, **учет**, **контроль**, **регулирование**, **анализ**. **Планирование** — это определение поведения управляемого процесса в будущем в детерминированном виде. **Учет** — определение фактического состояния управляемого процесса в дискретные моменты времени. **Контроль** — это определение отклонений между запланированным и фактическим состоянием управляемого процесса в дискретные моменты времени. **Регулирование** — обеспечение функционирования управляемых процессов в рамках заданных параметров. **Анализ** — это подведение итогов осуществления управляемого процесса за период управления, выявление факторов, повлиявших на степень достижения запланированных результатов. Существует еще одна функция управления — прогнозирование. **Прогнозирование** — это определение на будущее вероятностных характеристик управляемого процесса. В зависимости от целей исследования функция про-

гнозирования рассматривается как самостоятельная или объединяется с планированием.

Дальнейший прогресс в области формализации методов управления предприятием связан:

1) с системным подходом, который подразумевает построение системы моделей. Обычно эти модели имеют иерархическую структуру, отражающую различные качественные особенности поведения такого сложного объекта, как предприятие, например модель процессов, представление предприятия как композиции систем массового обслуживания, моделей данных, используемых на предприятии, и т. д.;

2) с созданием регулярных методов определения управляющих воздействий на основе иерархического принципа декомпозиции и агрегирования задач. Согласно этому принципу результат решения задачи управления верхнего уровня становится исходным условием для решения задачи построения управляющего воздействия задачи нижнего уровня. Причем результат решения задачи нижнего уровня не приводит к ревизии результата решения задачи верхнего уровня.

Применение этих подходов позволило добиться следующих результатов:

- вычленил ряд упрощенных задач, к которым могли быть применены некоторые методы теории оптимального управления, конечных автоматов, планирования операций и т. д.;

- создать эффективные процедуры принятия управленческих решений с использованием эмпирических знаний лиц, принимающих решения (ЛПР);

- использовать эвристические стратегии управления;
- определить принципы формирования организационных структур предприятий.

## **Методы теории управления, используемые в АСУП**

При решении частных задач, связанных с управлением предприятием, широко используются ряд формализованных методов, которые в литературе иногда называются экономико-математическими. Часть из них нашла применение в современных автоматизированных системах управления. Под экономико-математическими методами принято понимать комплекс формализованных математических методов, позволяющих находить оптимальные или близкие к ним решения экономических задач. Постановка задачи должна отражать существующие ограничения экономического характера. Для предприятий эти ограничения вытекают из ограниченности ресур-



сов или из внешних условий, в которых осуществляется их хозяйственная деятельность. Критерий оптимизации формализуется в виде целевой функции. Это выражение, которое, исходя из поставленной задачи, требуется максимизировать или минимизировать.

В роли критериев оптимизации на различных уровнях системы управления предприятием могут выступать, например, объемы продаж, прибыль, суммарное отклонение времени выпуска от требуемых, уровень загрузки оборудования, период планирования работ (месяц, год), суммарные затраты на производство и на незавершенное производство и т. п. Переменными в экономико-математических моделях являются управляемые параметры. При решении задач оптимизации переменными могут быть количество выпускаемых изделий, время запуска/выпуска, размеры партий, уровень запасов, время начала и окончания операций. Еще одной важной особенностью экономико-математических методов является то, что они могут быть мощным инструментом анализа экономической ситуации. С их помощью, например, можно быстро определить, что при заданных ограничениях допустимого решения не существует. Некоторые методы не ограничиваются получением оптимального решения. При сформированном плане они позволяют оценивать чувствительность оптимального плана к изменению внешних условий или внутренних характеристик деятельности предприятия.

Многообразие экономико-математических методов достаточно велико. В основу данного краткого анализа положен характер математического аппарата.

**Линейное программирование** заключается в поиске оптимального решения для линейной целевой функции при линейных ограничениях и ограничениях на неотрицательность переменных.

В терминах линейного программирования может формулироваться широкий круг задач планирования производства, финансовой деятельности, технико-экономического планирования, планирования НИОКР.

Особенность линейного программирования заключается в том, что с его помощью можно не только получить оптимальное решение, но и успешно исследовать чувствительность полученного решения к изменениям исходных данных. Результаты анализа на чувствительность имеют четкую экономическую интерпретацию.

Частным случаем линейного программирования является **транспортная модель**. Она получается естественным образом при формализации задачи планирования перевозок, однако с ее помощью можно решать и другие задачи АСУП (назначение кадров на рабочие места, составление сменных графиков и др.). Специфическая структура ограничений задачи позволила разработать эффективные методы решения.

Важное место в АСУП принадлежит методам **дискретного программирования**, которые ориентированы на решение задач оптимизации с целочисленными (частично или полностью) переменными. Требование целочисленности во многих задачах управления производством выступает на первый план, если речь идет, например, об определении оптимальной программы выпуска изделий, число которых должно быть целым. Частным случаем задач дискретного программирования являются задачи с булевыми переменными (0 или 1), т. е. задачи выбора одного из двух вариантов решений для каждого объекта (число объектов может быть велико). В качестве примера можно указать задачи размещения оборудования, формирования портфеля заказов и т. п.

Для решения задач дискретного программирования разработаны различные алгоритмы, в том числе комбинаторные и случайного поиска.

Модели **стохастического программирования** описывают ситуации, в которых элементы модели являются случайными величинами с известными функциями распределения. Для задач линейного программирования подход к решению заключается в сведении исходной задачи к детерминированному виду.

**Сетевые модели и методы** применяются там, где есть возможность четко структурировать управляемый процесс в виде графа, описывающего взаимосвязи работ, ресурсов, временных затрат и т. п. Разработан ряд методов решения задач на сетевых моделях по определению критического пути, распределению ресурсов.

**Динамическое программирование** представляет собой многошаговый процесс получения решения оптимальной задачи. Наиболее естественной выглядит формализация динамических задач, однако этот метод успешно может применяться и для статических задач, если удастся разбить решение исходной задачи на этапы. Серьезным ограничением применения метода динамического программирования является размерность задач. Если размерность велика, то необходимо запоминать большой объем промежуточной информации. Практически, решение задач оптимизации возможно для систем, имеющих размерность не выше трех.

**Многокритериальные модели** отражают один из видов неопределенности в задачах поиска оптимальных решений — неопределенность целей. Эти модели и методы чрезвычайно перспективны, поскольку многие задачи планирования в АСУП могут и должны рассматриваться как многокритериальные. Этот подход позволяет оптимизировать получаемые решения по комплексу критериев, отражающих экономический, технологический, социальный, экологический и другие аспекты деятельности предприятий.

**Математическая статистика** в АСУП применяется для решения задач анализа и прогнозирования экономических и социальных процессов на предприятиях, создания и корректировки нормативной базы. Наиболее часто применяются методы: расчета статических характеристик, корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа.

**Теория управления запасами** позволяет определять уровни запасов материалов, полуфабрикатов, производственных мощностей и других ресурсов в зависимости от спроса на них.

**Теория расписаний** представляет собой методологическую основу для решения задач упорядочения последовательности работ. При этом учитываются структура и параметры технологического процесса. Для решения задач, сформулированных в терминах теории расписаний, используют методы моделирования на основе приоритетов.

**Эвристические методы** получили в АСУП достаточно широкое распространение, и дальнейший прогресс в этом направлении связан с разработкой и внедрением **экспертных систем**. Экспертные системы позволяют накапливать базы знаний о производственном процессе, об эффективных управляющих решениях и на этой основе предлагать рациональные решения задач, слабо поддающихся формализации.

Круг экономико-математических моделей и методов чрезвычайно широк. Их применение сдерживается затрудненностью адекватного описания производственного процесса, получения решений в условиях высокой размерности задач, а также отсутствием необходимой для этого случая квалификации управленческого персонала.

Ниже перечислены модели и методы решения частных задач управления предприятиями, включаемые в базовые системы типа ERP:

- для решения задач стратегического планирования применяются модели линейного программирования;
- оперативное планирование построено, как правило, на базе сетевых моделей. В этом случае используются методы расчета критического пути и ПЕРТ;
- для решения задач прогнозирования спроса и других экономических процессов применяются методы регрессионного анализа, анализа временных рядов, процедуры обработки экспертных оценок;
- при решении задач планирования объемов продаж и производства используются методы линейного программирования;
- задача формирования графика выпуска продукции может быть сформулирована как задача минимизации совокупного производственного цикла при ограничениях по мощностям, где в качестве переменных выступают сроки запуска (выпуска). В базовых системах типа ERP имеются процедуры, позволяющие решить эту задачу путем

генерирования, анализа и отсеивания вариантов с одновременным сокращением числа переменных на каждой итерации;

- задача расчета материальных потребностей на обеспечение графика выпуска продукции решается на основе модели разузлования, в ходе которого выполняется обсчет сетевой структуры, описывающей состав изделия.

Оперативное управление производством в ERP базируется на применении приоритетов и эвристических методов для построения расписаний работ.

Нормативная база может формироваться с применением статистических методов.

## **Историческая справка**

Производство товаров и услуг существовало с незапамятных времен. Однако до появления рынков, на которых можно было реализовать потребительские товары, большинство продукции производилось в домашних условиях или небольшими гильдиями мастеров и ремесленников. Выпускаемые товары часто имели уникальный характер и производились для личного потребления. По мере развития технологий произошел переход от натурального хозяйства к специализации труда. Увеличивались рынки, возрастала централизация производства. Появлялись первые заводы, а вместе с ними и первые проблемы управления большим предприятием. Соответственно, росла и роль науки в области управления производством. Общеизвестными историческими событиями, которые привели к современному промышленным технологиям, явились следующие:

**Индустриальная революция** — период великих открытий:

- изобретение Джеймсом Ваттом в 1769 г. парового двигателя, заменившего энергию человека и животных энергией машин;
- открытие и разработка богатых месторождений каменного угля и железной руды;
- описание Адамом Смитом в 1776 г. разделения труда и специализации, являющихся средством повышения эффективности и послуживших толчком к изобретению специализированного оборудования;
- предложение в 1790 г. Эли Уитнеем использования сменных частей, позволившее при производстве стандартной продукции изменять ее по заказам клиентов без участия квалифицированных мастеров.

**Научное управление** — период формализации теории управления:

- выход в свет в 1911 г. книги Фредерика Тейлора «Принципы научного управления», в которой он впервые рассмотрел

научные подходы и принципы построения системы управления;

- изучение элементарных движений и затрачиваемого на них времени рабочих. Наиболее известны здесь труды Френка и Лилиан Гилбрет, которые изменяли рабочие операции так, чтобы устранить непродуктивные движения;
- применение Генри Ганттом диаграмм планирования работ;
- внедрение Генри Фордом сборочной линии, сокращающей время сборки автомобиля во много раз. Сборочные линии (или конвейеры) позволили выпускать большие объемы стандартной продукции — перейти к массовому производству.

### **Роль человеческих отношений в производственном процессе**

- Элтон Мэйо высказал мысль, что на рабочих воздействуют не только требования руководства и материальные стимулы, но и отношение коллег;
- Абрахам Маслоу, Фредерик Херцберг, Дуглас МакГрегор и другие разработали разнообразные теории мотивации и рабочих отношений.

Вторая половина XX века является периодом великих научных достижений:

- в области научного управления — разработка математических методов для решения производственных проблем. Сюда в первую очередь относятся методы линейного программирования и появление цифрового компьютера, использование математического моделирования и теории модели массового обслуживания;
- революция качества, заключающаяся в применении новых методов организации производства, нацеленных на резкое повышение качества продукции. Техническими средствами в данной области, впервые использованными японскими предприятиями, являются мелкосерийное производство, производство «точно-в-срок», а также систем «Всеобщего управления качеством»;
- информационные технологии — интегрированное компьютерное производство, гибкие производственные системы, появление «всемирной паутины» WWW и т. п.;
- тенденция к глобализации — возрастающие масштабы торговли между странами привели к появлению транснациональных компаний и усилению конкурентной борьбы между странами.

Ниже более подробно рассмотрены вопросы применения информационных технологий в управлении предприятием.

В середине 40-х годов в США 50% работающих были заняты в сфере переработки информации, а темпы роста производительности труда в металлообработке в 20 раз превышали аналогичный показатель в обработке информации. Это явилось мощным импульсом к исследованию возможностей ЭВМ по переработке экономической информации, в том числе и в системах управления производством. Некоторые исследователи полагают, что каждое новое поколение автоматизированных систем и информационных технологий повышает производительность труда не менее чем в 1,5 раза.

В 50-х годах началось применение компьютеров в управлении производством. Первый компьютер для этих целей был установлен в 1954 г. в компании General Electric. В этот период компьютеры применяются для снижения стоимости и трудоемкости работ по управлению. К ним относятся расчеты в бухгалтерии, на складах, формирование отчетности. В качестве программного обеспечения используются отдельные программы.

В 60-е годы получают развитие методы, направленные на совершенствование систем принятия решений. К ним относятся методы линейного программирования, теории расписаний, управления проектами. Появились и первые пакеты прикладных программ для управления производством, например PICS — Production and Inventory Control System. Выполнены исследования по разработке архитектуры СУБД — систем управления базами данных и появились первые подобные системы. В целом перечисленные системы и методы применялись редко и локально.

К середине 60-х годов в СССР была создана система экономико-математических исследований. Усилиями исследователей в академических и отраслевых институтах, вузах и на предприятиях были разработаны первые модели внутризаводского планирования.

В 70-е годы программное обеспечение для целей управления использовалось многими предприятиями. Была разработана и воплощена концепция производственных информационных систем. Ее цель — обеспечить управленцев всех уровней необходимой информацией при решении задач управления по наиболее важным направлениям — прогнозирование спроса, снабжение, управление запасами, планирование, оперативное управление. Примером таких систем явились системы типа MRP — Material Requirements Planning (Планирование материальных потребностей). Набирающий силу процесс интеграции функций управления привел к созданию систем типа MRPII — IBM Manufacturing Resource Planning (Планирование производственных ресурсов).

В 80-е годы на первый план выходит проблема создания CIM — Computer Integrated Manufacturing (Компьютерное интегрированное производство). Для систем этого класса характерны следующие признаки. Во-первых, использование для управления производством полнофункциональных систем типа ERP — Enterprise Resource Planning (Планирование ресурсов предприятия). Во-вторых, использование и интеграция с ERP-системами систем типа CAD/CAM — Computer-aided design (Система автоматизации проектирования) /Computer-aided manufacturing (Система автоматизации производства).

В 90-е годы получают развитие системы принятия решений, экспертные системы и системы искусственного интеллекта.

Работы в области совершенствования методов управления и автоматизации проводились и в России (прежде, в СССР). На этом пути был выполнен ряд значительных работ, в том числе фундаментальных.

С середины 70-х до конца 80-х годов развитие АСУП в технологическом плане шло по пути перевода информационного обеспечения из файловых систем в среду различных систем управления базами данных (СУБД), комплексирования технических средств и наращивания их мощности, расширения состава решаемых задач.

Новый этап был связан с появлением ПЭВМ. Главной его особенностью стало приближение вычислений непосредственно к рабочему месту управленца. Новые графические средства и математическое обеспечение позволили сделать качественный скачок в создании дружественного пользовательского интерфейса.

В 90-е годы получил развитие процесс внедрения комплексных решений на основе локальных сетей, мощных СУБД, новых технологий проектирования и разработки.

## Типы предприятий

Основой деятельности любого предприятия является производственный процесс. Под производственным процессом принято понимать совокупность взаимосвязанных трудовых и естественных процессов, в ходе которых ресурсы предприятия (материалы, энергия, оборудование, рабочее время сотрудников, финансы и др.) преобразуются в продукцию предприятия (изделия, услуги).

Структура производственного процесса, особенности его организации обуславливают систему управления предприятием и должны учитываться при создании АСУП. В данном разделе вкратце излагается принятая классификация предприятий.

На самом высоком уровне промышленные предприятия делятся на предприятия с *дискретным* и *непрерывным* характером произ-

водства. К дискретному производству относятся, например, машиностроительные предприятия, а к непрерывному — металлургические, химические и т. п.

Традиционная классификация производства *по типу* основана на таких признаках, как состав номенклатуры, регулярность, стабильность и объем выпуска продукции. Существуют три типа производства: единичное, серийное, массовое.

Для *единичного производства* характерны: широкая номенклатура, нестабильность и нерегулярность выпуска, единичные экземпляры. В единичном производстве применяется универсальное, реже — специализированное оборудование. Операции не закрепляются за рабочими местами. Производственные участки имеют технологическую форму специализации. Основная форма организации процесса изготовления предметов труда — последовательная. Это форма, при которой партия деталей или изделий передается с одного рабочего места на другое без членения на передаточные партии.

Для *серийного производства* характерны ограниченная номенклатура, сравнительно большой выпуск периодически повторяющимися партиями. За одним рабочим местом закреплено несколько операций. Оборудование специализированное, универсальное со специализированной оснасткой. Производственные участки организованы по предметному или технологическому принципу. Форма организации процесса изготовления — параллельная или параллельно-последовательная. При параллельной форме обработанная деталь или передаточная партия передается на следующее рабочее место сразу же по завершении данной операции, не дожидаясь изготовления всей партии. При параллельно-последовательной форме организации производственного процесса обработка партии деталей на каждой операции производится непрерывно с максимально возможной параллельностью на смежных операциях.

Для *массового производства* характерны узкая номенклатура, большой выпуск непрерывно в течение длительного времени. За одним рабочим местом нередко закрепляется одна операция. Оборудование — специализированное, устанавливается по технологическому процессу. Форма организации производственного процесса — параллельная.

Перечисленные признаки не исключают более глубокой классификации структуры производственного процесса, поскольку для моделирования процессов требуется описание особенностей организации до уровня производственного участка. Участки с предметной формой специализации бывают следующих типов: однопредметные поточные линии, многопредметные постоянные поточные линии, многопредметные переменные поточные линии и групповые поточные линии. Групповые поточные линии могут быть одно-



и многогрупповыми. Все предыдущие типы могут работать как непрерывные — с параллельной формой организации производственного процесса и как прерывные — с параллельно-последовательной формой.

Еще один подход к классификации производственных систем основан на анализе связей предприятия с внешней средой. Здесь выделяются следующие типы производственных систем: изготовление на склад, сборка на заказ, конструирование на заказ.

**Изготовление на склад** означает, что конечная продукция изготавливается полностью и поступает на склад в ожидании заказов. В основе планирования — прогнозируемый спрос.

**Сборка на заказ** означает, что все компоненты изделий вплоть до сборочных единиц высокого уровня изготавливаются заранее и поступают на склад. В основе планирования производства компонент — прогнозируемый спрос на конечную продукцию или непосредственно на эти компоненты. При поступлении заказа на изделие определенной конфигурации выполняется окончательная сборка. Исходными моментами для производства являются прогнозируемый спрос и заказы.

**Изготовление на заказ** означает, что выполнена техническая подготовка производства, создан определенный запас материалов. Указанные действия могут быть выполнены полностью или частично, но в той степени, которая позволяет в случае необходимости завершить их, не нарушая установленных сроков выполнения заказов. При изготовлении на заказ часть работ выполняется на основе прогнозируемого спроса, а часть — после получения заказа.

**Конструирование на заказ** означает, что техническая подготовка производства начинается только после получения заказа. В ряде случаев для предприятий со сложной продукцией данную классификацию дополняют еще одним типом — **проектирование на заказ**.

Производственный процесс состоит из ряда **фаз** — заготовительной, обработки, сборочной, испытательной. В зависимости от того, какие фазы выполняются на предприятии, различают предприятия с замкнутым и незамкнутым производственным циклом.

Существенное влияние на производственный процесс и систему управления оказывают такие характеристики продукции, как трудоемкость, стоимость, длительность производственного цикла. Для сложных изделий машиностроения производственный цикл может достигать до 1,5 лет.

Для системы управления предприятием важна степень экономической самостоятельности его подразделений. В **централизованной** системе управления наиболее полный набор функций управления реализуется на уровне предприятия. В **децентрализованной** системе полный набор функций управления реализуется для структурных

подразделений более глубокого уровня. Для объединения — это заводы, для завода — производства, цеха и т. д.

Производственный процесс на предприятии может характеризоваться одновременно сложным и уникальным сочетанием различных характеристик. Например, на предприятии одновременно могут существовать единичное и серийное производство, изготавливаться продукция на склад и по заказам.

## Модели предприятий

В настоящее время существуют разнообразные виды моделей предприятия, которые используются для решения различных задач: определения средней загрузки оборудования, потребных производственных мощностей, управления транспортом и т. д. Для целей автоматизации используются типы моделей, наиболее полная классификация которых содержится в стандартах IDEF (Integrated Computer Automated Manufacturing DEfinition).

Идея создания IDEF зародилась в середине 70-х годов в BBC США как решение проблемы повышения производительности и эффективности информационных технологий, которая возникла, в свою очередь, при реализации программы ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing). IDEF рассматривался как семейство методов и технологий для создания моделей сложных систем и проектирования компьютерных систем. Всего предполагалось создать 14 стандартов, в их числе:

- IDEF0 — Моделирование функций
- IDEF1 — Информационное моделирование
- IDEF1X — Моделирование данных
- IDEF2 — Динамическое моделирование
- IDEF3 — Описание процессов
- IDEF4 — Объектно-ориентированные методы проектирования
- IDEF8 — Интерфейс пользователя
- IDEF10 — Техническое проектирование
- IDEF14 — Проектирование вычислительных сетей.

Начало семейству стандартов положил стандарт IDEF0, разработанный на основе технологии моделирования, известной как SADT (Structured Analysis & Design Technique).

В 1985 г. IDEF1 был расширен и переименован в IDEF1X. Часть стандартов IDEF так и не превратилась в стандарты де-факто, например стандарт IDEF2. Другая часть, например, IDEF0 и IDEF1X, превратилась из стандартов BBC в стандарт правительства США, известный как FIPS. В целом семейство стандартов IDEF охватывает практически все реально используемые в настоящее время подходы к созданию моделей предприятий, применяемые при автоматиза-

ции процессов, и методы проектирования (структурный и объектно-ориентированный подходы). В области создания моделей предприятия стандарты IDEF выполняют такую же роль, как модель стека протоколов OSI в области создания сетей и приложений.

Для создания динамических моделей процессов наибольшее распространение в настоящее время получили методы, основанные на применении сетей Петри и конечных автоматов. Иногда для этих целей используются моделирующие системы, в которых применяются динамические элементы различной природы, например, описываемые системами обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений, элементы, используемые в теории автоматического регулирования (чистое запаздывание, пороговые элементы) и т. д.

Детальное описание стандартов IDEF можно найти по адресу <http://www.indel.com>. Структурно- и объектно-ориентированные подходы более подробно описаны в настоящей книге ниже.

## **Современные подходы к построению систем управления предприятием**

### **Концепции MRP, MRPII, ERP, APS**

В данном разделе представлено описание концепций современных систем управления предприятиями и базовых систем. Главная цель — помочь читателю ориентироваться в базовых автоматизированных системах, имеющихся на российском рынке.

Первые работы по практическому применению ЭВМ в управлении производством были направлены на решение наиболее трудоемких задач, которые были «узким местом» в системе переработки информации. Одной из них, особенно на крупных предприятиях со сложным многономенклатурным производством, была задача расчета материальных потребностей на производственную программу. Решение задачи состоит в определении и передаче в производство и службы материально-технического снабжения информации о потребностях предприятия во всех материальных ресурсах (деталях и сборочных единицах собственного производства, полуфабрикатах, материалах, покупных изделиях, оснастке и приспособлениях и т. п.), необходимых для выполнения производственной программы. Особую сложность задаче придает ее календарный характер. Все потребности необходимо привязать к требуемым датам выполнения заказов. Ранние системы, решавшие эту задачу, получили название MRP (Material Requirements Planning — «Планирование материальных потребностей»). Постепенно был совершен переход от автоматизации управления производством на уровне локальных задач к

интегрированным системам, охватывающим выполнение всех функций управления производством. Итогом этого процесса явились системы, получившие название MRPII (Manufacturing Resource Planning — «Планирование производственных ресурсов»).

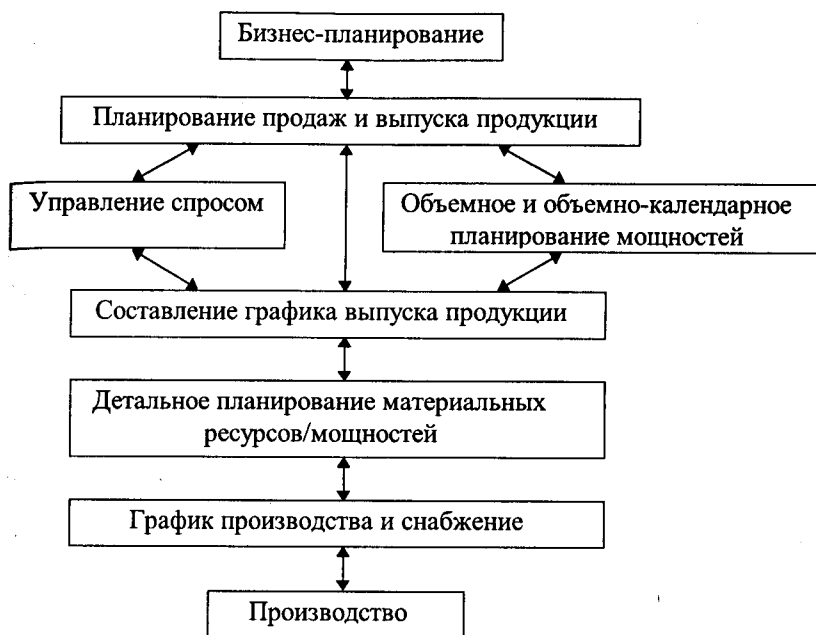
MRPII представляет собой методологию, направленную на эффективное управление всеми производственными ресурсами предприятия. Она обеспечивает решение задач планирования деятельности предприятия в натуральном и денежном выражении, моделирование возможностей предприятия, отвечая на вопросы типа «Что будет, если..?». Эта методология базируется на ряде крупных взаимосвязанных функциональностей, среди которых:

- Бизнес-планирование (Business Planning — BP).
- Планирование продаж и деятельности предприятия в целом (Sales and Operations Planning — S&OP).
- Планирование производства (Production Planning — PP).
- Разработка графика выпуска продукции (Master Production Scheduling — MPS).
- Планирование материальных потребностей (Material Requirements Planning — MRP).
- Планирование производственных мощностей (Capacity Requirements Planning — CRP).
- Различные системы оперативного управления производством. Среди них системы, основанные на составлении расписаний работ на цеховом уровне (Shop Floor Control — SFC) и системы поточного производства типа «точно-в-срок» (Just-in-Time — JIT).

Схема MRPII представлена на рис. 4.

Структура MRPII охватывает все основные функции планирования производства сверху вниз. Состав функциональных модулей и их взаимосвязи имеют глубокое обоснование с позиции теории управления. Они обеспечивают интеграцию функций планирования, в том числе согласование их при различиях времени и пространства. Важно отметить, что представленный набор модулей является не избыточным, именно поэтому он в основном сохраняется и в системах следующих поколений. Более того, многие понятия, методы и алгоритмы, заложенные в функциональные модули MRPII, остаются неизменными в течение длительного времени и входят в качестве элементов в системы следующих поколений.

Для каждого уровня планирования MRPII характерны такие параметры, как степень детализации плана, горизонт планирования, вид условий и ограничений. Для одного и того же уровня планирования MRPII эти параметры могут изменяться в широком диапазоне в зависимости от характера производственного процесса,



**Рис. 4**

возможно также применение на каждом отдельном предприятии определенного набора функциональных модулей МРPII.

Ниже приводится краткая характеристика функциональных модулей МРPII.

**Бизнес-планирование.** Процесс формирования плана предприятия наиболее высокого уровня. Планирование долгосрочное, план составляется в стоимостном выражении. Наименее формализованный процесс выработки решений.

**Планирование продаж и деятельности.** Бизнес-план преобразуется в планы продаж основных видов продукции (как правило, от 5 до 10). При этом производственные мощности могут не учитываться или учитываться укрупненно. План носит среднесрочный характер.

**Планирование производства.** План продаж по видам продукции преобразуется в объемный или объемно-календарный план производства видов продукции. Под видом здесь понимаются семейства однородной продукции. В этом плане впервые в качестве планово-учетных единиц выступают изделия, но представления о них носят усредненный характер. Например, речь может идти обо всех легковых переднеприводных автомобилях, выпускаемых на заводе, без уточнения моделей. Часто этот модуль объединяется с предыдущим.

**Формирование графика выпуска продукции.** План производства преобразуется в график выпуска продукции. Как правило, это среднесрочный объемно-календарный план, задающий количества конкретных изделий (или партий) со сроками их изготовления.

**Планирование потребностей в материальных ресурсах.** В ходе планирования на этом уровне определяются, в количественном выражении и по срокам, потребности в материальных ресурсах, необходимых для обеспечения графика выпуска продукции.

**Планирование производственных мощностей.** Как правило, в этом модуле выполняются расчеты по определению и сравнению располагаемых и потребных производственных мощностей. С небольшими изменениями этот модуль может применяться не только для производственных мощностей, но и для других видов производственных ресурсов, способных повлиять на пропускную способность предприятия. Подобные расчеты, как правило, производятся после формирования планов практически всех предыдущих уровней с целью повышения надежности системы планирования. Иногда решение данной задачи включают в модуль соответствующего уровня.

**Оперативное управление производством.** Здесь формируются оперативные планы-графики. В качестве планово-учетных единиц могут выступать детали (партии), сборочные единицы глубокого уровня, детали-(партии) операции и т. п. Период, охватываемый планированием, невелик (от нескольких дней до месяца).

Связь между уровнями в MRPII обеспечивается с помощью универсальной формулы: задача планирования на каждом уровне реализуется как ответ на три вопроса:

1. Что необходимо выполнить?
2. Что необходимо для этого?
3. Что имеется в настоящее время?

В качестве ответа на первый вопрос всегда выступает план более высокого уровня. Этим и обеспечивается связь между уровнями. Структура ответов на последующие вопросы зависит от решаемой задачи.

Дальнейшее развитие MRPII связано с появлением систем управления предприятием в замкнутом контуре, т. е. с обратной связью (Closed-loop MRP). В этих системах появляются такие функциональные возможности, как планирование и учет запуска-выпуска, составление оперативных расписаний, решение задач первичного учета. Перечисленные функциональные возможности не только углубили систему планирования, но и создали условия для эффективного регулирования хода производства, что в конечном итоге способствовало повышению устойчивости планов верхнего уровня. Сегодня под системами типа MRPII, как правило, подразумевают именно системы с обратной связью.

Существует несколько направлений развития MRPII.

Первое из них — дополнение MRPII функциями управления материальными ресурсами в распределительных системах. Эти функции получили название «Планирование потребностей в распределительных системах» (Distribution Requirements Planning — DRP). Здесь решаются задачи управления запасами в складской сети. Развитие DRP постепенно привело к замене традиционного подхода к определению уровня запасов по принципу «точки заказа» (т. е. подачи заказа на пополнение запасов при достижении минимально допустимого уровня) новым подходом, который основан на определении потребностей в зависимости от заказов на продукцию. Этот подход сегодня распространяется на склады всех уровней — от региональных, оптовых до складов на предприятиях. Такой подход называется планированием зависимых потребностей.

Длительный процесс внедрения MRPII позволил, с одной стороны, достичь роста эффективности предприятий, а с другой стороны, выявил ряд присущих этой системе недостатков, в числе которых:

- ориентация системы управления предприятием исключительно на имеющиеся заказы, что затрудняло принятие решений на длительную, среднесрочную, а в ряде случаев и на краткосрочную перспективу;
- слабая интеграция с системами проектирования и конструирования продукции, что особенно важно для предприятий, производящих сложную продукцию;
- слабая интеграция с системами проектирования технологических процессов и автоматизации производства;
- недостаточное насыщение системы управления функциями управления затратами;
- отсутствие интеграции с процессами управления финансами и кадрами.

Необходимость устранить перечисленные недостатки побудила трансформировать системы MRPII в системы нового класса — «Планирование ресурсов предприятия» (Enterprise Resource Planning — ERP). Системы этого класса в большей степени ориентированы на работу с финансовой информацией для решения задач управления большими корпорациями с разнесенными территориально ресурсами. Сюда включается все, что необходимо для получения ресурсов, изготовления продукции, ее транспортировки и расчетов по заказам клиентов. Помимо перечисленных функциональных требований в ERP реализованы и новые подходы по применению графики, использованию реляционных баз данных, CASE-технологий для их развития, архитектуры вычислительных систем типа «клиент-сервер» и реализации их как открытых систем.

Системы типа ERP пополняются следующими функциональными модулями — прогнозирования спроса, управления проектами, управления затратами, управления составом продукции, ведения технологической информации. В них прямо или через системы обмена данными встраиваются модули управления кадрами и финансовой деятельностью предприятия.

Укрупненно структура управления в ERP показана на рис. 5.

Ниже поясняются элементы структуры управления ERP, добавленные к системе MRPII.

**Прогнозирование.** Оценка будущего состояния или поведения внешней среды или элементов производственного процесса. Цель — оценить требуемые параметры в условиях неопределенности. Недостаток информации связан, как правило, с временным фактором. Прогнозирование может носить как самостоятельный характер, так и, предшествуя планированию, представлять собой первый шаг в решении задачи планирования.

**Управление проектами и программами.** В производственных системах, предназначенных для выпуска сложной продукции, собственно производство является одним из этапов полного производственного цикла. Ему предшествуют проектирование, конструкторская и технологическая подготовка, а произведенная продукция подвергается испытаниям и модификации. Для сложной продукции характерны: большая длительность цикла, большое количество предприятий-смежников, сложность внутренних и внешних связей. Отсюда следует необходимость управления проектами и программами в целом и включение соответствующих функций в систему управления.

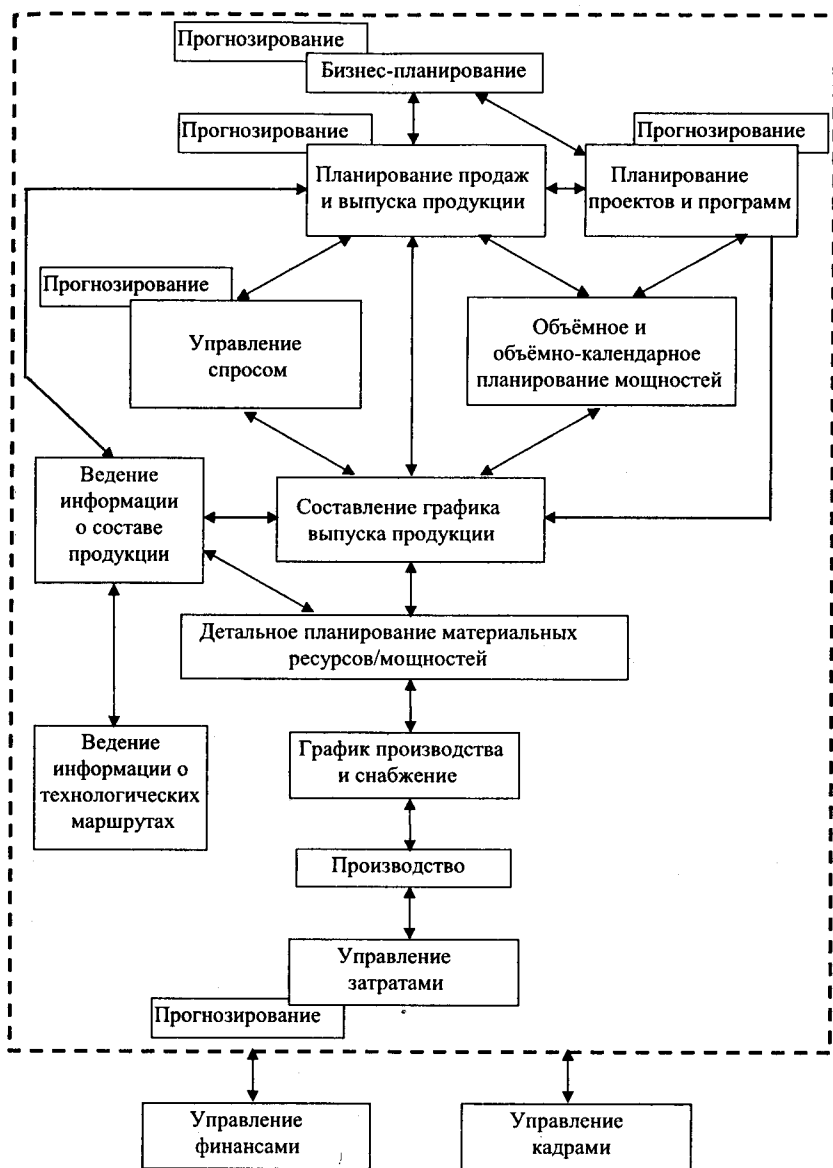
**Ведение информации о составе продукции.** Эта часть системы управления обеспечивает управленцев и производственников информацией требуемого уровня о продукции, изделиях, сборочных единицах, деталях, материалах, а также об оснастке и приспособлениях. Здесь обеспечивается адекватное представление различных структур изделий, полнота данных, фиксация всех изменений. Особое место среди решаемых задач принадлежит прямой задаче разузлования для многоуровневых изделий. Она используется также при планировании потребностей в материальных ресурсах.

**Ведение информации о технологических маршрутах.** Для решения задач оперативного управления производством необходима информация о последовательности операций, входящих в технологические маршруты, длительности операций и количестве исполнителей или рабочих мест, требуемых для их выполнения.

**Управление затратами.** Этот фрагмент системы оценивает работу производственных и других подразделений с точки зрения затрат. Здесь выполняются работы по определению плановых и фактических затрат. Роль данной подсистемы — обеспечить связь между



# ERP



**Рис. 5**

управлением производством и управлением финансовой деятельностью путем решения задач планирования, учета, контроля и регулирования затрат. Задача, как правило, решается в различных разрезах — по подразделениям, проектам, типам и видам продукции, изделиям и т. п. Данная информация используется для выработки управляющих решений, оптимизирующих экономические показатели предприятия.

**Управление финансами.** В этой подсистеме решаются задачи управления финансовой деятельностью. Практически во всех зарубежных системах в нее входят четыре подсистемы более глубокого уровня — «Главная бухгалтерская книга», «Расчеты с заказчиками», «Расчеты с поставщиками», «Управление основными средствами». Автоматизация управления финансами на предприятии позволяет:

- усилить финансовый контроль путем обобщения всей финансовой деятельности;
- улучшить оборот денежных средств путем обеспечения полного управления кредитами и счетами дебиторов;
- оптимизировать управление денежными средствами путем автоматизации расчетов с поставщиками;
- максимизировать отдачу от капитальных вложений путем обеспечения более эффективного управления основными средствами, арендованной собственностью, ремонтной базой, незавершенным капитальным строительством.

**Управление кадрами.** В данной подсистеме решаются задачи управления кадровыми ресурсами предприятия. Задачи, решаемые в подсистеме управления кадрами, связаны с набором, штатным расписанием, переподготовкой, продвижением по службе, оплатой и т. п.

ERP, таким образом, является улучшенной модификацией MRPII. Ее цель — интегрировать управление всеми ресурсами предприятия, а не только материальными, как это было в MRPII.

Такое расширение системы, повышая эффективность управления, вместе с тем, увеличивает и масштабы формальной системы, что усложняет характер работ по созданию АСУП.

Еще одной особенностью ERP является, по существу, сохранение подходов к планированию производства, принятых в MRPII. Основная причина состояла в том, что на первоначальном этапе перехода от MRPII к ERP мощность вычислительных систем была недостаточна для того, чтобы обеспечить широкое применение методов моделирования и оптимизации. Ограничения вычислительного характера привели, например, к тому, что плановые решения формируются путем циклического повторения двух шагов. На первом шаге формируется план без учета ограничений на производственные мощности. На втором шаге он проверяется на допусти-

мость. Процесс повторяется до тех пор, пока план, полученный на очередной итерации, не будет допустимым.

В ERP решения о включении изделия в график выпуска продукции может приниматься не только на основе реально имеющегося спроса, но и на основе прогноза спроса и в связи с выполнением больших проектов и программ. Это, безусловно, расширяет диапазон применения системы управления и делает ее более гибкой и оперативной к изменениям внешней среды.

Ниже приводится описание тех функциональных компонент ERP, которые обеспечивают управление производственным процессом на предприятии. Главное внимание при этом уделяется методам управления, находящим практическое применение в базовых системах ERP.

### **Прогнозирование экономических процессов**

Прогнозирование может потребоваться на нескольких уровнях системы управления предприятием, поскольку спрос на продукцию и услуги может изменяться с разной периодичностью.

Для систем управления предприятием наиболее важными моментами являются:

- иерархия прогнозов;
- структура формирования прогнозов;
- качественные методы прогнозирования;
- количественные методы прогнозирования;
- сочетание прогнозирования и планирования.

Ниже приводятся примеры основных прогнозов.

1. *Долгосрочные прогнозы.* Горизонт прогнозирования — годы. Объекты прогнозирования: потребности рынка в новых видах продукции (в стоимостном или натуральном выражении); потребности рынка в старой, т. е. выпускающейся сегодня, продукции (в стоимостном или натуральном выражении); требуемая производительность предприятия; капиталовложения; потребности в производственных мощностях предприятия.

2. *Среднесрочные прогнозы.* Горизонт прогнозирования — месяцы. Объекты прогнозирования: новые типы или группы продукции; производительность отдельных производств и подразделений; потребности в кадрах; потребности по закупкам материалов; оценка запасов.

3. *Краткосрочные прогнозы.* Горизонт прогнозирования — недели. Объекты прогнозирования: отдельные наименования продукции; работники определенных специальностей и квалификации; производительность оборудования на отдельных цехах и участках; уровень запасов.

На рис. 6 показана укрупненная схема формирования прогноза и его использования в качестве первого шага в планировании.

Качественные методы прогнозирования обычно базируются на выявлении факторов, которые определяют объемы продаж или сервиса. Затем формируются суждения относительно вероятностей проявления этих факторов в будущем.

Ниже приводятся основные качественные методы.

**1. Мозговой штурм.** Рабочей группе предоставляется любая необходимая информация из БД предприятия и внешних БД. Участники группы создают индивидуальные прогнозы. Крайние прогнозы отбрасываются, а роль компромиссного выполняет прогноз, основанный на оставшихся индивидуальных прогнозах.

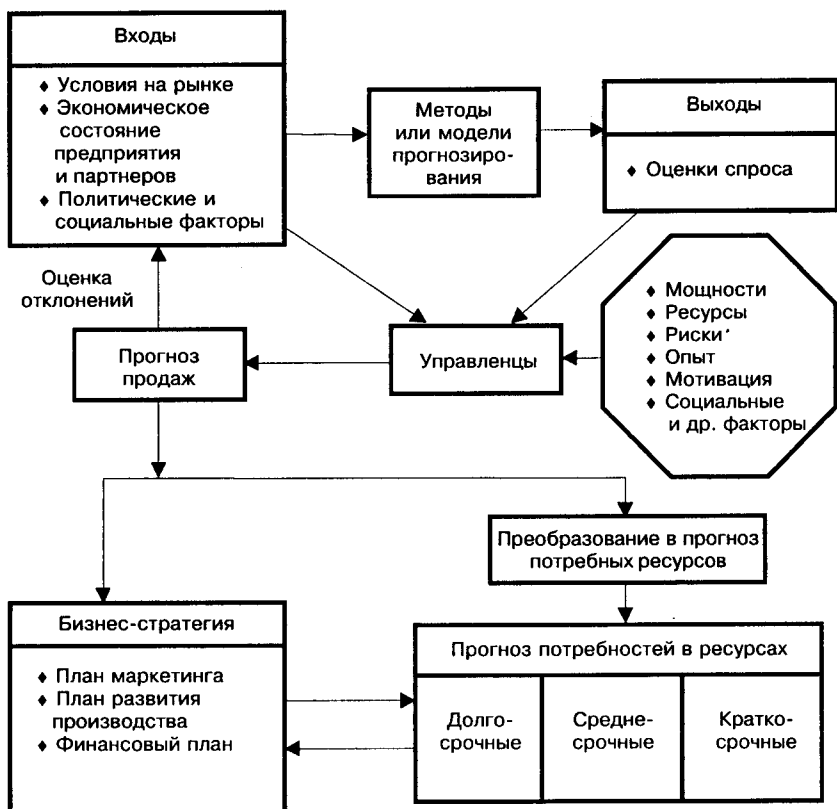


Рис. 6

2. **Метод Делфи.** В этом методе участники анонимно отвечают на вопросы, получают информацию об ответах всех участников, а затем процесс повторяется вновь до достижения согласия.

3. **Обзор деятельности по продажам.** Оценка продаж в будущем по регионам получается здесь на основе оценок отдельных продавцов.

4. **Анализ информации от покупателей.** Оценки будущих продаж получают прямо от покупателей. Индивидуальные оценки сводятся воедино.

5. **Исторические аналогии.** Маркетинговые исследования, опросы, интервью, пробные продажи позволяют сформировать основу для проверки гипотез относительно поведения реального рынка.

Качественные методы основаны на несложных алгоритмах обработки информации. Объем информации может быть значительным. Роль компьютерных систем заключается в информационной поддержке.

Количественные методы прогнозирования реализуются с помощью математических моделей, базирующихся на предыстории. Подобные модели строятся в предположении, что данные о поведении процесса в прошлом могут быть распространены и на будущее.

Чаще всего в базовые системы и пакеты прикладных программ включаются методы, основанные на временных рядах, полученных путем измерений в определенных временных периодах.

Как правило, результаты измерений поведения процесса в прошлом могут быть разложены на несколько компонент.

**Тренд** — это постоянная, долговременная тенденция.

**Циклическая составляющая** описывает ту часть процесса, которая повторяется с низкой частотой.

**Сезонная составляющая** описывает циклы, повторяющиеся с высокой частотой в течение года.

**Случайная флуктуация** представляет собой случайное отклонение временного ряда от неслучайной функции, описываемой трендом, циклической и сезонной составляющими.

Прогнозирование на основе количественных методов заключается прежде всего в определении вида и параметров функций, описывающих неслучайные составляющие.

Наиболее часто применяются следующие количественные модели прогнозирования.

1. **Линейная регрессия.** Модель направлена на выявление связи между зависимой переменной (т. е. прогнозируемой величиной) и одной или более независимыми переменными, которые представлены в виде данных о предыстории. В простой регрессии имеется только одна независимая переменная, а во множественной регрессии их несколько. Если предыстория представлена в виде временного ряда, то независимая переменная — это временной пе-

риод, а зависимая — прогнозируемая величина, например объем продаж.

**2. Методы скользящего среднего.** Прогностическая модель для краткосрочных прогнозов, основанная на временных рядах. В ней среднее арифметическое фактических показателей, вычисленное для принятого числа последних прошедших временных периодов, принимается за прогноз на следующий временной период.

**3. Метод взвешенного скользящего среднего.** Эта модель работает подобно предыдущей модели, но в ней вычисляется не среднее, а средневзвешенное значение, которое и принимается за прогноз на ближайший временной период. Меньшие веса приписываются более отдаленным периодам.

**4. Экспоненциальное сглаживание.** Это модель, использующая временные ряды и предназначенная для краткосрочных прогнозов. В данном методе величина, спрогнозированная для последнего периода, корректируется на основе информации об ошибке прогноза в последнем периоде. Скорректированный за последний период прогноз становится прогнозом на следующий период.

Функции прогнозирования и планирования могут пересекаться, поскольку пересекаются периоды прогнозирования и планирования, а объектом прогнозирования и планирования может быть одна и та же продукция. При этом объектом планирования является продукция, на которую есть заказы. Прогноз же по своей природе напрямую не связан с имеющимися заказами.

В некоторых системах предусмотрена следующая логика определения потребностей в продукции при одновременном прогнозировании и планировании. Горизонт планирования делится на три временных зоны. Для каждой зоны используется свой вариант принятия решения о величине потребностей в продукции.

**Вариант 1.** Потребности вычисляются на основе фактического имеющегося спроса.

**Вариант 2.** Потребности вычисляются на основе спроса, за который принимается максимальное значение из двух величин — прогноза и фактического спроса.

**Вариант 3.** Материальные потребности определяются на основе прогнозируемого спроса.

В ряде базовых систем применяются и более сложные логики взаимодействия прогноза и реального спроса, включающие в себя механизмы переноса непоглощенного прогноза на последующие интервалы.

Выбор варианта взаимодействия фактического и прогнозируемого спроса — за пользователем. Выбор зависит от типа производства, номера зоны, внешних условий, в которых работает предприятие.

## Управление проектами и программами

Одна из тенденций развития производства состоит в росте доли продукции, не производимой на склад и даже не собираемой под заказ, а проектируемой по заказам. Традиционными отраслями, где подобная ориентация всегда была велика, являются аэрокосмическая и оборонная отрасли. Любое новое изделие в этих отраслях требует выполнения большого, длительного и дорогостоящего комплекса работ. Такие комплексы обычно называют проектами или программами.

Проект во многих случаях становится самостоятельным объектом управления и источником заказов, подаваемых в производственные системы. Поэтому в современных системах ERP появились модули, специально предназначенные для управления проектами или программами.

Управление проектом, с одной стороны, непосредственно подчинено стратегическим целям, которые в первую очередь реализует бизнес-планирование, а с другой стороны — порождает потребности в продукции, которые передаются в модуль планирования продаж или непосредственно в модуль формирования графика выпуска продукции. Потребности в продукции могут в ходе реализации проекта формулироваться с различной степенью точности. Если до видов и типов продукции, то связь с производством проходит через модуль «Планирование продаж и выпуска продукции». Если до изделий, то связь с производством проходит через модуль «Составление графика выпуска продукции».

Конечно, и ранние системы ERP содержали элементы, необходимые для управления производством сложной продукции. Но лишь относительно недавно появились специализированные системы, где функциональные возможности управления проектами резко изменили облик системы в целом.

В основе управления проектами лежат сетевые модели. Для работы с сетевыми моделями служат два метода — метод критического пути (МКП) и метод оценки и пересмотра программ (ПЕРТ). В этих методах основное внимание уделяется календарному управлению работами. Различие методов состоит в том, что в методе МКП оценки продолжительности операций предполагаются детерминированными величинами, а в методе ПЕРТ — случайными. В настоящее время оба метода объединены в рамках единого подхода, получившего название сетевого планирования и управления (СПУ). По мере расширения сферы применения метод ПЕРТ был расширен для анализа затрат.

Сетевое планирование и управление включает три основных этапа: структурное планирование, календарное планирование, оперативное планирование.

В *структурное планирование* входит: разбиение проекта на операции; оценка продолжительности операций и построение сетевой модели; анализ модели на непротиворечивость.

*Календарное планирование* включает: расчет критического пути с выявлением критических операций; определение ранних и поздних времен завершения операций; определение резервов времени для некритических операций.

*Оперативное управление* состоит в решении на сетевой модели задач учета, контроля, регулирования. В ходе регулирования корректировке могут подвергаться не только параметры модели, но и ее структура.

Построение сетевой модели выполняется в соответствии с некоторыми правилами. Например, требуется, чтобы каждая операция в сети была представлена только одной дугой.

На рис. 7 показан пример сетевой модели.

В ходе расчета определяются **критические** и **некритические** операции проекта. Операция считается критической, если задержка ее начала приводит к увеличению срока окончания всего проекта. **Критический путь** определяет непрерывную последовательность критических операций, связывающих исходное и завершающее событие. Некритическая операция имеет резерв (запас) времени, поскольку промежуток времени между ее ранним началом и поздним окончанием больше ее длительности.

Критические операции в примере, показанном на рис. 7: (0,2), (2,3), (3,4), (4,5), (5,6).

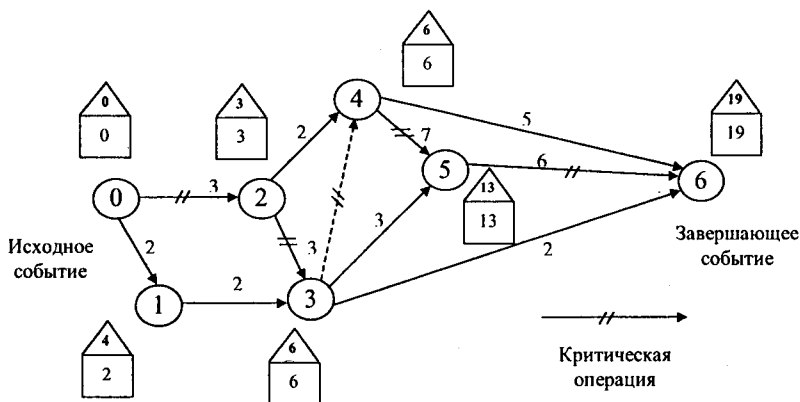


Рис. 7



Для некритических операций вычисляются резервы времени. Различают два основных вида резервов времени:

1. **Полный резерв.** Он определяется соотношением:

Полный резерв = (позднее время завершения операции — раннее время начала операции) — длительность операции.

2. **Свободный резерв.** Он определяется в предположении, что все операции в сети начинаются в ранние сроки (т. е. имеется в виду левое крайнее расписание работ). У критических операций полные и свободные резервы равны нулю. У некритических операций полные резервы не равны нулю, а свободные резервы могут принимать значения как ненулевые, так и нулевые.

Резервы важны, потому что, сдвигая работы в рамках резервов, можно добиться удовлетворения ограничений на ресурсы или их наиболее равномерного использования. При распределении ресурсов возникает многовариантная задача, которая может быть описана как оптимизационная. В ряде базовых систем ERP и самостоятельных систем управления проектами имеются эвристические методы получения удовлетворительного решения задачи. Сущность задачи иллюстрируется рис. 7, а ее возможное решение — рис. 8, 9, 10.

В больших и долгосрочных проектах, особенно на ранних стадиях их существования, может появиться неопределенность временных оценок работ, поэтому возникает вопрос о вероятностных характеристиках проекта.

Вероятностный характер реализации проекта учитывается за счет введения для каждой операции трех оценок ее длительности:

$t_0$  — оптимистическая (минимальная) оценка;

$t_p$  — пессимистическая (максимальная) оценка;

$t_m$  — наиболее вероятная оценка.

Из этих трех оценок получаются математическое ожидание  $t_e$  и дисперсия  $V$  по формулам:

$$t_e = (t_0 + 4t_m + t_p)/6,$$

$$V = [(t_p - t_0)/6]^2.$$

Три оценки для каждой операции позволяют вычислить характеристики нормального распределения — длительность и дисперсию для каждого пути в сети, а затем высказать вероятностные суждения относительно пути. Например:

- вероятность того, что критический путь будет больше 3,5 недель, равна 0,1;
- вероятность того, что проект можно будет завершить раньше чем за 50 недель, равна 0,35.

На рис. 8 показаны потребности в ресурсах для крайнего левого расписания, а на рис. 9 — для крайнего правого расписания.

На рис. 10 показан промежуточный вариант, для которого характерно более равномерное использование ресурсов и снижение пиковых потребностей в ресурсах. Этот график построен за счет перемещения некритических работ в рамках резервов.

Стоимостной аспект управления проектами вводится в схему календарного планирования с помощью зависимости «стоимость — время» для каждой операции проекта. На рис. 11 показана линейная зависимость, типичная для стоимостных оценок.

Расчет с учетом стоимостных факторов направлен на поиск оптимального соотношения «затраты — время» для всего проекта.

При этом учитывается, что сжатие первоначального варианта сопровождается ростом прямых затрат и уменьшением косвенных затрат.

Подход к решению задач на данном шаге описан на рис. 12.

Функции учета и контроля за ходом проекта обеспечиваются ранее построенным календарным планом.

Сетевая модель может использоваться для решения задач регулирования, т. е. составление новых планов по ходу реализации проекта.

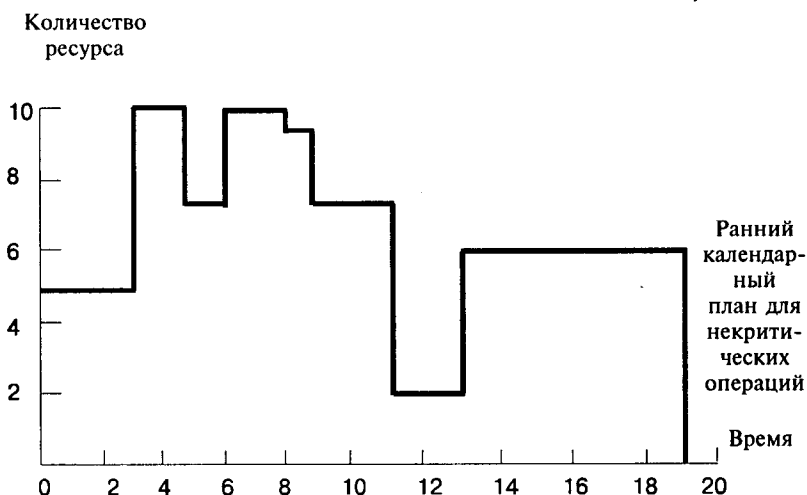


Рис. 8

Количество  
ресурса

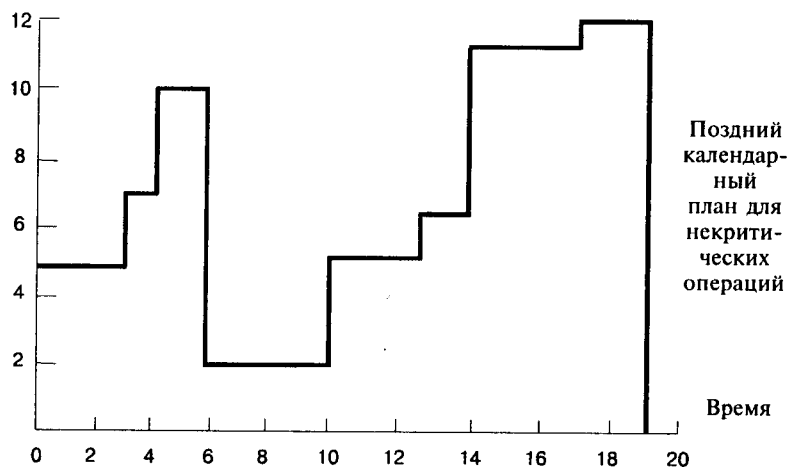


Рис. 9

Количество  
ресурса

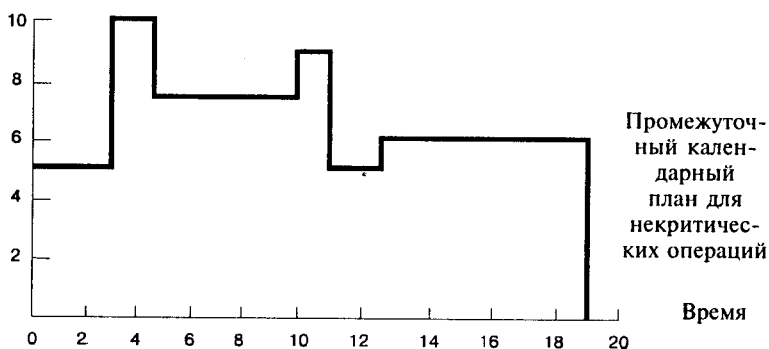
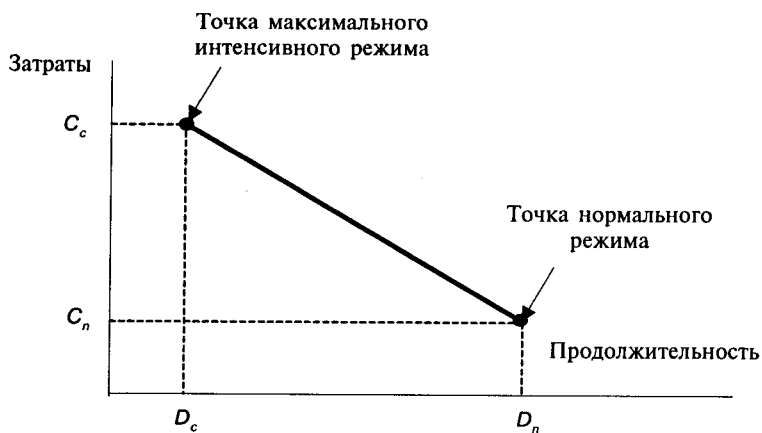
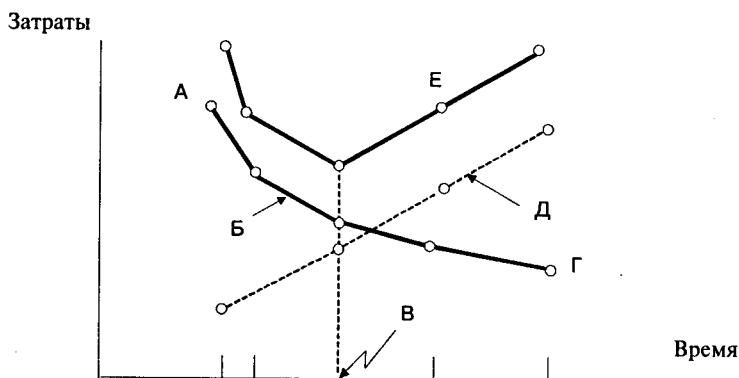


Рис. 10



**Рис. 11**

$D_n$  — нормальная длительность операции;  
 $D_c$  — минимальная длительность операции (дальнейшее уменьшение не имеет смысла);  
 $C_n, C_c$  — затраты при нормальной и минимальной длительности операции.



**Рис. 12**

А — план максимальной интенсивности; Б — прямые затраты; В — план с минимумом затрат; Г — план нормального режима; Д — косвенные затраты; Е — общие затраты.

## **Планирование производства и составление графика выпуска продукции**

Долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные планы создаются на различных организационных уровнях и охватывают различные временные периоды. Созданные на высшем уровне, долгосрочные планы отражают стратегические цели организации. Они становятся основой для средне- и краткосрочных планов. Среднесрочные планы подразделяются на планы занятости, укрупненные планы образования запасов или производства, планы загрузки, планы модернизации мощностей, контракты с поставщиками. Эти укрупненные планы являются основой для построения краткосрочных планов. Краткосрочные планы обычно распространяются от нескольких недель до нескольких месяцев и включают графики выпуска продукции, графики производства компонент, графики материального снабжения, оперативные производственные графики и графики использования мощностей. Графики производства — это краткосрочные планы производства товаров или конечной продукции.

Планирование производства включает следующие шаги:

1. Прогноз продаж и фиксация фактического спроса для каждого вида продукции. Он показывает количества, которые должны быть проданы в каждый временной период (неделю, месяц, квартал) планового горизонта (обычно от 6 до 18 месяцев).

2. Сведение воедино в общий прогноз данных по всем отдельным видам продукции и услуг.

3. Преобразование суммарного спроса в каждом периоде в численность рабочих, оборудования и других составляющих производственных мощностей, требуемых для его удовлетворения.

4. Разработка альтернативных схем использования ресурсов, позволяющих обеспечить производственные возможности, удовлетворяющие суммарный спрос.

5. Отбор из альтернатив такого плана использования мощностей, который позволяет удовлетворить спрос и наилучшим образом отвечает целям организации.

Шаг 5 предполагает, что производственная система обязана удовлетворять прогнозируемый спрос. Есть, однако, случаи, когда производственные мощности не могут быть увеличены или когда продукцию выгоднее производить в объеме, меньшем прогнозируемого или фактического спроса. В ERP-системах предполагается, что цель предприятия заключается в удовлетворении спроса.

Центральное место в планировании производства занимают следующие вопросы:

- Сколько производственных ресурсов каждого вида имеется в наличии?

- Какой уровень мощности обеспечивает ресурс каждого вида?
- Каким образом определяется мощность исходя из имеющихся ресурсов?
- Сколько стоит изменение мощностей в сторону увеличения или уменьшения?

Основными источниками для определения возможностей предприятия при разработке среднесрочных планов являются: основное и сверхурочное рабочее время; запасы продукции, образованные в предшествующие периоды; субконтракты на поставку продукции или выполнение услуг внешними партнерами.

Различают следующие виды среднесрочных планов: сбалансированный и план с фиксированным уровнем мощности.

**Сбалансированный план.** В каждый момент времени располагаемые мощности равны потребностям, вытекающим из прогнозируемого спроса.

**План с фиксированным уровнем мощностей.** Мощности являются постоянными на всем горизонте планирования. Отклонение меняющегося спроса от возможностей постоянных производственных мощностей компенсируется с помощью запасов, отложенного спроса, сверхурочных работ и субконтрактов.

На практике целесообразно рассматривать несколько вариантов планов с различными подходами к компенсации колебания спроса.

Для решения задач планирования производства разработаны и применяются в основном следующие подходы.

**Линейное программирование** используется, как правило, для минимизации суммарных затрат в плановом периоде. В затраты включаются: основная зарплата, сверхурочные, на субконтракты, увольнение и найм работающих, хранение запасов. Ограничения модели обычно включают максимальные мощности и ограничения на степень удовлетворения спроса в плановом периоде.

**Линейные решающие правила** базируются на применении квадратической функции затрат для конкретной производственной системы. Функция позволяет определять суммарные затраты, включающие: основную зарплату, сверхурочные, субконтракты, затраты на изменение численности работающих и хранение запасов. В качестве независимых переменных применяются объем выпуска продукции и численность работающих. Функция строится для каждого планируемого периода горизонта планирования. После численного дифференцирования получаются два независимых линейных уравнения, которые позволяют для очередного планируемого периода определять объемы выпуска продукции и необходимую численность работающих.

**Управляющие коэффициенты.** В основе этого подхода лежит предположение, что ЛПР строит план на основе сложного критерия и

собственного опыта. Этот метод использует данные о предыстории, связанные с решениями в прошлом, и позволяет построить регрессию, которая должна быть использована для построения плана.

**Моделирование на ЭВМ** позволяет проверять путем перебора многочисленные сочетания производственных ресурсов с целью поиска наилучшего плана на период и на горизонт.

Среднесрочные планы определяют количество продукции, которое экономически целесообразно производить на предприятии. По среднесрочным планам составляются графики выпуска продукции.

В графике выпуска продукции устанавливается количество конечной продукции, которое должно быть выпущено в каждый период краткосрочного горизонта планирования. Длительность горизонта планирования — от нескольких недель до нескольких месяцев.

При составлении графика определенные ранее объемы производства распределяются в виде заказов на выпуск продукции.

Графики выпуска продукции в общем случае состоят из четырех участков, отделенных друг от друга тремя границами. Они носят следующие названия: закрепленный, фиксированный, заполненный, открытый.

Изменения на **закрепленном** участке обычно запрещены, поскольку они влекут за собой изменения планов снабжения и производства предметов после их запуска, что приводит к росту затрат. **Фиксированный** участок представляет собой период времени, на котором изменения могут происходить, но только в исключительных ситуациях. **Заполненный** участок соответствует временному интервалу, на котором все производственные мощности распределены между заказами. Изменения на этом участке допускаются и могут привести к значительным изменениям сроков выполнения заказов. **Открытый** участок — это временной интервал, на котором не все производственные мощности распределены, и новые заказы обычно размещаются на этом участке.

График выпуска продукции создается на основе информации о заказах, прогнозах спроса, состоянии запасов и производственных мощностях. В ходе построения графика выполняется проверка вариантов графика на недогрузку или перегрузку производственных мощностей.

График является динамичным и периодически обновляется. При этом решается задача учета хода производства, начало и окончание горизонта планирования сдвигаются вправо на одну неделю, заново пересматривается оценка спроса. В связи с тем, что спросы, расположенные в дальних периодах, вероятнее всего, изменяются по мере приближения временного интервала к фиксированному виду, требования к точности оценки спроса для начальных периодов выше, чем для отдаленных.

Планирование производства на уровне графика выпуска продукции имеет ряд отличительных особенностей в зависимости от того, работает предприятие на склад или по заказам. В наибольшей степени изменениям подвержены управление спросом, размер партий запуска и количество выпускаемой продукции.

В производстве, выполняющем заказы, при оценке спроса доминируют поступившие на данный момент заказы. График составляется обычно на основе портфеля заказов. Размер партии и количество выпускаемой продукции обычно совпадают и определяются заказом. Процесс составления графика для таких предприятий наиболее сложен и трудоемок, особенно для многономенклатурного производства.

В производстве, работающем на склад, заказы поступают со склада готовой продукции. Заказы формируются на основе прогнозируемого спроса со стороны потенциальных заказчиков. В этих условиях возрастает роль прогнозирования. В начальных периодах горизонта планирования возможно наличие портфеля заказов, однако их удельный вес, как правило, невелик. Размер партии здесь очень важен и определяется исходя из соображений экономической эффективности. Уменьшение размера партии приводит к росту доли постоянных расходов на единицу продукции, а увеличение размеров партии — к росту запасов и затрат на их хранение. Оптимальным является размер партии, при котором минимизируются суммарные затраты.

Плановый горизонт может изменяться в широких пределах — от нескольких недель до года и более. На выбор планового горизонта влияют многие факторы, но один фактор является решающим. В ERP-системах используется правило, согласно которому плановый горизонт должен быть не менее наибольшего производственного цикла среди всех изделий, рассматриваемых при составлении графика.

В настоящее время в практике планирования широкое применение находят ЭВМ и математические методы. Все перечисленные выше действия выполняются, как правило, с помощью человеко-машинных процедур. Особенно эффективно применение ЭВМ в управлении многономенклатурным производством из-за высокой размерности задачи планирования. Широко применяется подход к созданию графика, при котором в ходе планирования определенная часть заказов или планово-учетных единиц из предыдущего графика фиксируется, и новый график состоит в итоге из двух частей: фиксированной составляющей прежнего графика и изменений к нему. Все современные прикладные системы содержат модули для построения графика выпуска продукции.



Планирование производства на уровне графика выпуска продукции является одной из наиболее важных функций в ERP. При ее неудовлетворительной реализации возникают перегрузки и недогрузки мощностей, чрезмерный рост запасов на одни изделия и дефицит других изделий. Напротив, при удовлетворительной реализации улучшается обслуживание заказчиков, снижается уровень запасов, более эффективно используются производственные мощности.

В результате решения задачи составления графика становятся известными времена и объемы выпуска продукции. Управление снабжением, производством деталей и сборочных единиц и другими составляющими производственного процесса зависят от того, какие системы организации и управления используются. В США в практике управления и в литературе принята следующая классификация: системы с расходом запасов (*pond-draining approach*), системы с «проталкиванием» (*push systems*), системы с «протягиванием» (*pull systems*) и системы, сконцентрированные на «узких местах» (*bottlenecks*).

**Системы с расходом запасов** сконцентрированы на поддержании резервов материальных ресурсов, необходимых для производства. Так как производители не знают заранее сроков и количества потребных заказчику ресурсов, многие виды продукции в таких системах производятся заранее и складируются в виде запасов готовой продукции или деталей и сборочных единиц. По мере уменьшения запасов продукция или ее компоненты производятся для их пополнения.

В **системах с «проталкиванием»** центр тяжести смещается на использование информации о заказчиках, поставщиках и продукции, чтобы управлять материальными потоками. Поставка партий материалов и полуфабрикатов на предприятие планируется как можно ближе к срокам изготовления деталей и сборочных единиц. Детали и сборочные единицы производятся как можно ближе к срокам подачи на сборку, готовая продукция собирается и отправляется как можно ближе к требуемому времени выполнения заказа. Материальные потоки «проталкиваются» сквозь все фазы производства.

**Системы с «протягиванием»** ориентированы прежде всего на сокращение уровня запасов на каждой производственной фазе. Если в предыдущей системе роль графика состояла в определении того, что делать дальше, то в данной системе просматривается только следующая стадия, выясняется, что необходимо делать для ее выполнения, и производятся необходимые действия. Партии в производстве перемещаются от ранних стадий к поздним без промежуточного складирования. Существует немало разновидностей и наименований для подобных систем: «точно-в-срок» (*Just-in-Time*), производство с коротким циклом, системы с визуальным управле-

нием, производство без промежуточных складов, поточное производство, синхронизированное производство, система фирмы «Тойота». Как правило, в литературе применяется аббревиатура первого наименования — JIT.

Системы типа JIT ввиду сокращения незавершенного производства чувствительны к возмущениям производственного процесса. Внедрение подобных систем требует большой подготовительной работы.

Управление в **системах четвертого типа** сконцентрировано на так называемых «узких местах» — операциях, станках или стадиях производственного процесса, которые тормозят производство, поскольку их производительность меньше, чем в других участках производственной системы.

### **Управление запасами (независимые системы)**

В ходе управления производством сталкиваются две тенденции. Первая заключается в том, что запасы материальных ресурсов различного вида необходимы. Вторая заключается в том, что они нежелательны. Каждая из них порождена определенными причинами и находит отражение в методах управления запасами. Подходы к управлению во многом зависят от вида материального ресурса. В роли такого ресурса могут выступать: конечная продукция, незавершенное производство, материалы и полуфабрикаты.

Существует ряд причин, по которым целесообразно стремиться к снижению уровня запасов. С ростом запасов увеличиваются следующие затраты и потери: прямые и косвенные затраты, связанные с хранением; затраты на управление запасами; потери, связанные со снижением отдачи от вложения в материальные ресурсы; затраты, которые рассматриваются как скрытое падение мощностей, поскольку часть мощностей используется на производство запасов, а не готовой продукции; потери, связанные со снижением качества при хранении.

Некоторые из этих затрат являются косвенными и слабо вычисляемыми, но несомненно то, что политика снижения запасов до оптимального уровня способствует повышению эффективности производства.

В основу систем управления запасами в ERP-системах положен ряд моделей и методов, которые пользователи могут применять по собственному выбору.

Спрос на материальные ресурсы может быть независимым и зависимым. **Независимым** называется спрос, который не зависит от спроса на другие материальные ресурсы, проходящие через запасы. В частности, независимым всегда является спрос на конечную про-

дукцию, поскольку он определяется исходя из прогноза и/или заказов потребителей. **Зависимым** называется спрос, который зависит от спроса на другие материальные ресурсы, проходящие через запасы. Зависимым является спрос на изделия, являющиеся компонентами готовой продукции. В то же время независимым является спрос на те же самые изделия, если они становятся конечной продукцией, например запасными частями. В данном подразделе обсуждаются подходы к управлению запасами в условиях независимого спроса. Описание систем с зависимым спросом содержится в следующем разделе.

Основной задачей управления запасами является определение оптимального размера заказа на материальные ресурсы при пополнении запасов.

Рис. 13 иллюстрирует решение задачи об оптимальном объеме заказа на качественном уровне. С ростом объема одного заказа увеличиваются затраты на хранение и снижаются затраты на приобретение и обработку заказов. Суммарные затраты на складирование могут иметь точку минимума, соответствующую оптимальному объему заказа (EOQ — Economic order quantity).

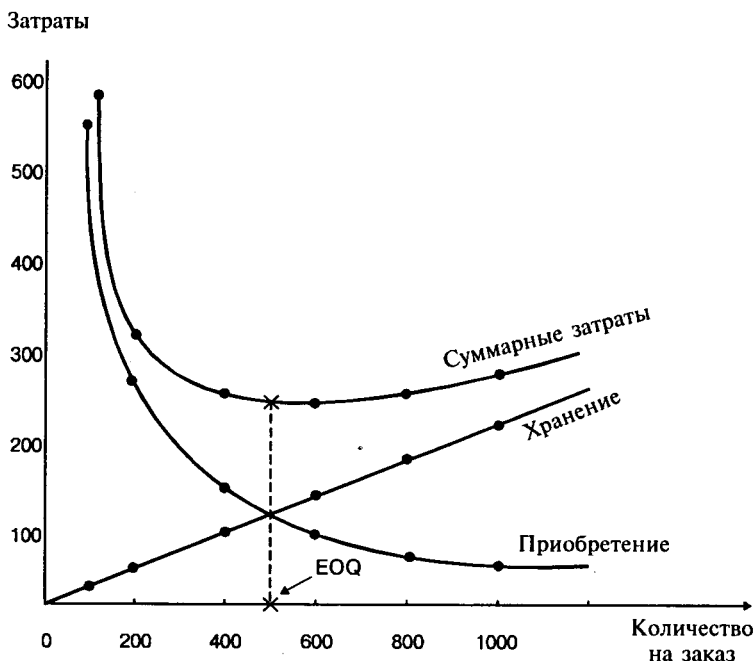


Рис. 13

Различают системы с фиксированным объемом заказа и системы с фиксированным временем заказа.

Основное свойство системы с фиксированным объемом заказа (FOQ-системы) состоит в том, что заказы на пополнение запасов имеют постоянную величину. При этом время подачи заказов может изменяться. Точка заказа достигается, когда запасы уменьшаются до критического уровня. Точка заказа определяется исходя из оценки ожидаемого расхода и поступлений материального ресурса. С прибытием очередной партии материалов заказы возрастают на фиксированную величину.

В системе FOQ обычно предполагается непрерывный учет запасов. Этот учет обеспечивается немедленным отражением в базе данных всех операций, прихода и расхода ресурсов. Для системы FOQ основными являются две задачи: об объеме заказа и о точке заказа.

Решение задачи об оптимальном объеме заказа зависит от условий, для которых формулируется задача. В различных системах можно встретить три модели для оценки оптимального размера заказа:

- модель 1 — базовая модель определения EOQ;
- модель 2 — определение EOQ для производственных партий;
- модель 3 — определение EOQ с учетом ценовой политики.

Модель 1 имеет следующий вид.

*Предположения:*

1. Общий годовой спрос, затраты на хранение и приобретение материалов поддаются оценке.
2. Средний уровень запасов равен 0,5 величины заказа. Это равносильно введению следующих упрощающих предположений: страховой запас отсутствует; заказанное количество поступает в запасы полностью и одновременно; материалы расходуются равномерно; материалы оказываются полностью израсходованными к прибытию очередного заказа.
3. Потери от дефицита и неудовлетворенного спроса отсутствуют.
4. Цены на материалы постоянны (какая-либо специальная ценовая политика типа скидок отсутствует).

Оптимальный объем заказа, при котором минимизируются суммарные годовые затраты на размещение в запасах, вычисляется по формуле:

$$EOQ = \sqrt{2DS / C},$$

где  $D$  — годовой спрос на материал;  $C$  — затраты на хранение единицы материала в течение года;  $S$  — средние затраты на работы по приобретению материала по одному заказу (условно-постоянные расходы).

Формула носит характер предварительной оценки, так как получена для условий, которые на практике встречаются крайне редко.

Модель 2 имеет следующий вид. По сравнению с моделью 1 введено только одно предположение — заказы производством или поставщиком выполняются не одновременно, а представляют собой процесс с равномерным поступлением материальных ресурсов.

В результате для модели 2 получена формула:

$$EOQ = \sqrt{(2DS / C)[p / (p - d)]},$$

где  $p$  — ставка (rate) производства;  $d$  — ставка (rate) спроса.

Поставщики, работающие в условиях рыночной экономики, как правило, предоставляют скидки в зависимости от объема закупок (quantity discounting). В этих условиях возникает необходимость оптимизации объема заказа с целью воспользоваться скидками, но не проиграть при этом за счет роста затрат на хранение. Модель 3 позволяет оценить влияние скидок на размер партии.

Из сказанного следует, что при работе с базовой системой ERP пользователь должен тщательно изучить предположения, при которых построены модели управления запасами, включенные в систему.

Вторым важным вопросом для систем управления запасами является определение точек заказа. В основе подхода к определению точки заказа в системах с фиксированным объемом заказа лежит признание случайного характера спроса во время выполнения заказа.

Спрос во время выполнения заказа (demand during lead time (DDLT)) представляет собой количество материального ресурса, которое будет запрошено во время ожидания прибытия заказанного количества и пополнения запаса.

Случайный характер спроса в течение времени выполнения заказа особенно опасен для управления, поскольку очень трудно предсказать колебания спроса именно тогда, когда предприятие особенно уязвимо — оно находится в состоянии ожидания прибытия заказа, а уровень запасов низок.

В случае задержки прибытия заказа или при превышении уровня ожидаемого спроса возникает ситуация дефицита. Дополнительный запас, называемый страховым, необходим, чтобы уменьшить вероятность возникновения дефицита. При увеличении страхового запаса возрастают затраты на его хранение, при его уменьшении возрастают потери, вызванные дефицитом.

Из сказанного ясно, что величина страхового запаса имеет оптимальное в некотором смысле значение. Для его определения должны быть известны потери от дефицита. Задача определения потерь от

дефицита не проста, поскольку в них должны включаться потери, вызванные внешними и внутренними причинами. К внешним можно отнести, например, падение доходов из-за невыполнения обязательств перед заказчиками. К внутренним — дополнительные затраты, связанные с изменением графика выпуска продукции, остановкой производства и т. п. Именно в связи с трудностью определения потерь из-за дефицита на практике применяется подход к определению страховых запасов, основанный на вероятности обслуживания, задаваемой управленцами.

Другим методом оптимизации страхового запаса является подход, основанный на таблицах платежей. Этот подход позволяет минимизировать сумму ожидаемых затрат и потерь для каждой дискретной точки заказа. В затраты включаются расходы на хранение единицы материального ресурса во время выполнения заказа. В потери включается все, что связано с дефицитом: потери прибыли, дополнительные затраты на транспортировку, ускорение поставок и т. п.

В системах с фиксированным периодом заказа просмотр уровня запасов выполняется через фиксированные временные интервалы, а заказы размещаются на такое количество материальных ресурсов, чтобы довести уровень запасов до некоторого заранее заданного уровня. Объем заказа определяется по формуле:

$$\text{Объем заказа} = \text{Верхний уровень запасов} - \text{Текущий уровень запасов} + \text{Ожидаемый спрос}$$

Системы подобного типа применяются там, где периодически проводится физическая инвентаризация запасов. Очевидным недостатком этих систем является повышенный риск возникновения дефицита, поскольку уровень запасов отслеживается только в строго определенные моменты времени. Поэтому в отличие от предыдущей системы здесь требуется больший уровень страхового запаса.

Самый важный момент для систем с фиксированным периодом — выбор оптимального момента времени (точки) заказа.

При малом периоде возрастают затраты на обработку заказов. При большом периоде резко возрастают уровень запасов и затраты на хранение и повышается вероятность дефицита. Следовательно, временной интервал между просмотрами должен быть таким, чтобы суммарные затраты были минимальными.

Ниже представлены предпосылки, при которых построена оптимизационная модель для систем с фиксированным периодом:

1. Годовой спрос, затраты на хранение, затраты на обработку заказа известны.

2. Средний уровень запаса равен 0,5 от среднего размера заказа. Это предположение соответствует: отсутствию страхового запаса; немедленному выполнению заказа в полном объеме; равномерному и одинаковому расходу материалов.
3. Потери, вызванные дефицитом и неудовлетворенностью заказчиков, не учитываются.
4. Скидки в зависимости от объема заказа не учитываются.

Помимо моделей, описывающих поведение систем с фиксированным количеством и фиксированным периодом, применяются и другие модели. Наиболее известны среди них гибридные модели и модели с одним периодом.

Гибридные модели объединяют в себе некоторые, но не все свойства моделей с фиксированным объемом и периодом. Одной из них является модель с необязательным пополнением запасов. Подобно системам с фиксированным периодом, просмотр запасов ведется в заданные моменты времени, а заказ дается на пополнение запасов до верхнего предела. Но в отличие от этих систем, пополнение не производится, если в момент просмотра запасы не снизятся ниже заданного уровня. Эта модель предотвращает подачу малых заказов и может быть эффективной при больших затратах на обработку заказа.

Другая довольно простая модель начинает свою работу с установления определенного уровня запаса. Затем, когда бы ни был произведен расход, немедленно подается заказ на пополнение, равный расходу. Эта модель предполагает, что запас будет поддерживаться приблизительно на одном уровне. Начальный запас принимается обычно равным ожидаемому спросу плюс страховой запас, и многие пополнения делаются относительно малыми партиями.

В ходе практической реализации систем управления запасами возникает ряд трудностей, для преодоления которых разработан ряд приемов. Один из таких приемов — применение так называемой ABC-классификации. Большое количество материальных ресурсов, используемых в больших производственных системах, вызывает потребность в их классификации по стоимостям. Подход, называемый ABC-классификацией, базируется на использовании того факта, что малый процент материальных ресурсов в натуральных единицах составляет основную долю в запасах в стоимостном выражении.

В табл. 1 показан пример ABC-классификации.

Все виды анализа, связанные с управлением запасами, должны чаще применяться к группе А, реже — к группе В, еще реже — к группе С.

Модели оптимизации размера партии при сохранении общего подхода развиваются в трех направлениях — увеличение числа составляющих затрат, обобщение модели для стохастического случая, адаптация к изменяющимся условиям.

Таблица 1

<i>Материал</i>	<i>Стоимость запасов, %</i>	<i>Количество в запасах, %</i>	<i>Группа в классификации</i>
Материал 1	75	20	А
Материал 2	20	30	В
Материал 3	5	50	С

Сегодня существуют многочисленные прикладные системы, комплексно решающие задачи управления запасами. В качестве таких систем можно назвать системы IBM, BAAN, R/3.

### **Планирование потребностей в ресурсах**

Системы планирования потребностей в ресурсах определяют количество и время всех производственных ресурсов, необходимых, чтобы произвести конечную продукцию, заданную в графике выпуска продукции. Производственные ресурсы включают материалы и полуфабрикаты, покупные изделия, изделия собственного производства, персонал, финансы и производственные мощности.

На рис. 14 показаны основные элементы систем планирования потребностей в ресурсах. Здесь выясняется, можно ли получить необходимые материальные ресурсы от поставщиков и достаточны ли производственные мощности, чтобы обеспечить выполнение графика выпуска продукции. Если экономически обоснованные возможности недостаточны, то график должен быть изменен. После того как определено, что график выпуска продукции допустим, планы потребностей в материальных ресурсах и мощностях становятся ядром краткосрочного плана производства. Исходя из плана потребностей в материальных ресурсах службы снабжения формируют план поставок всех приобретаемых материальных ресурсов, а службы управления производством составляют оперативные производственные планы.

Ниже описываются два основных элемента систем планирования потребностей в ресурсах — планирование материальных потребностей (MRP) и планирование потребностей в мощностях (CRP).

Планирование материальных потребностей базируется на том, что они определяются как зависимые. Спрос на ресурсы определяется как сумма потребностей по всем видам продукции, которые должны быть произведены.

Подсистема MRP выполняет следующие функции:

- воспринимает информацию MPS;



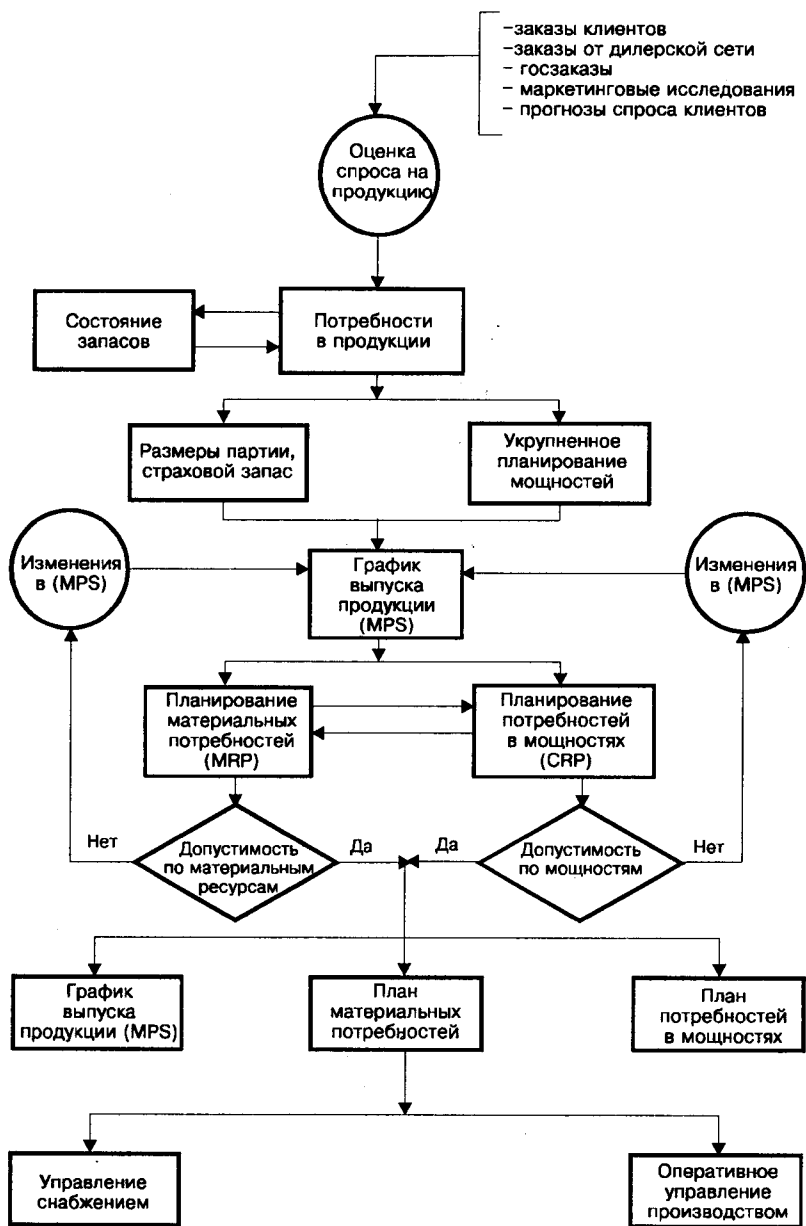
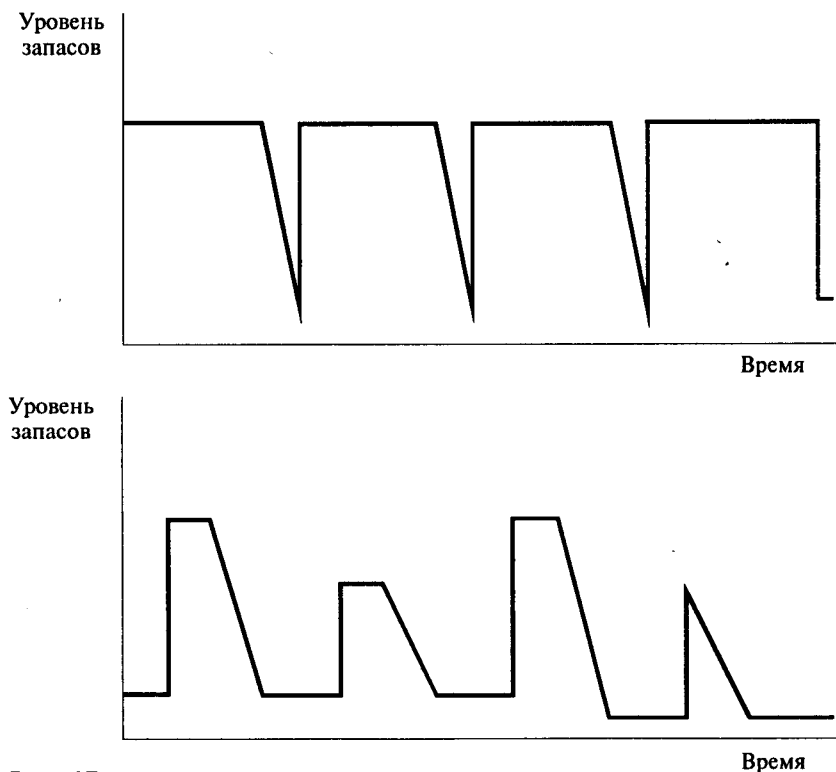


Рис. 14

- рассчитывает на основе MPS потребности в материалах, полуфабрикатах, DCE по интервалам планового горизонта;
- уменьшает эти потребности для тех материальных ресурсов, которые есть в запасах;
- строит график заказов на приобретение и производство в планируемом периоде.

MRP обеспечивает управленцев информацией, которая позволяет выдерживать сроки поставки продукции заказчикам и обеспечивает своевременность выполнения внутренних заказов в ходе производственного процесса.

На рис. 15 показана динамика уровня запасов при использовании системы MRP. Когда объем заказа фиксирован, применяется политика «точки заказа». При этом заказанное количество плюс страховой запас хранятся в запасах до тех пор, пока конечная продукция, в которой данные материалы и полуфабрикаты применяются, не



**Рис. 15**

- системы с фиксированным объемом и точкой заказа;
- система MRP.

попадет в график выпуска продукции. Но так как в ожидании попадания в график может пройти длительное время, то в итоге большую часть времени система будет работать с высоким уровнем запасов, а время с низким уровнем будет относительно невелико. Напротив, в MRP заказы на материальные ресурсы возникают синхронно с появлением изделия в графике выпуска продукции. Итогом является значительное снижение среднего уровня запасов и затрат на них.

Подсистема MRP позволяет лучше организовать управление количеством и временем поставки материальных ресурсов в производстве. Кроме того, входной поток материальных ресурсов становится управляемым в связи с изменениями производственных планов различных уровней.

Эти результаты являются следствием концепции, которая состоит в том, что все материальные ресурсы (материал, деталь, сборочная единица), необходимые для использования в производстве, должны прибыть одновременно туда, где производится конечная продукция, попавшая в график выпуска продукции. Такой подход позволяет ускорить движение ресурсов, которые запаздывают, и замедлить движение ресурсов, которые могут прибыть раньше срока.

Входами в MRP являются график выпуска продукции и данные состояния запасов и состава продукции. Эта входная информация обрабатывается программными средствами MRP. В результате выдается следующая выходная информация: обращение к данным состояния запасов, которые поддерживают данные в актуализированном состоянии; спланированные заказы для обеспечения графика; отчеты, обеспечивающие управленцев информацией для решения задач управления производством.

В MRP не рассматривается вопрос о допустимости графика. Предполагается, что график является допустимым с точки зрения производственных мощностей. График в MRP преобразуется в материальные потребности. Если эти потребности не могут быть удовлетворены располагаемыми материалами в запасах или в уже поданных заказах или существуют временные ограничения на новые заказы, тогда график выпуска продукции необходимо скорректировать. Этот процесс может выполняться параллельно с проверкой на допустимость по мощностям.

Проверка на допустимость графика по мощностям в некоторых системах ERP выполняется в модуле «Формирование графика выпуска продукции». Таким образом, в MRP попадает допустимый с этой точки зрения план верхнего уровня. Однако это не отменяет необходимость проверки на допустимость и на уровне MRP. Вообще в большинстве современных систем проверка планов на допустимость выполняется практически на всех уровнях планирования.

Подсистема планирования графика выпуска продукции управляет работой подсистемы MRP и является основой для MRP в части планирования потребностей в покупных материалах и в собственном производстве. По мере того как график обновляется, результаты работы MRP также модифицируются. Заказы на материальные ресурсы ускоряются, замедляются или выводятся из системы. Характер закрепления плана в графике выпуска продукции повторяется и в MRP.

Данные о составе изделия и применяемости материалов (bill of material или product structure file) представляют собой полный список всех выпускаемых изделий, количество материалов на единицу продукции, структуру продукции. Данные поддерживаются в актуальном состоянии по мере проектирования и конструирования изделий и внесения проектно-конструкторских изменений. Актуализированное состояние данных является одним из основных условий работы подхода MRP. При условии, что данные актуализированы и точны, график выпуска продукции сразу после его подготовки может быть преобразован в материальные потребности.

Таким образом, подсистема MRP работает следующим образом:

1. Из MPS получается количество изделий, которые необходимо выпустить в каждом интервале планируемого периода.

2. К изделиям присоединяются сервисные изделия, которые не были включены в график, но исходя из заказов клиентов рассматриваются как конечная продукция.

3. Информация об изделиях, определенных выше, преобразуется в общие потребности по всем материальным ресурсам по всем периодам заданного горизонта с учетом информации о составе изделия и применяемости материалов.

4. С помощью информации о состоянии запасов вычисляются для каждого периода чистые потребности по формуле:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Чистые} & = & \text{Общие} & - & \text{Запас в} & + & \text{Страховой} \\ \text{потребности} & & \text{потребности} & & \text{наличии} & & \text{запас} \\ & & + & & \text{Запасы, предназначенные} & & \\ & & & & \text{для других предприятий} & & \end{array}$$

Если чистые потребности не нулевые, необходимо сформировать заказы на соответствующий материальный ресурс.

5. Заказы сдвигаются на ранние временные периоды в соответствии с производственными циклами или циклами выполнения заказов поставщиками. Так определяется время запуска заказа в производство или подачи заказа поставщику.

Из MRP выдаются транзакции в подсистему управления запасами (перечень запускаемых заказов, изменения в заказах и т. п.), которые используются для корректировки файла состояния запасов. Всякий раз, когда возникают чистые потребности в материальных ресурсах, в MRP должно вырабатываться решение об оптимальном размере партии заказа (lot-sizing decision). Существуют различные методы ее решения. В их числе, в частности, метод нормативного заказа (lot-for-lot (LFL)) и метод периодического пополнения запасов (period order quantity (POQ)). Первый заключается в том, что размер партии принимается равным чистым потребностям. Во втором размер партии принимается равным чистым потребностям за период, длительность которого является параметром системы. Практическое применение в реальных системах находят указанные методы или их модификации.

В модулях MRP многих систем допускается планирование только изменений. В этих системах график выпуска продукции обновляется только за счет изменений. Система MRP затем приводится в действие, чтобы выдать выходную информацию, касающуюся только произведенных изменений, а не всего нового графика. Такой подход означает, что все расчеты выполняются на подмножестве планово-учетных единиц из графика. С точки зрения теории управления такой подход является правомерным, однако он не всегда оказывается эффективным, так как может привести в ряде случаев к росту трудоемкости и затрат вычислительных ресурсов на отбор подмножества, для которого производится определение материальных потребностей.

Для относительно несложных производственных процессов используется периодический перерасчет MRP на полном множестве. Такие системы, безусловно, проще в проектировании и внедрении. Однако они не могут применяться постоянно для многономенклатурного многосерийного и индивидуального производства, так как это привело бы к резкому возрастанию потребностей в вычислительных ресурсах и снижению эффективности системы управления.

Модули MRP находят применение и в специфических производствах, осуществляющих сборку-под заказ (assemble-to-order). В этих производствах номенклатура конечной продукции необычайно высока, поскольку заказчики получают возможность выбрать многочисленные конфигурации. На основе небольшого количества базовых моделей изделий и многочисленных опциональных возможностей число видов конечной продукции может достигать астрономических величин.

По этой причине на предприятиях, осуществляющих сборку под заказ, график выпуска продукции и план материальных потребностей MRP обрабатываются отдельно от графика сборки под заказ

(final assembly schedule (FAS)). График FAS обычно разрабатывается на одну-две недели, и в него включается уникальная продукция, заказанная клиентами. В то же самое время график выпуска продукции, MRP и все другие элементы системы планирования потребностей в ресурсах имеют дело с более длительными производственными циклами и не базируются на уникальных заказах. В системе MPS при построении FAS обрабатывается так называемый модульный состав изделия (modular bill of material), который отражает свойства семейства продукции. Он представляет собой список с указанием прогнозируемого в процентах спроса клиентов на варианты, которые создаются на основе базовой комплектации, общей для всех заказов. Такой подход значительно уменьшает нагрузку на вычислительную систему со стороны MRP, но приводит к необходимости применения специальных методов и средств построения FAS и ведения файла состава изделия.

Планирование потребностей в производственных мощностях представляет собой часть системы планирования потребностей в ресурсах. Она предназначена для проверки графика выпуска продукции на допустимость по мощностям. В ходе этой проверки план прорабатывается до уровня, где заказы связаны с рабочими местами, а в ходе принятия решения могут рассматриваться сверхурочные, установка дополнительного оборудования, возможности выполнения работ по субконтракту на стороне.

Подсистема CRP выбирает информацию о заказах, порожденную в планах MRP, и приписывает заказы к рабочим местам в соответствии с маршрутными технологиями. В маршрутных технологиях задана последовательность производственных процессов для каждого заказа. Затем информация о партиях материальных ресурсов преобразуется в данные о нагрузке на мощности на основе норм затрат труда и времени работы оборудования. Затем составляются графики нагрузки по всем заказам для каждого рабочего места. Если мощность достаточна по всем рабочим местам во всех временных периодах, то график MPS утверждается. Если нет, то должно быть выяснено, нельзя ли изменить мощности каким-либо рациональным способом — за счет сверхурочных, установки дополнительного оборудования или передач заказов на сторону по субконтракту. Если таких возможностей нет, то необходимо пересмотреть маршруты с целью снижения нагрузки на «узкие места» или пересмотреть график выпуска с точки зрения изменения в первую очередь сроков запуска и, если возможно, сроков выпуска.

Центральным моментом проверки допустимости графика MPS является построение графиков нагрузки по рабочим местам.

График нагрузки создается для сравнения нагрузки с располагаемыми мощностями по периодам горизонта планирования. Гра-

фики нагрузки строятся от завершающихся стадий производства к начальным.

Иногда детализация плана MRP до работ не производится, а оценка его допустимости выполняется на основе производственных циклов для компонент и объемно-календарных оценок потребностей в мощностях.

## **Оперативное управление производством**

Практически во всех базовых системах можно встретить две обособленные подсистемы для оперативного управления производством. Первая предназначена для мелкосерийного и индивидуального производства, организованного по технологическому принципу (*process-focused factories*), а вторая — крупносерийного и массового — производства, организованного по предметному принципу (*product-focused factories*).

В мелкосерийном и индивидуальном производстве обычно применяются системы «с проталкиванием». На рис. 16 показано, что импульсом к началу работ по оперативному управлению становятся результаты работы задачи определения материальных потребностей, доведенные до определения партий и сроков запуска заказов, необходимых для обеспечения графика выпуска продукции.

На основе этой информации управленцы получают возможность составлять ежедневные графики работ и принимать другие оперативные решения цехового уровня, которые включают определение очередности выполнения заказов на уровне рабочих мест (участков, обрабатывающих центров), закрепление заказов за единицами оборудования внутри участков и управление ходом производства на цеховом и более глубоких уровнях.

В ходе оперативного управления выполняются следующие действия:

1. Каждому заказу приписывается приоритет, который определяет относительную важность заказа. Это позволяет задать очередность обработки заказов в участках.

2. Выдаются диспетчерские списки (*dispatching list*) для каждого участка. В диспетчерских списках задается следующая информация: перечень заказов, приоритеты, сроки выпуска заказа из участка. Иногда диспетчерские списки формируются только для отстающих позиций.

3. Постоянно корректируется информация о запасах незавершенного производства (*work-in-process inventory*). Определяются следующие параметры: местонахождение каждого заказа и количество предметов в нем; передачи заказов между участками; уровень брака;





эффективное использование мощностей, их перегрузку, сбои в ходе производственного процесса в рамках участков.

В ходе управления по запуску-выпуску можно определить, были ли трудоемкости работ на входе и на выходе одинаковы, если мощность участка была равна плановой. Если на участок поступил слишком большой объем работ по сравнению с мощностью, это может привести к росту объема незавершенного производства. Когда на участке скапливается слишком большое количество работ, это приводит к нарушениям производственного процесса не только на данном участке, но и на последующих. Напротив, если входной поток работ слишком мал, это приводит к низкой загрузке и простоям персонала.

Целям координации графиков участков служат диаграммы Ганта. Они обычно используются для визуального представления работ, которые выполняются на каждом участке. На рис. 17 показан пример диаграммы Ганта для цеха, состоящего из пяти участков.

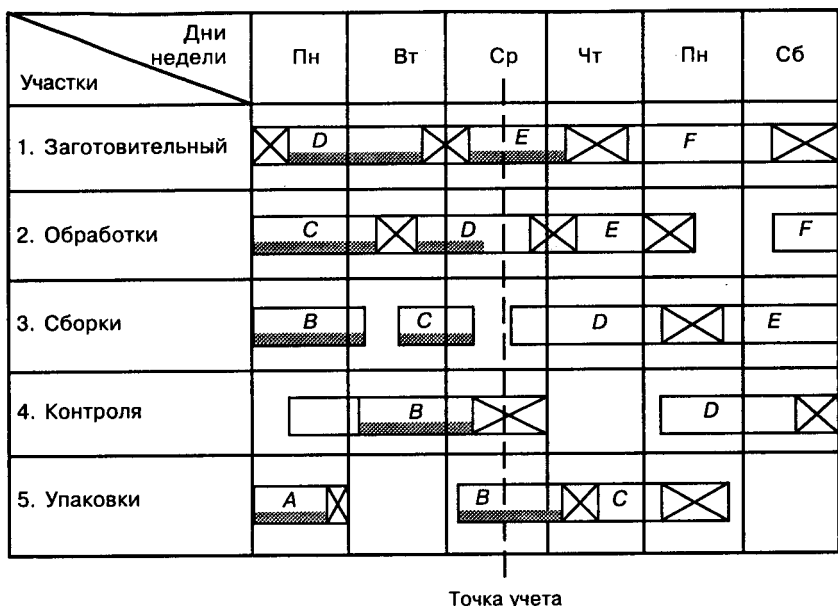
Сочетание управления запуском-выпуском и диаграмм Ганта обеспечивает управленцев систематической информацией для координации потоков работ между участками.

Следующий важный момент в оперативном управлении — задание приоритетов для работ на участке. Практическое решение задачи оперативно-календарного планирования заключается в применении правил приоритетов.

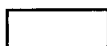
Широко применяются следующие правила приоритетов:

1. Первый пришел — первым обслужен (First-come first served (FCFS)).
2. По наименьшему времени выполнения (Shortest processing time (SPT)).
3. С наиболее ранней требуемой датой выполнения (Earliest due date (EDD)).
4. Критическое число (Critical ratio (CR)). Первой выполняется работа с наименьшим критическим числом, которое представляет собой отношение времени до требуемой даты выпуска к общему оставшемуся времени выполнения работы.
5. Наименьшие затраты на переналадку (Least changeover cost (LCC)). Очередность выполнения работ определяется на основе анализа общих затрат на переналадку между этими работами.

Опыт использования правил предпочтения показал, что не существует какого-либо одного правила, приводящего к наилучшим результатам по всем критериям и при всех условиях.



Условные обозначения:



Запланированное  
отсутствие  
работ



Фактическое  
выполнение  
работы



Непроизводительные  
расходы времени  
(ремонт, переналадка)

**Рис. 17**

Один из подходов к построению системы оперативно-календарного планирования заключается в следующем. Сначала для репрезентативной выборки работ моделируют расписание с помощью различных правил приоритетов. По результатам моделирования отбирают наиболее удачное правило с точки зрения наиболее важного критерия. С этого момента найденное правило становится составной частью системы оперативно-календарного планирования.

Наиболее часто применяемый критерий при оценке расписаний работ — длительность совокупного производственного цикла. Минимизация этого показателя удовлетворительно коррелирует с задачами минимизации затрат на производство и максимизации загрузки оборудования. В общем случае эта задача для  $n$  работ, выполняемых на  $m$  участках (рабочих центрах, станках). Эта задача не имеет точного решения. Как правило, для ее приближенного решения применяют такие правила, как SPT, CR, EDD.

## **Управление материальными ресурсами и снабжением**

В рамках производственного процесса существует материальная система, которая охватывает все материальные ресурсы, участвующие в производственном процессе, начиная от находящихся у поставщиков и заканчивая отправленными заказчику.

Процесс управления охватывает все виды материальных потоков, существующих на стадиях снабжения, производства, хранения, отгрузки и распределения готовой продукции. На рис. 18 показаны связи между системами планирования потребностей в материальных ресурсах и управлением материальными ресурсами.

Материальное управление в различных системах может отличаться, но, как правило, включает управление закупкой, логистикой, хранением, темпом выполнения операций.

Наиболее часто встречаются следующие функции по управлению закупками:

1. Ведение баз данных о поставщиках. Здесь содержится информация о поставщиках, их настоящей и будущей продукции, качестве продукции и ценах.

2. Отбор поставщиков для каждого вида материальных ресурсов. Отбор выполняется на основе анализа поставщиков.

3. Заключение контрактов с поставщиками. В контракты обычно включаются такие условия и требования, как цена, платежи, скидки, график поставки, качество, условия эксплуатации, условия оплаты.

4. Обеспечение связи всех подразделений фирмы с поставщиками.

5. Основными документами, с которыми работает отдел закупок, являются: материальная спецификация (material specification), заявка на закупку (purchase requisition), запрос о ценах (request for quotation), заказ на закупку (purchase order). Эти и многие другие документы формируются на ЭВМ.

Логистикой называют управление движением материальных ресурсов внутри предприятия, отгрузкой материалов от поставщика и отгрузкой готовой продукции заказчику.

Управление осуществляется следующими процессами:

1. Выгрузкой материала из транспортного средства и размещением его во входном складе.

2. Перемещением материала из входного склада к месту входного контроля.

3. Перемещением материала от места входного контроля к месту хранения и его пребывания там, пока он не понадобится.

4. Отпуском материала со склада и подачей его к месту использования в производстве.

5. Перемещением материала между операциями.



Под хранением материалов на складе (warehousing) понимают комплекс функций, включающих помещение в склад, размещение внутри склада, заказ на отпуск и инвентаризацию. Эти функции выполняются для всех видов материальных ресурсов от материалов и полуфабрикатов до готовой продукции.

Как правило, в дискретном производстве материалы сначала прибывают на склад, где фиксируется их попадание в запасы. Затем по заявкам на отпуск (stock requisition), которые исходят от производства, они подаются в назначенное время в требуемое место.

В ходе хранения изменение состояния материального ресурса отмечается в виде записей в базе данных (stock record). Отдельные позиции, для которых делаются отдельные записи, называются единицами хранения (stock-keeping unit (SKU)). В ходе инвентаризации все записи обрабатываются, что дает возможность определить наличие, приход, расход и другие изменения, которые влияют на баланс единиц хранения. Кроме того, записи могут отражать ожидаемые поступления, обещанные к отпуску или распределенные единицы хранения, даже если последние находятся все еще в запасах.

Многие фирмы сегодня используют компьютерные системы с непрерывной инвентаризацией (perpetual inventory-accounting system), в которых записи обрабатываются в реальном времени. В этих записях, однако, могут быть ошибки, и для того, чтобы компенсировать их воздействие, в системы включаются режимы периодических подсчетов (cycle counting).

Периодичность подсчетов может быть различной: при достижении точки заказа, при поставке, через определенный временной интервал. Все материалы в зависимости от их ценности делятся на три группы — А, В, С. Для каждой группы может быть установлена своя периодичность. В ходе производства возникают ситуации, требующие корректирующего воздействия типа ускорения (expediting) или замедления (de-expediting) прохождения заказов через систему управления материальными ресурсами. Многие прикладные системы содержат в своем составе процедуры и функции, обеспечивающие адаптивность, которая заключается в изменении скорости прохождения заказов.

Системы типа ERP активно применяются также для решения задач оптимизации маршрутов перевозок, оптимизации загрузки транспортных средств, обеспечения связи между участниками процесса транспортировки и отправителями, формирование планов отгрузки продукции и запасных частей. Одна из тенденций современных ERP-систем — интеграция систем управления логистикой, транспортировкой и распределительными системами.

## **Новые идеи и методы в ERP**

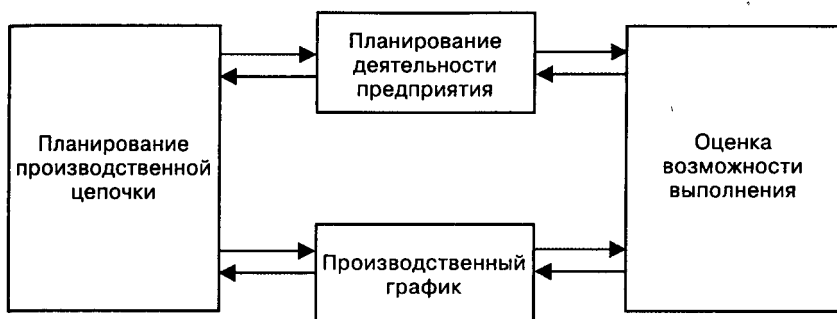
Развитие идей, методов и средств управления производственными системами привело к появлению систем нового поколения, получивших название «продвинутых систем управления» (Advanced Planning and Scheduling System — APS). Их нельзя рассматривать исключительно как новые информационные технологии. Напротив, новые технологии в них используются для реализации новых методов организации и управления производством.

На протяжении 1994—1996 гг. рынок систем ERP развивался высокими темпами. Объем продаж возрастал примерно на 40% в год. Такие темпы считаются необычайно высокими в любой отрасли. В то же самое время объем продаж APS-систем возрастал вдвое быстрее. Начинает проявляться тенденция к фундаментальному изменению тех концепций управления, на которых строятся современные системы ERP. Многие из этих концепций входят в противоречие с требованиями к управлению в динамичных производственных системах. Заказчикам продукции требуются как можно меньшие длительности выполнения заказов в сочетании с высокой точностью выдерживания сроков. Часто эти требования измеряются уже не днями или неделями, а часами и минутами. Кроме того, все отчетливее проявляется такое требование к системам управления, как сочетание массового характера производства с индивидуальным исполнением изделий (mass customization).

Можно выделить следующие направления, в которых совершается переход от ERP к APS:

- повышение степени детализации при планировании мощностей, что позволяет принимать более обоснованные плановые решения;
- появление новых информационных технологий, позволяющих одновременно повысить степень детализации и решать в реальном времени задачи анализа и моделирования;
- включение в системы специальных средств, которые приспособлены к работе высшего звена;
- рассмотрение задач с одновременными ограничениями на доступные материальные ресурсы и мощности;
- формирование плановых решений одновременно для многих заводов;
- улучшение обратной связи в виде задач учета фактического состояния процессов за счет повышения точности и оперативности;
- широкое применение методов оптимизации плановых решений;
- динамический подход к ведению информации о производственных циклах.

Обычно системы APS представляют собой объединение четырех взаимосвязанных процессов. Во всех четырех процессах довольно часто используются одни и те же подходы к планированию, но входные данные и ограничения отличаются. На рис. 19 показаны четыре шага модели APS.



**Рис. 19**

Планирование производственной цепочки (Supply Chain Planning — SCP) — это высший уровень системы планирования. Подход к планированию предполагает учет необходимых факторов как внутри, так и вне предприятия. Могут включаться такие внешние факторы, как мощности смежников и поставщиков, уровень спроса со стороны покупателей продукции, варианты организации транспортировки.

С помощью SCP вырабатываются допустимые планы с учетом ограничений на производственные мощности по всей производственной цепочке. Цель данного шага заключается в обеспечении координации планов и графиков, базирующихся на использовании этих ресурсов.

Планирование деятельности предприятия состоит в том, что бизнес-планы, производственные мощности и материальные ресурсы оптимизируются с целью удовлетворения рыночного спроса или спроса отдельных заказчиков. На этом уровне рассматриваются основные производственные ресурсы и материальные потребности и вырабатывается допустимый план, который затем улучшается с учетом других ограничений и целей предприятия. В качестве ограничений обычно рассматриваются мощности производства и распределительной сети, доступность материальных ресурсов и других наиболее важных ресурсов, а в качестве целей — степень удовлетворения спроса заказчиков, прибыль, уровень запасов и т. п. Вообще, этот шаг объединяет и оптимизирует выполнение функций, традиционно выполняемых модулями ERP верхнего уровня (бизнес-пла-

нирование, планирование производства, формирование графика выпуска продукции, расчет потребностей на производственную программу).

Используя полученный ранее план работы предприятия как входной, модуль производственного планирования (Production Scheduling) имеет дело с доступными материальными ресурсами, детализированной информацией о мощностях и информацией о состоянии хода производства для того, чтобы решать задачу календарного планирования, имея главной целью выполнение сроков завершения заказов. В ходе производственного планирования, которое имеет календарный характер, используются те же самые цели и ограничения, что и на предыдущем уровне, но и информация более детализирована. Материальные ресурсы привязаны к конкретным операциям, на которых они используются, чтобы повысить точность определения критических материальных потребностей. Производственное планирование выполняет также функцию регулирования для более высокого уровня с тем, чтобы скорректировать сроки и количества при реализации материальных потребностей внутри предприятия и от смежников.

Оценка возможности выполнения (available-to-promise — ATP) — это средство обеспечения функционирования трех предыдущих уровней. Она специально введена в систему, чтобы повысить точность определения обещаемых заказчикам дат выполнения заказов. При решении этой задачи используется информация из имеющегося производственного плана, а также о ресурсах, необходимых для производства уже имеющихся, но не включенных в план заказов. Новая концепция вычисления ATP в реальном времени, то есть на основе не статического, а динамически скорректированного производственного плана, иногда называется задачей о возможности выполнения заказов на основе доступных мощностей (capable-to-promise или capacity-to-promise — CTP).

Системы APS представляют собой сегодня скорее обобщенную модель и модули, чем интегрированные продукты. Они используются совместно с уже имеющимися системами планирования.

В современных системах APS применяется широкий спектр алгоритмов оптимизации.

Наиболее часто встречаются следующие подходы.

**Линейное программирование.** Задача оптимизации решается для линейной целевой функции при линейных ограничениях и ограничениях на переменные.

**Алгоритмы типа случайного поиска.** Группа методов, основанная на принципе генерирования, анализа и отбора лучшего варианта плана. При этом лучший текущий план может явиться для следую-



щей итерации базовым, в окрестности которого будет продолжаться поиск.

**Алгоритмы, основанные на теории ограничений.** Теория ограничений представляет собой подход к календарному планированию, в котором сначала строится план для «узкого места» в системе, а затем от него для всех остальных элементов системы.

**Эвристические алгоритмы.** Развитая группа методов, доступная благодаря мощности современных ЭВМ. Это, как правило, алгоритмы неслучайного поиска, которые заключаются в просмотре переменных в положительном и отрицательном направлении с целью улучшить план. При этом активно используется специфика задачи. Одна из особенностей реализации эвристических алгоритмов: фирмы-производители систем APS часто продают их в виде «черных ящиков», не раскрывая их содержания.

Моделирование и поддержка принятия решений — это одно из основных средств подхода APS, особенно тех, которые ориентированы на планирование верхнего уровня.

Практически все APS-системы обладают возможностями моделирования. Диапазон возможностей широк — от ведения многочисленных копий планов для пошагового сравнения до возможности анализа затрат для различных планов. Многие программные системы имеют встроенные панели, которые отображают результаты оптимизации и организуют их передачу для имитационного моделирования.

Потенциал систем APS в области моделирования далеко не исчерпан. Сейчас они ориентированы в основном на поддержку принятия тактических решений, связанных с появлением новой продукции или новых заказов. Потенциальные возможности распространяются на решения стратегического характера, такие, как строительство новых заводов, объединение предприятий, поведение рынка.

Сегодня многие фирмы-разработчики включают модули APS в ядро своих систем типа ERP или вступают в кооперацию с ведущими производителями.

### **Некоторые особенности развития**

Таким образом, концепции MRPII/ERP постоянно эволюционируют и совершенствуются. В каждый момент времени в них можно выделить, условно говоря, три слоя.

В первом слое находятся те методы и средства, которые проверены практикой и закреплены в виде стандартов. В США существует система стандартов, которая поддерживается государством, в частности Министерством обороны. В этих стандартах сформулированы требования к информационным системам фирм, выполняющих го-

сударственные заказы. В результате на стадии заключения контракта повышается уверенность государства в разумном расходовании бюджетных средств, а на стадии его выполнения осуществляется всесторонний контроль за сроками выполнения и фактическими затратами. В качестве примера можно упомянуть правительственный документ «Требования к системам управления материальными процессами» (Material Management and Accounting System — MMAS).

Стандарты в первую очередь определяют требования к функциональной насыщенности систем управления, методам и результатам получения отчетности о финансовом состоянии контрактов. Фирмы — производители базовых систем тщательно следуют этим стандартам. Именно по этой причине сравнительный анализ различных базовых систем (особенно крупномасштабных) может потребовать значительных усилий, поскольку на первый взгляд функциональные возможности практически не отличаются.

Второй слой составляют достаточно устойчивые, часто применяемые методы и приемы, которые, однако, не носят обязательного характера. Эти методы и приемы можно обнаружить при более глубоком анализе функциональных структур. В качестве примеров можно привести методологию скользящего планирования в MPS/MRP, алгоритмы образования партий в MRP, правила приоритетов в SFC и многое другое.

Этот слой, жестко не регламентируемый, тем не менее представляет собой довольно стройную систему взаимосвязанных идей и методов. Главная роль в поддержании этой части концепций MRPII/ERP принадлежит, безусловно, Американскому обществу управления производством и запасами (APICS), основанному в 1957 г. Сегодня APICS объединяет около 70 000 специалистов из многих стран мира, представляющих около 20 000 компаний. В их числе примерно 500 компаний США, работающих в области систем MRPII/ERP. Среди направлений деятельности APICS — распространение информационных материалов; оповещение о публикациях и проектах в области образования и переподготовки; реализация двух программ сертификации специалистов — по управлению производством и запасами (CPIM) и интегрированными ресурсами (CIRM); проведение очных и заочных конференций. APICS периодически издает толковый словарь «APICS's Dictionary», который содержит сотни терминов, относящихся к MRPII/ERP, и способствует унификации терминологии. Этот момент исключительно важен, особенно для потенциальных пользователей в России на стадии анализа и выбора базовой системы. Значительный интерес представляют имеющиеся в Internet рекомендуемые APICS списки литературы по различным вопросам MRPII/ERP. Действует гибкая система членства в APICS, предусматривающая четыре вида членства — для корпораций, спе-

специалистов, учащихся университетов и колледжей, пенсионеров. Внутри APICS выделена группа, специализирующаяся в области управления сложными отраслями промышленности (CI SIG), такими, как аэрокосмическая и оборонная.

К третьему слою идей и методов MRPII/ERP следует отнести то новое, что вносят в свои базовые системы фирмы — производители программных продуктов. Реализованные на их основе новые информационные технологии представляют собой «know-how» фирм-разработчиков. Как правило, именно в этом слое можно обнаружить значительные отличия продуктов различных фирм. Некоторые из новых технологий в состоянии оказывать серьезное влияние на эффективность построения крупных информационных систем. К ним относится, например, «Система динамического моделирования» (Dynamic Enterprise Modeling — DEM) фирмы BAAN, которая представляет собой проблемно-ориентированную CASE-технологию проектирования систем управления предприятиями.

Видное место среди идей и методов систем MRPII/ERP принадлежит специально разработанным методикам внедрения систем. Анализ литературы и опыт общения со специалистами различных фирм показывают, что на сегодняшний день сложилось устойчивое представление о том, в какой последовательности и какими методами следует внедрять системы типа MRPII/ERP. Тщательное планирование проектов по внедрению, организация деятельности коллективов, упор на переподготовку персонала всех уровней (особенно высшего уровня) — вот далеко не полный перечень условий достижения положительных результатов. Этой работой занимаются сотни консалтинговых фирм различного масштаба, университеты, бизнес-школы.

Наличие мощной инфраструктуры и методологии построения систем способствует достижению высокого уровня эффективности при внедрении систем управления типа MRPII/ERP на промышленных предприятиях. По некоторым оценкам, внедрение подобных систем способно привести к сокращению запасов до 30%, росту производительности труда до 25%, возрастанию количества заказов, выполненных в срок, до 20%.

Изучение концепций MRPII/ERP будет, несомненно, полезным для руководителей российских предприятий и специалистов в области организации и управления в промышленности.

# **ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СИСТЕМЫ**

---

## **Модели ЖЦ и его основные этапы**

При описании жизненного цикла системы используются следующие понятия:

- процесс — цепочка последовательно выполняемых работ;
- этапы — последовательные отрезки времени, в течение которого выполняются работы. В течение этапа могут выполняться работы, относящиеся к разным процессам.

В основе деятельности по созданию и использованию автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) лежит понятие ее жизненного цикла (ЖЦ). ЖЦ является моделью создания и использования АСУП, отражающей ее различные состояния, начиная с момента возникновения необходимости в данном изделии и заканчивая моментом его полного выхода из употребления у всех без исключения пользователей.

Традиционно выделяются следующие основные этапы ЖЦ АСУП:

- анализ требований;
- проектирование;
- программирование/внедрение;
- тестирование и отладка;
- эксплуатация и сопровождение.

ЖЦ образуется в соответствии с принципом нисходящего проектирования и, как правило, носит итерационный характер: реализованные этапы, начиная с самых ранних, циклически повторяются в соответствии с изменениями требований и внешних условий, введением ограничений и т. п. На каждом этапе ЖЦ порождается определенный набор документов и технических решений, при этом для каждого этапа исходными являются документы и решения, полученные на предыдущем этапе. Каждый этап завершается верификацией порожденных документов и решений с целью проверки их соответствия исходным.

Существующие модели ЖЦ определяют порядок исполнения этапов в ходе разработки, а также критерии перехода от этапа к этапу. В соответствии с этим наибольшее распространение получили три следующие модели ЖЦ:

1. **Каскадная модель** (в 70—80-е годы) — предполагает переход на следующий этап после полного окончания работ по предыдущему

этапу и характеризуется четким разделением данных и процессов их обработки.

**2. Поэтапная модель с промежуточным контролем** (в 80—85-е годы) — итерационная модель разработки с циклами обратной связи между этапами. Преимущество такой модели заключается в том, что межэтапные корректировки обеспечивают меньшую трудоемкость по сравнению с каскадной моделью; с другой стороны, время жизни каждого из этапов растягивается на весь период разработки.

**3. Спиральная модель** (в 86—90-е годы) — делает упор на начальные этапы ЖЦ: анализ требований, проектирование спецификаций, предварительное и детальное проектирование. На этих этапах проверяется и обосновывается реализуемость технических решений путем создания прототипов. Каждый виток спирали соответствует поэтапной модели создания фрагмента или версии системы, на нем уточняются цели и характеристики проекта, определяется его качество, планируются работы следующего витка спирали. Таким образом углубляются и последовательно конкретизируются детали проекта и в результате выбирается обоснованный вариант, который доводится до реализации.

Специалистами отмечаются следующие преимущества спиральной модели:

- накопление и повторное использование программных средств, моделей и прототипов;
- ориентация на развитие и модификацию системы в процессе ее проектирования;
- анализ риска и издержек в процессе проектирования.

Отметим, что главная особенность индустрии АСУП состоит в концентрации сложности на начальных этапах ЖЦ (анализ, проектирование) при относительно невысокой сложности и трудоемкости последующих этапов. Более того, нерешенные вопросы и ошибки, допущенные на этапах анализа и проектирования, порождают на последующих этапах трудные, часто неразрешимые проблемы и, в конечном счете, могут лишить успеха.

## **Анализ требований**

Анализ требований является первой фазой разработки АСУП, на которой требования заказчика уточняются, формализуются и документируются. Фактически на этом этапе дается ответ на вопрос: «Что должна делать будущая система?». Именно здесь лежит ключ к успеху всего проекта. В практике создания больших систем известно немало примеров неудачной реализации проекта именно из-за неполноты и нечеткости определения системных требований.

Список требований к АСУП должен включать:

- совокупность условий, при которых предполагается эксплуатировать будущую систему (аппаратные и программные ресурсы, предоставляемые системе; внешние условия ее функционирования; состав людей и работ, имеющих к ней отношение);
- описание выполняемых системой функций;
- ограничения в процессе разработки (директивные сроки завершения отдельных этапов, имеющиеся ресурсы, организационные процедуры и мероприятия, обеспечивающие защиту информации).

Целью анализа является преобразование общих, неясных знаний о требованиях к будущей системе в точные (по возможности) определения. Результатом этапа должна являться модель требований к системе (по другому — системный проект), определяющая:

- архитектуру системы, ее функции, внешние условия, распределение функций между аппаратной и программной частями (ПЧ);
- интерфейсы и распределение функций между человеком и системой;
- требования к программным и информационным компонентам ПЧ, необходимые аппаратные ресурсы, требования к базе данных, физические характеристики компонент ПЧ, их интерфейсы.

Модель требований должна включать:

- полную функциональную модель требований к будущей системе с глубиной проработки до уровня каждой операции каждого должностного лица;
- спецификации операций нижнего уровня;
- пакет отчетов и документов по функциональной модели, включающий характеристику объекта моделирования, перечень подсистем, требования к способам и средствам связи для информационного обмена между компонентами, требования к характеристикам взаимосвязей системы со смежными системами, требования к функциям системы;
- концептуальную информационную модель требований;
- пакет отчетов и документов по информационной модели;
- архитектуру системы с привязкой к концептуальной информационной модели;
- предложения по оргштатной структуре для поддержки системы.

Таким образом, модель требований содержит функциональную, информационную и, возможно, событийную (в случае если целевая система является системой реального времени) модели, обес-

печивающие ряд преимуществ по сравнению с традиционной моделью:

1. Для традиционной разработки характерно осуществление начальных этапов кустарными неформализованными способами. В результате заказчики и пользователи впервые могут увидеть систему после того, как она уже в большей степени реализована. Естественно, эта система будет отличаться от того, что они ожидали увидеть. Поэтому далее последует еще несколько итераций ее разработки или модификации, что требует дополнительных (и значительных) затрат денег и времени. Ключ к решению этой проблемы и дает модель требований, позволяющая:

- описать, «увидеть» и скорректировать будущую систему до того, как она будет реализована физически;
- уменьшить затраты на разработку и внедрение системы;
- оценить разработку по времени и результатам;
- достичь взаимопонимания между всеми участниками работы (заказчиками, пользователями, разработчиками, программистами и т. д.);
- улучшить качество разрабатываемой системы, а именно выполнить ее функциональную декомпозицию и спроектировать оптимальную структуру интегрированной базы данных.

2. Модель требований полностью независима и отделяема от конкретных разработчиков, не требует сопровождения ее создателями и может быть безболезненно передана другим лицам. Более того, если по каким-либо причинам предприятие не готово к реализации системы на основе модели требований, она может быть положена «на полку» до тех пор, пока в ней не возникнет необходимость.

3. Модель требований может быть использована для самостоятельной разработки или корректировки уже реализованных на ее основе программных средств силами программистов отдела автоматизации предприятия.

4. Модель требований может использоваться для автоматизированного и быстрого обучения новых работников конкретному направлению деятельности предприятия, поскольку ее технология содержится в модели.

Этап анализа требований является важнейшим среди всех этапов ЖЦ. Он оказывает существенное влияние на все последующие этапы, являясь в то же время наименее изученным и понятным процессом. На этом этапе, во-первых, необходимо понять, что предполагается сделать, а во-вторых, задокументировать это, так как если требования не зафиксированы и не сделаны доступными для участников проекта, то они вроде бы и не существуют. При этом язык, на котором формулируются требования, должен быть достаточно прост и понятен заказчику.

С другой стороны, рассматриваемый этап ЖЦ является наиболее трудной частью разработки. Нижеследующие проблемы, с которыми сталкивается системный аналитик, взаимосвязаны (и это является одной из главных причин сложности их разрешения):

- аналитик не всегда располагает исчерпывающей информацией для оценки требований к системе с точки зрения заказчика;
- заказчик, в свою очередь, не имеет достаточной информации о проблеме обработки данных для того, чтобы судить, что выполнимо, а что нет;
- аналитик сталкивается с чрезмерным количеством подробных сведений как о предметной области, так и о новой системе;
- традиционная (текстовая) спецификация системы из-за объема технических терминов часто непонятна заказчику;
- если такая спецификация понятна заказчику, она будет недостаточной для проектировщиков и программистов, создающих или адаптирующих систему.

Конечно, применение известных аналитических методов снимает отдельные проблемы анализа, однако приемлемое решение совокупности этих проблем может быть найдено только путем применения современных методик системной и программной инженерии, ключевое место среди которых занимают методологии структурного и объектно-ориентированного анализа.

### **Структурные методы анализа**

Структурным анализом принято называть метод исследования системы, который начинается с общего обзора ее и затем детализируется, приобретая иерархическую структуру со все большим числом уровней. Для таких методов характерно:

- разбиение на уровни абстракции с ограничением числа элементов на каждом из уровней (обычно от 3 до 7, при этом верхняя граница соответствует возможностям человеческого мозга воспринимать определенное количество взаимоувязанных объектов, а нижняя выбрана из соображений здравого смысла);
- ограниченный контекст, включающий лишь существенные на каждом уровне детали;
- использование строгих формальных правил записи;
- последовательное приближение к конечному результату.

Методы структурного анализа позволяют преодолеть сложность больших систем путем расчленения их на части («черные ящики») и иерархической организации этих черных ящиков. Преимущество использования черных ящиков заключается в том, что их пользователю



не требуется знать, как они работают, необходимо знать лишь его входы и выходы, а также его назначение (т. е. функцию, которую он выполняет). В окружающем нас мире черные ящики встречаются в большом количестве: магнитофон и телевизор на бытовом уровне, предприятие с позиций клиента и т. п. Проиллюстрируем преимущества систем, составленных из них, на примере музыкального центра.

- Конструирование системы черных ящиков существенно упрощается. Намного легче разработать магнитофон или проигрыватель, если не беспокоиться о создании встроенного усилительного блока.
- Облегчается тестирование таких систем. Если появляется плохой звук одной из колонок, можно поменять колонки местами. Если неисправность переместилась с колонкой, то именно она подлежит ремонту; если нет, тогда проблема в усилителе, магнитофоне или местах их соединения.
- Имеется возможность простого реконфигурирования системы черных ящиков. Если колонка неисправна, то можно отдать ее в ремонтную мастерскую и продолжать слушать записи в моно-режиме.
- Облегчается доступность для понимания и освоения. Можно стать специалистом по магнитофонам без углубленных знаний о колонках.
- Повышается удобство при модификации. Можно приобрести колонки более высокого качества и более мощный усилитель, но это совсем не означает, что необходим проигрыватель больших размеров.

Таким образом, первым шагом упрощения сложной системы является ее разбиение на черные ящики (принцип «разделяй и властвуй» — принцип решения трудных проблем путем разбиения их на множество независимых задач, легких для понимания и решения), при этом такое разбиение должно удовлетворять следующим критериям:

- каждый черный ящик должен реализовывать единственную функцию системы;
- функция каждого черного ящика должна быть легко понимаема независимо от сложности ее реализации (например, в системе управления ракетой может быть черный ящик для расчета места ее приземления: несмотря на сложность алгоритма, функция черного ящика очевидна — *расчет точки приземления*);
- связь между черными ящиками должна вводиться только при наличии связи между соответствующими функциями системы (например, в бухгалтерии один черный ящик необходим для расчета общей заработной платы служащего, а другой —

для расчета налогов необходима связь между этими черными ящиками: размер заработной платы требуется для расчета налогов);

- связи между черными ящиками должны быть простыми, насколько это возможно, для обеспечения независимости между ними.

Второй важной идеей, лежащей в основе структурных методов, является идея иерархии. Для понимаемости сложной системы недостаточно разбиения ее на части, необходимо эти части организовать определенным образом, а именно в виде иерархических структур. Все сложные системы Вселенной организованы в иерархии. Да и сама она включает галактики, звездные системы, планеты, молекулы, атомы, элементарные частицы. Человек при создании сложных систем также подражает природе. Любая организация имеет директора, заместителей по направлениям, иерархию руководителей подразделений, рядовых служащих. Таким образом, второй принцип структурного анализа (принцип иерархического упорядочения) в дополнение к тому, что легче понимать проблему, если она разбита на части, декларирует, что устройство этих частей также существенно для понимания. Понимаемость проблемы резко повышается при организации ее частей в древовидные иерархические структуры, т. е. система может быть понята и построена по уровням, каждый из которых добавляет новые детали.

Наконец, третий принцип: структурные методы широко используют графические нотации, также служащие для облегчения понимания сложных систем. Известно, что «одна картинка стоит тысячи слов».

Соблюдение указанных принципов необходимо при организации работ на начальных этапах ЖЦ независимо от типа разрабатываемой системы и используемых при этом методологий. Руководство всеми принципами в комплексе позволяет на более ранних стадиях разработки понять, что будет представлять собой создаваемая система, обнаружить промахи и недоработки, что, в свою очередь, облегчит работы на последующих этапах ЖЦ и понизит стоимость разработки.

Для целей структурного анализа традиционно используются три группы средств, иллюстрирующих:

- функции, которые система должна выполнять,
- отношения между данными,
- зависящее от времени поведение системы (аспекты реального времени).

Среди многообразия графических нотаций, используемых для решения перечисленных задач, в методологиях структурного анализа наиболее часто и эффективно применяются следующие:

**DFD (Data Flow Diagrams) — диаграммы потоков данных совместно со словарями данных и спецификациями процессов (мини-спецификациями);**

**ERD (Entity-Relationship Diagrams) — диаграммы «сущность-связь»;**

**STD (State Transition Diagrams) — диаграммы переходов состояний.**

Все они содержат графические и текстовые средства моделирования: первые — для удобства отображения основных компонент модели, вторые — для обеспечения точного определения ее компонент и связей.

Классическая DFD показывает внешние по отношению к системе источники и стоки (адресаты) данных, идентифицирует логические функции (процессы) и группы элементов данных, связывающие одну функцию с другой (потоки), а также идентифицирует хранилища (накопители) данных, к которым осуществляется доступ. Структуры потоков данных и определения их компонент хранятся и анализируются в словаре данных. Каждая логическая функция (процесс) может быть детализирована с помощью DFD нижнего уровня; когда дальнейшая детализация перестает быть полезной, переходят к выражению логики функции при помощи спецификации процесса (мини-спецификации). Содержимое каждого хранилища также сохраняют в словаре данных, модель данных хранилища раскрывается с помощью ERD. В случае наличия реального времени DFD дополняется средствами описания зависящего от времени поведения системы, раскрывающимися с помощью STD. Эти взаимосвязи показаны на рис. 20.

Необходимо отметить, что для функционального моделирования наряду с DFD достаточно часто применяется и другая нотация — SADT (точнее, ее стандартизованное подмножество IDEF0). Сравнительный анализ этих двух подходов к моделированию функций системы будет приведен ниже.

Таким образом, перечисленные выше средства позволяют сделать полное описание системы независимо от того, является ли она существующей или разрабатываемой с нуля. Такое подробное описание того, что должна делать система, освобожденное насколько это возможно от рассмотрения путей реализации, получило название спецификации требований, дающей проектировщику, реализующему следующий этап ЖЦ, четкое представление о конечных результатах, которые должны быть достигнуты.

Перечисленные выше графические нотации используются (в том или ином наборе) практически во всех современных методологиях структурного системного анализа. Роль этих методологий заключается в регламентации основ разработки сложных систем. Они описы-

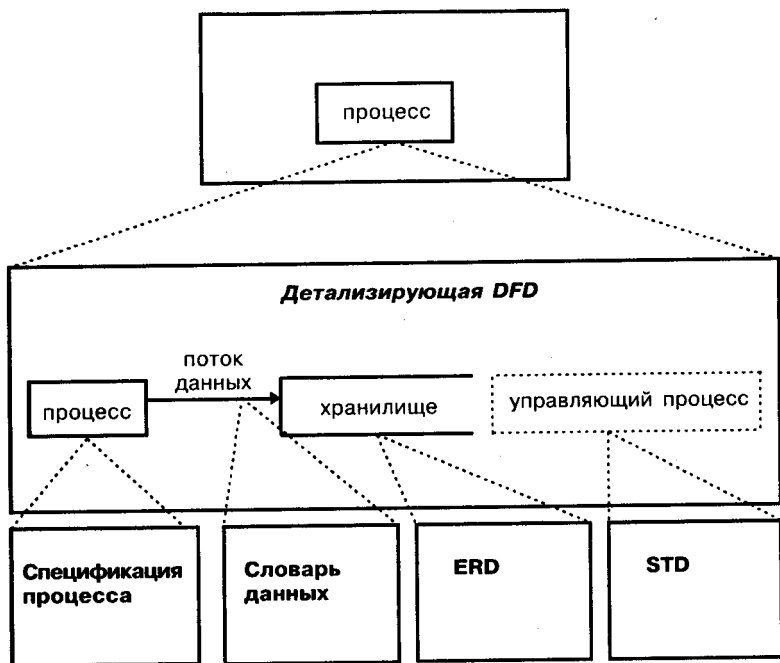


Рис. 20

вают последовательность шагов, модели и подходы, тщательное следование которым приведет к хорошо работающим системам. Хотя методологии, вообще говоря, не гарантируют качества построенных систем, тем не менее они помогают охватить и учесть все важные этапы, шаги и моменты разработки, помогают справиться с проблемами размерности и, в конечном итоге, оценить продвижение вперед. Более того, методологии обеспечивают организационную поддержку, позволяющую большим коллективам разработчиков функционировать скоординированным образом.

Другими словами, методология структурного анализа определяет руководящие указания для построения и оценки модели требований разрабатываемой системы, шаги работы, которые должны быть выполнены, их последовательность, а также правила распределения и назначения применяемых при этом операций и методов.

В настоящее время успешно используются практически все известные методологии структурного анализа, однако наибольшее распространение получили методологии SADT (Structured Analysis and Design Technique), структурного системного анализа Гейна—

Сарсона (Gane—Sarson), структурного анализа и проектирования Йодана—Де Марко (Yourdon—DeMarko), развития систем Джексона (Jackson), развития структурных систем Варнье—Орра (Warnier—Orr), анализа и проектирования систем реального времени Уорда—Меллора (Ward—Mellor) и Хатли (Hatley), информационного моделирования Мартина (Martin).

Перечисленные структурные методологии жестко регламентируют фазы анализа требований и проектирования спецификаций и отражают подход к системной разработке с позиций рецептов «кулинарной книги». Спецификации требований включают особенности целевой системы и ее прогнозируемые характеристики, проекты пользовательских интерфейсов (меню, экраны и формы), критерии работоспособности системы, программное и аппаратное окружение. Полученный документ спецификации требований в дальнейшем преобразуется в проектные спецификации, детализирующие предполагаемую реализацию ПЧ. Проектные спецификации идентифицируют главные модули, маршруты связи по данным и управлению между модулями, основные подпрограммы внутри каждого модуля, структуры данных, спецификации форматов входных и выходных файлов. Для ключевых процессов проектные спецификации часто включают детали алгоритмов на языке проектирования мини-спецификаций. В дальнейшем структурные методологии предлагают методику трансляции проектных спецификаций в программные коды. Кодогенерация предполагает наличие кодовых стандартов, специфицирующих формат заголовков подпрограмм, ступенчатый вид вложенных блоков, номенклатуру для спецификации переменных и имен подпрограмм и т. п.

Современные структурные методологии классифицируются по трем следующим признакам:

- по отношению к школам — Software Engineering (SE) и Information Engineering (IE);
- по порядку построения модели — процедурно-ориентированные и информационно-ориентированные;
- по типу целевых систем — для систем реального времени (CPV) и информационных систем (ИС).

SE является универсальной дисциплиной разработки программных систем всех типов (ИС, CPV). IE является дисциплиной построения ИС вообще, а не только их программной компоненты и включает этапы более высокого уровня (например, стратегическое планирование), однако на этапе анализа требований к программной части эти дисциплины аналогичны.

Традиционный процедурно-ориентированный подход регламентирует первичность проектирования функциональных компонент по отношению к проектированию структур данных: требования к дан-

ным раскрываются через функциональные требования. При информационно-ориентированном подходе вход и выход являются наиболее важными — структуры данных определяются первыми, а процедурные компоненты являются производными от данных.

Основная особенность систем реального времени заключается в том, что они контролируют и контролируются внешними событиями; реагирование на эти события во времени — главная и первоочередная функция таких систем. Принципиальные отличия информационных систем от систем реального времени приведены в табл. 2; средствами поддержки этих особенностей и различаются соответствующие структурные методологии. Необходимо отметить, что для целей анализа требований к системам реального времени используются специальные типы структурных диаграмм: диаграммы потоков управления, диаграммы переходов состояний, матрицы состояний/событий, таблицы решений и др. Однако многие из них являются вариациями структурных диаграмм для анализа требований к информационным системам. Более того, известные методологии анализа и проектирования СРВ (в частности, методологии Хатли и Уорда—Меллора) базируются на перечисленных методологиях анализа и проектирования ИС, расширяя их соответствующими диаграммными техниками.

В табл. 3 приведена классификация наиболее часто используемых методологий в соответствии с вышеперечисленными признаками (данные по частоте использования получены на основе анализа информации по 127 CASE-пакетам).

Как уже отмечалось, наиболее существенное различие между разновидностями структурного анализа заключается в методах и средствах функционального моделирования. С этой точки зрения все разновидности структурного системного анализа могут быть разбиты на две группы: применяющие методы и технологию DFD (в различных нотациях) и использующие SADT-методологию. По материалам наиболее авторитетной в рассматриваемой области исследова-

**Таблица 2**

<i>Информационные системы</i>	<i>Системы реального времени</i>
Управляемы данными	Управляемы событиями
Сложные структуры данных	Простые структуры данных
Большой объем входных данных	Малое количество входных данных
Интенсивный ввод/вывод	Интенсивные вычисления
Машинная независимость	Машинная зависимость

Таблица 3

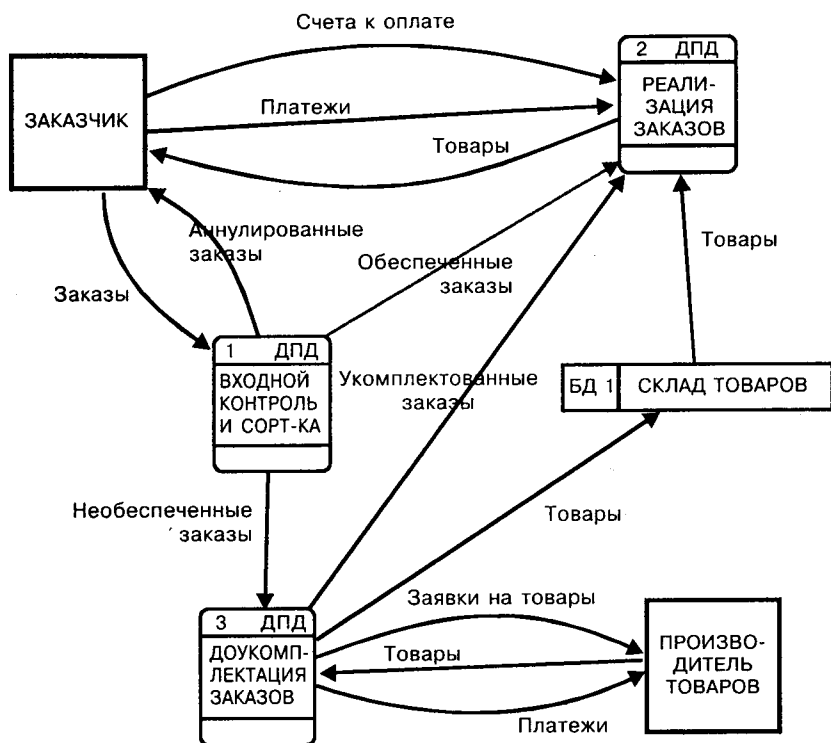
Методологии	Частота использования	Школа	Порядок построения	Тип целевых систем
Йодан—Де Марко	36,5%	SE	процедурно-ориентированная	ИС, СРВ
Гейн—Сарсон	20,2%	SE	процедурно-ориентированная	ИС, СРВ
Константайн	10,6%	SE	процедурно-ориентированная	ИС, СРВ
Джексон	7,7%	SE	информационно-ориентированная	ИС, СРВ
Варнье—Орр	5,8%	SE	информационно-ориентированная	ИС
Мартин	22,1%	IE	информационно-ориентированная	ИС
SADT	3,3%	IE	процедурно-ориентированная	ИС

тельской компании CASE Consulting Group соотношение применения этих двух разновидностей структурного анализа на практике составляет 90% для DFD и 10% для SADT.

Предваряя сравнительный анализ DFD- и SADT-подходов, в качестве примера рассмотрим верхний уровень модели требований к системе автоматизации управления компанией, занимающейся распределением товаров по заказам (рис. 21 и рис. 22 соответственно). Заказы подвергаются входному контролю и сортировке. Если заказ не отвечает номенклатуре товаров или оформлен неправильно, то он аннулируется с соответствующим уведомлением заказчика. Если заказ не аннулирован, то определяется, имеется ли на складе соответствующий товар. В случае положительного ответа выписывается счет к оплате и предъявляется заказчику, при поступлении платежа товар отправляется заказчику. Если заказ не обеспечен складскими запасами, то отправляется заявка на товар производителю. После поступления требуемого товара на склад компании заказ становится обеспеченным и повторяет вышеописанный маршрут.

Сравнительный анализ этих двух разновидностей методологий проводится по следующим параметрам:

- адекватность средств рассматриваемой проблеме;
- согласованность с другими средствами структурного анализа;
- интеграция с последующими этапами разработки (и прежде всего с этапом проектирования).



**Рис. 21**

1) *Адекватность*. Выбор той или иной структурной методологии напрямую зависит от предметной области, для которой создается модель. В нашем случае методологии применяются к автоматизированным системам управления предприятием, а не к системам вообще, как это предполагается в SADT. Для рассматриваемых задач DFD вне конкуренции.

Во-первых, SADT-диаграммы значительно менее выразительны и удобны для моделирования АСУП (сравните рис. 21 и рис. 22). Так, дуги в SADT жестко типизированы (вход, выход, управление, механизм). В то же время применительно к АСУП стирается смысловое различие между входами и выходами, с одной стороны, и управлениями и механизмами, с другой: входы, выходы, механизмы и управления являются потоками данных и/или управления и правилами их трансформации. Анализ системы при помощи потоков данных и процессов, их преобразующих, является более прозрачным и недвусмысленным.





2) *Согласованность*. Главным достоинством любых моделей является возможность их интеграции с моделями других типов. В данном случае речь идет о согласованности функциональных моделей со средствами информационного и событийного (временного) моделирования. Согласование SADT-модели с ERD и/или STD практически невозможно или носит тривиальный характер. В свою очередь, DFD, ERD и STD взаимно дополняют друг друга и по сути являются согласованными представлениями различных аспектов одной и той же модели (см. рис. 20 ). В табл. 4 отражена возможность такой интеграции для DFD- и SADT-моделей.

**Таблица 4**

Название	ERD	STD	Структурные карты
DFD	+	+	+
SADT	+	—	—

Отметим, что интеграция DFD-STD осуществляется за счет расширения классической DFD специальными средствами проектирования систем реального времени (управляющими процессами, потоками, хранилищами данных), и STD является детализацией управляющего процесса, согласованной по управляющим потокам и хранилищам. Интеграция DFD-ERD осуществляется с использованием отсутствующего в SADT объекта — хранилища данных, структура которого описывается с помощью ERD и согласуется по соответствующим потокам и другим хранилищам на DFD.

3) *Интеграция с последующими этапами*. Важная характеристика методологии — ее совместимость с последующими этапами применения результатов анализа (и прежде всего с этапом проектирования, непосредственно следующим за анализом и опирающимся на его результаты). DFD могут быть легко преобразованы в модели проектирования (структурные карты) — это близкие модели. Более того, известен ряд алгоритмов автоматического преобразования иерархии DFD в структурные карты различных видов, что обеспечивает логичный и безболезненный переход от этапа анализа требований к проектированию системы. С другой стороны, неизвестны формальные методы преобразования SADT-диаграмм в проектные решения АСУП.

Тем не менее необходимо отметить, что рассмотренные разновидности структурного анализа по сути — два приблизительно одинаковых по мощности языка для передачи понимания. И одним из основных критериев выбора является следующий: насколько хорошо каждым из этих языков владеет консультант или аналитик, насколько грамотно он может на этом языке выражать свои мысли.

## **Объектно-ориентированные методы анализа**

Важное место в разработках АСУП занимают объектно-ориентированные методологии, основанные на объектной декомпозиции предметной области, представляемой в виде совокупности объектов, взаимодействующих между собой посредством передачи сообщений. Данный подход не является противопоставлением структурному подходу, более того, фрагменты методологий структурного анализа (а именно его базовые модели: DFD, ERD и STD) используются при объектно-ориентированном анализе для моделирования структуры и поведения самих объектов.

В качестве объектов предметной области могут рассматриваться конкретные предметы, а также абстрактные или реальные сущности (например, клиент, заказ, предприятие и т. п.). Каждый объект характеризуется своим состоянием (точнее, набором атрибутов, значения которых определяют состояние), а также набором операций для проверки и изменения этого состояния. Каждый объект является представителем некоторого класса однотипных объектов, определяющего их общие свойства. Все представители (экземпляры) одного и того же класса имеют один и тот же набор операций и могут реагировать на одни и те же сообщения.

Объекты и классы организуются с использованием следующих принципов:

1. Принцип инкапсуляции (упрятывания информации) декларирует запрещение любого доступа к атрибутам объекта, кроме как через его операции. В соответствии с этим внутренняя структура объекта скрыта от пользователя, а любое его действие инициируется внешним сообщением, вызывающим выполнение соответствующей операции.

2. Принцип наследования декларирует создание новых классов от общего к частному. Такие новые классы сохраняют все свойства классов-родителей и при этом содержат дополнительные атрибуты и операции, характеризующие их специфику.

3. Принцип полиморфизма декларирует возможность работы с объектом без информации о конкретном классе, экземпляром которого он является. Каждый объект может выбирать операцию на основании типов данных, принимаемых в сообщении, т. е. реагировать индивидуально на это (одно и то же для различных объектов) сообщение.

Таким образом, объектно-ориентированный подход заключается в представлении моделируемой системы в виде совокупности классов и объектов предметной области. При этом иерархический характер сложной системы отражается с использованием иерархии классов, а ее функционирование рассматривается как взаимодей-

ствие объектов. Жизненный цикл такого подхода содержит этапы анализа требований, проектирования, эволюции (объединяющей программирование, тестирование и отладку, а также комплексацию системы) и модификации. При этом в отличие от каскадной модели отсутствует строгая последовательность выполнения перечисленных этапов.

Известные объектно-ориентированные методологии базируются на интегрированных моделях трех типов:

- объектной модели, отражающей иерархию классов, связанных общностью структуры и поведения и отражающих специфику атрибутов и операций каждого из них (при этом одной из базовых нотаций объектной модели является диалект ERD);
- динамической модели, отражающей временные аспекты и последовательность операций (при этом достаточно часто используется STD);
- функциональной модели, описывающей потоки данных (с использованием DFD).

В табл. 5 приведены оценки объемов продаж объектно-ориентированных методологий по данным International Data Corp. на 1995 г.

Главными недостатками перечисленных объектно-ориентированных методологий являются следующие:

- отсутствие стандартизации в рассматриваемой области программной техники (конкретно, для представления объектов и взаимосвязей между ними);
- отсутствие метода, одинаково хорошо реализующего этапы анализа требований и проектирования (большинство методов предназначено для объектно-ориентированного анализа, некоторые содержат слабо развитые средства проектирования, метод Booch ориентирован на проектирование).

Для преодоления этих недостатков авторы известных методологий Буч (Booch), Рамбо (Rumbaugh) и Якобсон (Jacobson) объеди-

**Таблица 5**

Название методологии	Объем продаж, %
Rumbaugh (OMT)	40
Shlaer—Mellor	16
Booch	11
Martin—Odell	11
другие	22

нились с целью выработки унифицированной методологии, получившей название UML (Unified Modeling Language). При создании UML его авторы руководствовались целями ускорения эволюции наиболее популярных методологий в направлении сближения их друг с другом, обобщения накопленного опыта их использования, обеспечения стабильности проектов на основе единого целостного метода.

В UML используются следующие ключевые диаграммы:

- диаграмма классов, демонстрирующая статическую структуру системы, ее содержимое — классы, объекты и отношения между ними;
- диаграмма прецедентов, моделирующая набор действующих субъектов (акторов) и прецедентов использования, с помощью которых они взаимодействуют;
- диаграмма взаимодействий, обеспечивающая возможность моделирования условий в диаграммах последовательности и коллективного взаимодействия, которые представляют объекты и межобъектные взаимодействия в измерениях времени и отношений, соответственно;
- диаграмма состояний, моделирующая изменения (переходы) состояний вследствие взаимодействия конкретного объекта с другими объектами (т. е. в отличие от диаграммы взаимодействий описывает состояния только одного класса или объекта);
- диаграмма компонентов, описывающая модули системы, в которых определены классы;
- диаграмма применения (развертывания), моделирующая схему расположения процессоров и устройств, задействованных в реализации системы, а также маршрутов передачи информации между ними.

При этом первые четыре диаграммы являются логическими представлениями разрабатываемой системы, а последние две — отражают ее физическое представление.

## **Разработка технического задания**

После построения модели, содержащей требования к будущей системе, на ее основе осуществляется разработка Технического задания на создание системы, включающего в себя:

- требования к автоматизированным рабочим местам, их составу и структуре, а также способам и схемам информационного взаимодействия между ними;
- разработку требований к техническим средствам;

- разработку требований к программным средствам;
- разработку топологии, состава и структуры локальной вычислительной сети;
- требования к этапам и срокам выполнения работ.

Рассмотрим основные виды работ, которые необходимо выполнить, прежде чем приступить к проектированию (созданию проекта на разработку или адаптацию).

1) *Обозначение границ реализации.* Практически любая система может быть разбита на части, отражающие четыре основных типа реализации систем: ручную, пакетную, диалоговую, реального времени. Из этих четырех типов первый реализуется людьми, остальные три являются автоматическими реализациями системы. Рассмотрим критерии, с помощью которых устанавливаются наиболее приемлемые типы реализации требований для частей модели.

Ручная реализация имеет три основных преимущества перед автоматической. Во-первых, не требуется заранее точно определять процессы. По крайней мере, они могут определяться не так тщательно, как при автоматической реализации: люди хорошо знают как заполнить пробелы в спецификации. Во-вторых, ручная система может откликаться на неожиданные запросы, а не только на заранее планируемые. Например, ручная система бронирования авиабилетов может ответить на запрос о возможности парковки автомобиля около аэропорта. В-третьих, система может быть реализована в окружении, где автоматизация невозможна по ряду причин, например психологических: хотя процесс предоставления ссуды и возможно полностью автоматизировать, люди не могут примириться с тем, что их прошения беспристрастно отклонены машиной. Безусловно, ручные системы имеют и массу недостатков. В отличие от машин люди болеют, увольняются, требуют повышения зарплаты. Однако наиболее важно, что размер и сложность ручной системы будут возрастать с увеличением числа запросов, поскольку человек может обрабатывать меньше данных, чем машина.

После определения границ ручной реализации необходимо решить, какая часть системы должна быть пакетной, а какая диалоговой. Для большинства современных предприятий вся АСУП должна быть диалоговой, если только не доказано противное. Соответствующее заключение может быть сделано на основе собранных статистических данных, например скорости поступления запросов и частоты изменения данных. В качестве примеров причин для пакетной реализации можно привести следующие:

- некоторые запросы требуют длительной работы со срезом базы данных за определенный период (годовой отчет, пересылка накопленной информации и т. п.);

- некоторые отклики (например, отчеты о продажах) содержат большое количество статичных данных, актуальность которых не изменяется в течение дней или даже недель.

Следующий шаг — выделение частей, реализуемых как подсистемы реального времени. Существует два принципиальных отличия системы реального времени от просто диалоговой системы. Первое из них связано с концептуальным уровнем: в системе реального времени время поступления события в систему само по себе несет определенную информацию, которая не может быть закодирована. Второе связано с уровнем реализации: время отклика системы реального времени является критичным и сопоставимым со скоростью выполнения технологических операций. В целом рекомендуется реализовать как подсистемы реального времени те части АСУП, из которых должен быть исключен человек, т. е. те части, в которых приоритетны следующие факторы: скорость (например, противоракетная оборона), опасность (контроль радиоактивности), утомляемость (работа авиадиспетчера).

2) *Выбор подходящих технических средств.* Разработав модель требований и определив границы реализации, можно начинать выбор аппаратной платформы, на которой будет функционировать система (или, по крайней мере, сужать область для такого выбора). Вопросы такого выбора не являются предметом данной книги и поэтому здесь не рассматриваются.

## Проектирование

Этап проектирования дает ответ на вопрос: *«Как (каким образом) система будет удовлетворять предъявленным к ней требованиям?»*. Задачей этого этапа является исследование структуры системы и логических взаимосвязей ее элементов, причем здесь не рассматриваются вопросы, связанные с реализацией на конкретной платформе. Проектирование определяется как *«(итерационный) процесс получения логической модели системы вместе со строго сформулированными целями, поставленными перед нею, а также написания спецификаций физической системы, удовлетворяющей этим требованиям»*. Обычно этот этап разделяют на два подэтапа:

- проектирование архитектуры системы, включающее разработку структуры и интерфейсов компонент, согласование функций и технических требований к компонентам, методам и стандартам проектирования;
- детальное проектирование, включающее разработку спецификаций каждой компоненты, интерфейсов между компонентами, разработку требований к тестам и плана интеграции компонент.

Другими словами, проектирование является этапом ЖЦ, на котором вырабатывается, как реализуются требования к АСУП, порожденные и зафиксированные на этапе анализа. В результате этапа должна быть построена модель реализации, демонстрирующая, как система будет удовлетворять предъявленным к ней требованиям (без технических подробностей). Фактически модель реализации является развитием и уточнением модели требований, а само проектирование является мостом между анализом и реализацией.

## Структурное проектирование

Базовыми строительными блоками АСУП при использовании структурного подхода являются **модули**. Все виды модулей в любом языке программирования имеют ряд общих свойств, из которых существенны при структурном проектировании перечисленные ниже:

- 1) Модуль состоит из множества операторов языка программирования, записанных последовательно.
- 2) Модуль имеет имя, по которому к нему можно ссылаться как к единому фрагменту.
- 3) Модуль может принимать и/или передавать данные как параметры в вызывающей последовательности или связывать данные через фиксированные ячейки или общие области.

При структурном проектировании выполняется два вида работ:

- проектирование архитектуры АСУП, включающее разработку структуры и интерфейсов ее компонент (автоматизированных рабочих мест), согласование функций и технических требований к компонентам, определение информационных потоков между основными компонентами, связей между ними и внешними объектами;
- детальное проектирование, включающее разработку спецификаций каждой компоненты, разработку требований к тестам и плана интеграции компонент, а также построение моделей иерархии программных модулей и межмодульных взаимодействий и проектирование внутренней структуры модулей.

При этом происходит расширение модели требований:

- за счет уточнения содержащихся в ней функциональных, информационных и, возможно, событийных моделей требований, построенных с помощью соответствующих средств структурного анализа;
- за счет построения моделей автоматизированных рабочих мест, включающих подсистемы информационной модели и функциональные модели, ориентированные на эти подсистемы вплоть до идентификации конкретных сущностей информационной модели;



- за счет построения моделей межмодульных и внутримодульных взаимодействий с использованием техники структурных карт.

В структурном подходе для целей проектирования модулей используются техники **структурных карт** (схем), демонстрирующие, каким образом системные требования будут отражаться комбинацией программных структур. При этом наиболее часто применяются две техники: структурные карты Константайна (Constantine), предназначенные для описания отношений между модулями, и структурные карты Джексона (Jackson), предназначенные для описания внутренней структуры модулей.

Структурные карты Константайна являются моделью отношений иерархии между программными модулями. Узлы структурных карт соответствуют модулям и областям данных, потоки изображают межмодульные вызовы (в том числе циклические, условные и параллельные). Межмодульные связи по данным и управлению также моделируются специальными узлами, привязанными к потокам, стрелками указываются направления потоков и связей. Фундаментальные элементы структурных карт Константайна стандартизованы IBM, ISO и ANSI.

Техника структурных карт Джексона восходит к методологии структурного программирования Джексона и заключается в продуцировании диаграмм и схем для графического иллюстрирования внутримодульных (а иногда и межмодульных) связей и документирования проекта архитектуры АСУП. При этом структурные карты Джексона позволяют осуществлять проектирование нижнего уровня АСУП и на этом этапе близки к традиционным блок-схемам, моделирующим последовательное, параллельное, условное и итерационное исполнение их узлов.

Структурные карты сами по себе ничего не говорят о качестве модели реализации, так как являются всего лишь инструментом моделирования структуры системы и взаимосвязей ее компонент, однако существуют критерии, позволяющие оценить это качество.

Один из фундаментальных принципов структурного проектирования заключается в том, что большая система должна быть расчленена на обозримые модули. Это расчленение должно быть выполнено таким образом, чтобы модули были как можно более независимы (критерий сцепления — **coupling**), и чтобы каждый модуль выполнял единственную (связанную с общей задачей) функцию (критерий связности — **cohesion**).

Таким образом, одним из способов оценки качества модели реализации является анализ сцепления модулей. Сцепление — это мера взаимозависимости модулей. В хорошем проекте сцепления должны быть минимизированы, т. е. модули должны быть слабозависимыми

(независимыми) настолько, насколько это возможно. Слабое сцепление между модулями служит признаком хорошо спроектированной системы по следующим причинам:

- уменьшается количество соединений между двумя модулями, что приводит к уменьшению вероятности появления «волнового эффекта» (ошибка в одном модуле влияет на работу других модулей);
- минимизируется риск появления «эффекта ряби» (внесение изменений, например при исправлении ошибки, приводит к появлению новых ошибок), так как изменение влияет на минимальное количество модулей;
- при сопровождении модуля отпадает необходимость беспокоиться о внутренних деталях других модулей;
- система упрощается для понимания настолько, насколько это возможно.

На практике существуют три основных типа сцепления, используемых системными проектировщиками для связи модулей: нормальное сцепление, сцепление по общей области и сцепление по содержанию. С позиций структурного проектирования эти типы являются соответственно приемлемым, неприемлемым и запрещенным.

Два модуля А и В нормально сцеплены, если: А вызывает В; В возвращает управление А; вся информация, передаваемая между А и В, представляется значениями параметров при вызове.

Нормальное сцепление в свою очередь делится на три типа: сцепление по данным, сцепление по образцу, сцепление по управлению. На практике наиболее часто используется сцепление по данным.

Два модуля сцеплены по данным, если они взаимодействуют через передачу параметров и при этом каждый параметр является элементарным информационным объектом. Отметим, что в случае небольшого количества передаваемых параметров сцепление по данным обладает наилучшими характеристиками.

Два модуля сцеплены по образцу, если один посылает другому составной информационный объект, т. е. объект, имеющий внутреннюю структуру. Примером составного объекта может быть объект *Данные о клиенте*, включающий в себя поля: *Название организации*, *Почтовый адрес*, *Номер счета* и т. п.

Два модуля сцеплены по управлению, если один посылает другому информационный объект — флаг, предназначенный для управления его внутренней логикой. Существует два типа флагов — описательный и управляющий. Описательный флаг обычно описывает ситуацию, которая произошла, и именуется с использованием существительных и прилагательных: *Конец файла*, *Введенная кредитная карта*. Управляющий флаг используется для декларирования определенных действий в вызываемом модуле и именуется с ис-

пользованием глаголов: *Читать следующую запись, Установить в начало*. В общем случае управляющие флаги усиливают сцепление и, следовательно, ухудшают качество проекта.

Как уже отмечалось, перечисленные три типа нормального сцепления в разной степени поддерживают суть модульности и являются приемлемыми в структурном проектировании. Ниже определяются два вида сцепления, которые выходят за пределы хорошей модульности.

Два модуля сцеплены по общей области, если они ссылаются к одной и той же области глобальных данных. Сцепление по общей области является плохим по следующим причинам. Во-первых, ошибка в одном модуле, использующем глобальную область, может неожиданно проявить себя в любом другом модуле, также использующем эту глобальную область, поскольку эти глобальные данные не находятся «под защитой» модуля. Во-вторых, модули, ссылающиеся к глобальным данным, обычно используют точные имена (в отличие от модулей, которые вызываются с использованием параметров). Следовательно, гибкость модулей, сцепленных глобально, намного хуже, чем гибкость нормально сцепленных модулей. В-третьих, программы с большим количеством глобальных данных чрезвычайно трудны для понимания сопровождающим программистом, поскольку сложно определить, какие данные используются отдельным модулем.

Два модуля сцеплены по содержимому, если один ссылается внутрь другого любым способом, например, если один модуль передает управление или выполняет переход в другой модуль, если один модуль ссылается или изменяет значения информационных объектов в другом модуле или если один модуль изменяет код другого модуля. Такое сцепление делает абсурдной концепцию модулей как черных ящиков, поскольку оно вынуждает один модуль знать о точном содержании и реализации другого модуля. Вообще говоря, только ассемблер позволяет проектировщикам применять данный вид сцепления.

В табл. 6 приведены сравнительные характеристики по каждому типу сцепления.

Другим критерием оценки качества разбиения системы на части является критерий связности, который контролирует, как действия в одном модуле связаны друг с другом. Фактически сцепление и связность являются двумя взаимозависимыми способами измерения расчленения системы на части: связность модуля часто определяет качество его сцепления с другими модулями.

Связность — это мера прочности соединения функциональных и информационных объектов внутри одного модуля. Размещение сильно связанных объектов в одном и том же модуле уменьшает межмо-

Таблица 6

Тип сцепления	Устойчивость к волновому эффекту	Модифицируемость	Понятность	Используемость в других системах
По данным	*	хорошая	хорошая	хорошая
По образцу	*	средняя	средняя	средняя
По управлению	средняя	плохая	плохая	плохая
По общей области	плохая	средняя	плохая	плохая
По содержимому	плохая	плохая	плохая	плохая

\* — зависит от количества параметров интерфейса.

дильные взаимосвязи и взаимовлияния. Выделяются следующие связности: функциональная, последовательная, информационная, процедурная, временная, логическая и случайная.

**Функционально связный** модуль содержит объекты, предназначенные для выполнения одной и только одной задачи, например: *Расчет заработной платы*, *Считывание данных кредитной карты*. Каждый из таких модулей имеет одну четко определенную цель, при его вызове выполняется только одна задача (при этом она выполняется полностью без исполнения любого другого дополнительного действия).

**Последовательно связный** модуль содержит объекты, охватывающие подзадачи, для которых выходные данные предыдущей подзадачи служат входными данными для последующей, например: *Открыть файл — Прочитать запись — Заккрыть файл*.

**Информационно связный** модуль содержит объекты, использующие одни и те же входные или выходные данные. Предположим, что мы хотим выяснить некоторые сведения о книге, зная ее ISBN: название книги, автора и цену. Эти три подзадачи являются связанными потому, что все они работают с одним и тем же входным информационным объектом — ISBN, который и делает этот модуль информационно связным.

**Процедурно связный** модуль содержит объекты, которые включены в различные (возможно, несвязные) подзадачи, в которых управление переходит от каждой подзадачи к последующей (отметим, что в последовательно связном модуле данные, а не управление, переходили от одной подзадачи к последующей).

*Временно связный* модуль содержит объекты, которые включены в подзадачи, связанные временем исполнения.

*Логически связный* модуль содержит объекты, содействующие решению одной общей подзадачи, для которой эти объекты отобраны во внешнем по отношению к модулю мире.

Таким образом, логически связный модуль содержит некоторое количество подзадач (действий) одного и того же общего вида. Чтобы его использовать, необходимо выбрать именно ту часть (части), которая требуется. Эти различные подзадачи должны обладать одним и только одним интерфейсом с внешним миром. При этом семантика каждого параметра зависит от используемой подзадачи.

*Случайно связный* модуль содержит объекты, соответствующие подзадачам, незначительно связанным друг с другом.

Случайно связный модуль подобен логически связному модулю, его объекты не связаны ни потоками данных, ни потоками управления. Однако подзадачи в логически связном модуле являются по крайней мере одной категории; для случайно связного модуля даже это неверно.

В табл. 7 приведены сравнительные характеристики для каждого уровня связности.

Следовательно, связность является мерой функциональной зависимости объектов (исполняемых операторов, областей данных и т.д.) внутри одного модуля. В хорошей модели связность каждого модуля является высокой (последовательность введенных выше определений уровней связности соответствует направлению от луч-

**Таблица 7**

<i>Связности</i>	<i>Сцепление</i>	<i>Модифицируемость</i>	<i>Понятность</i>	<i>Сопровожаемость</i>
функциональная	хорошее	хорошая	хорошая	хорошая
последовательная	хорошее	хорошая	близкая к хорошей	хорошая
информационная	среднее	средняя	средняя	средняя
процедурная	переменное	переменная	переменная	плохая
временная	плохое	средняя	средняя	плохая
логическая	плохое	плохая	плохая	плохая
случайная	плохое	плохая	плохая	плохая

шей связности к худшей). Как и сцепление, связность является одним из лучших критериев оценки качества проекта.

Очевидно, что для оценки качества проектируемой АСУП критериев сцепления и связности недостаточно. Например, если бы мы осуществляли оценку только по критерию сцепления, мы бы всегда получали системы, состоящие из одного модуля. Связность этого единственного модуля также была бы вполне приемлемой.

Поэтому кроме этих двух взаимно дополняющих друг друга критериев в структурном проектировании существует ряд других принципов, которые могут применяться для оценки и улучшения качества модели на основании структурных карт.

Рассмотрим основные принципы, позволяющие получать качественные системы.

1) **Принцип факторизации.** Под факторизацией понимается выделение подзадачи, реализуемой некоторым модулем, в новый самостоятельный модуль. Это может быть сделано с целью:

- уменьшения размеров модуля;
- обеспечения возможности и преимущества классического проектирования сверху вниз, позволяющего строить систему более легкую для понимания и облегчающего модификацию системы;
- устранения дублирования подзадачи, выполняемой более чем одним модулем;
- отделения собственно вычислений от управления (вызовы и принятия решения);
- обеспечения более широкой пригодности модулей для использования их в различных частях системы;
- упрощения реализации.

2) **Принцип единства решения.** Процесс любого решения состоит из двух частей: распознавания, какое действие выбрать, и исполнения этого действия. Поскольку эти две составляющие решения различны, информационные объекты, используемые при распознавании и исполнении, также могут существенно различаться и, следовательно, могут быть недоступны в одном модуле. Такая ситуация получила название расщепления решения. Сильное расщепление решения (хотя иногда расщепления не удастся избежать) обычно является симптомом плохой организации модулей. Исполнительная часть решения должна располагаться как можно ближе к распознавательной части, чтобы распознанной информации не пришлось долго «блуждать» для того, чтобы быть обработанной.

3) **Обработка ошибок.** Сообщения об ошибках целесообразно формировать и визуализировать в модуле, который ошибку обнаруживает (и, следовательно, «знает», что это за ошибка). Тексты сообщений рекомендуется хранить вместе, так как при таком походе:

- легче сохранять согласованность формулировок и форматов сообщений. Представьте себе состояние пользователя, когда он получает различные сообщения для одной и той же ошибки, когда она встречается в разных частях системы;
- появляется возможность хранить тексты сообщений в отдельном файле, а не внутри кода модуля;
- легче избежать дублирования сообщений;
- облегчается модификация сообщений (включая их перевод на другой язык).

4) **Принцип отсутствия памяти состояния.** Когда вызванный модуль после выполнения своей функции возвращает управление вызвавшему его модулю, он «умирает», оставляя после себя лишь результат. При повторном вызове он делает свою работу так, будто он только что «родился». Модуль «не помнит», что происходило в его предыдущих жизнях. Однако существует тип модуля, который «знает» о своем прошлом благодаря так называемой памяти состояния. Память состояния — это информационный объект внутри модуля, который продолжает существовать неизменным между двумя вызовами модуля. Работа модуля с памятью состояния в общем случае непредсказуема, это означает, что хотя модуль вызывался с одинаковыми фактическими параметрами, исполняться он может по-разному, и результаты его работы при разных вызовах могут быть различными. Сопровождение такого модуля резко усложняется.

5) **Инициализация и завершение.** Как правило, модули инициализации и завершения трудны для сопровождения из-за их плохой (временной) связности и сильного сцепления. Общая рекомендация по решению этой проблемы — инициализацию каждой функции желательно выполнять как можно позже, а действия по завершению каждой функции должны производиться как можно раньше. И конечно, необходимо проводить инициализацию и завершение как можно ближе к тому, что инициализируется или завершается.

6) **Компромисс между ограниченностью и обобщенностью.** Ограниченный модуль обладает по крайней мере одной из следующих характеристик:

- выполняет излишне специфическую работу. Например, модуль, вычисляющий среднюю ежемесячную температуру для месяца продолжительностью в 30 дней, является ограниченным; на самом деле необходим модуль, который генерировал бы среднюю температуру для месяца любой продолжительности. Продолжительность месяца могла бы передаваться ему как параметр, а не быть жестко установленной внутри;
- имеет дело с ограниченными значениями данных, их типами и структурами (например, модуль, предполагающий, что человек может быть собственником только одного автомобиля);

- включает в себя условия о месте и способе его использования.

Противоположная крайность ограниченному модулю — сверх-обобщенный модуль, обладающий по крайней мере одной из следующих характеристик:

- выполняет слишком завышенный объем работы, результаты которой не используются в большинстве ситуаций. Примером является модуль, формирующий расписание игр чемпионата по футболу как по григорианскому, так и по юлианскому календарю;
- имеет дело со слишком избыточными типами данных, их значениями и структурами. Например, использование числа типа REAL вместо INTEGER для того, чтобы следить за количеством болтов на складе, было бы чрезмерным обобщением;
- принимает в качестве параметров данные, которые никогда не изменятся. Так, модуль, которому передается количество дней в неделе, является определенно сверхобобщенным, а также до смешного нелепым.

#### 7) Минимизация избыточности, то есть устранение дублирования.

Если любой факт, условие или реализационное решение явно проявляются в более чем одном модуле, то усилия по сопровождению, состоящие из нахождения всех случаев этого факта и их изменения, увеличиваются. Также возникает риск, что человек, сопровождающий такую систему, забудет изменить один из дублей.

8) **Нагрузка по входу и выходу.** Под нагрузкой модуля по входу понимается количество непосредственных вызывающих его модулей. Соответственно, нагрузка модуля по выходу — это количество непосредственно подчиненных ему модулей. По уже упоминавшимся выше причинам нагрузка по выходу не должна превышать 6—7 модулей. Высокая нагрузка по входу требует от модуля хорошей связности.

В заключение отметим, что при использовании структурного подхода обеспечивается естественный переход от этапа анализа к этапу проектирования за счет комбинирования транзакционных и трансформационных алгоритмов преобразования модели функциональных требований (а именно иерархии диаграмм потоков данных) в структурные карты.

## Объектно-ориентированное проектирование

Если методы структурного проектирования имели целью упрощение системной разработки на основе алгоритмического подхода, то объектно-ориентированные методы решают аналогичную зада-



чу, используя описания классов и объектов, т. е. выразительные средства объектно-ориентированного программирования. Буч (Booch) определил объектно-ориентированное проектирование как «методологию проектирования, соединяющую в себе процесс объектной декомпозиции и приемы представления как логической и физической, так и статической и динамической моделей проектируемой системы».

Основой для объектно-ориентированного проектирования реально служат результаты объектно-ориентированного анализа. Тем не менее результат любого из методов структурного анализа также может быть использован в качестве входных данных для объектно-ориентированного проектирования: в этом случае производится интеграция диаграмм потоков данных с классами и объектами.

На этапе проектирования используются следующие диаграммные техники:

- наследуемые от этапа анализа требований и развиваемые на этапе проектирования диаграммы классов и диаграммы объектов, являющиеся основой статической логической модели;
- диаграммы модулей и диаграммы процессов, моделирующие конкретные программные и аппаратные компоненты и являющиеся частью статической физической модели;
- динамические модели: диаграммы переходов состояний, моделирующие временную последовательность внешних событий, влияющих на объекты конкретного класса, и временные системные диаграммы, моделирующие временной порядок сообщений и событий, касающихся межобъектных взаимодействий.

## **Реализация (программирование/адаптация)**

На этапе реализации осуществляется создание системы как комплекса программно-аппаратных средств, начиная с проектирования и создания телекоммуникационной инфраструктуры и заканчивая разработкой и инсталляцией приложений. В настоящее время существует обширная литература, в которой достаточно подробно рассмотрены все эти процессы, включая современные методы генерации исполняемого кода прикладных систем. Поэтому в настоящей книге вопросы реализации не рассматриваются, исключая случай, когда процесс реализации заключается в адаптации имеющейся на рынке системы. Учитывая недостаточное количество литературы по данному вопросу на русском языке, процесс адаптации детально рассматривается ниже в разделе «Управление процессом внедрения и эксплуатации (Типовой план внедрения)».

## Тестирование и отладка

Корректность АСУП является ее самым важным свойством и, несомненно, составляет главный предмет заботы разработчиков. В идеальном случае под корректностью АСУП понимается отсутствие в ней ошибок. Однако для большинства сложных программных продуктов достигнуть этого невозможно — «в каждой программе содержится по крайней мере одна ошибка». Поэтому под корректным обычно подразумевают программный продукт, работающий в соответствии с предъявленными к нему требованиями, другими словами, продукт, для которого пока еще не найдены такие условия, в которых он окажется неработоспособным.

Установление корректности является главной целью рассматриваемого этапа жизненного цикла. Следует отметить, что этап тестирования и отладки — один из наиболее трудоемких, утомительных и непредсказуемых этапов разработки АСУП. В среднем при разработке традиционными методами этот этап занимает от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  полного времени разработки. С другой стороны, тестирование и отладка представляют собой серьезную проблему: в некоторых случаях тестирование и отладка программы требуют в несколько раз больше времени, чем непосредственно программирование.

Тестирование представляет собой набор процедур и действий, предназначенных для демонстрации корректной работы АСУП в заданных режимах и внешних условиях. Цель тестирования — выявить наличие ошибок или убедительно продемонстрировать их отсутствие, что возможно лишь в отдельных тривиальных случаях. Важно различать тестирование и сопутствующее понятие «отладка». Отладка — это набор процедур и действий, начинающихся с выявления самого факта наличия ошибки и заканчивающихся установлением точного места, характера этой ошибки и способов ее устранения.

Различные аспекты тестирования многократно исследовались, однако полученные теоретические результаты носят почти исключительно негативный характер, что создает пессимистическую картину ценности получаемых при тестировании данных и в целом может быть суммировано в известном тезисе Дейкстры: «Тестирование программ может служить для доказательства наличия ошибок, но никогда не докажет их отсутствия!». Тем не менее нужно констатировать, что на практике результаты тестовых испытаний, не выявившие программных ошибок, интерпретируются как свидетельство корректности этой программы.

Важнейшим и наиболее часто применяемым на практике является метод детерминированного тестирования. При этом в качестве эталонов (тестов) используются конкретные исходные данные, состоящие из взаимосвязанных входных и результирующих величин и

правильных последовательностей их обработки. В процессе тестирования при заданных исходных величинах необходимо установить соответствие результатов их обработки эталонным величинам. Для сложных систем требуется большое количество тестов и возникает проблема оценки их необходимого количества и использования методов их сокращения. Поэтому тестирование (как и любой другой вид деятельности) целесообразно планировать. План тестирования должен содержать:

- формулировку целей тестирования;
- критерии качества тестирования, позволяющие оценить его результаты;
- стратегию проведения тестирования, обеспечивающую достижение заданных критериев качества;
- потребности в ресурсах для достижения заданного критерия качества при выбранной стратегии.

Для целей тестирования программные элементы АСУП удобно представлять в виде ориентированного графа  $G = (N, E)$ ,

где  $N = (N_1, N_2, \dots, N_m)$  — множество узлов (вершин), соответствующих выполняемым операторам тестируемой программы;

$E = (E_1, E_2, \dots, E_n)$  — множество ребер (дуг), соответствующих передачам управления между операторами.

Путем (маршрутом) называется последовательность вершин и дуг  $P = (N_1, E_{1,2}, N_2, E_{2,3}, \dots, E_{k-1,k}, N_k)$ , где каждая дуга  $E_{i,i+1}$  выходит из  $N_i$  и входит в  $N_{i+1}$ , причем  $N_1$  не обязательно начальный узел. Ветвью называется путь  $P$ , в котором  $N_1$  — либо начальный узел, либо узел ветвления,  $N_k$  — либо узел ветвления, либо завершающий узел, все остальные  $N_i$  не являются узлами ветвления.

Очевидно, что полное тестирование всех возможных маршрутов не реально в связи с огромными затратами труда и времени. Поэтому на практике применяются критерии выбора тестов, не гарантирующие полной проверки программы. Общим требованием к этим критериям является достижение лишь определенной степени полноты АСУП или ее компонент. Как правило, эти критерии устанавливают требование по крайней мере однократной проверки всех операторов программы, всех ветвей программы, либо всех подпутей специального вида (например, всех подпутей, проверяющих циклы при начальном, завершающем и одном из промежуточных значений переменной — счетчика цикла). Самым распространенным критерием тестирования является критерий, требующий по крайней мере однократной проверки каждой из ветвей программ (критерий  $C_1$ ). Так, например, тестирование при приемке программного обеспечения для ВВС США производится на основании этого критерия. По ряду независимых оценок использование критерия  $C_1$  обеспечивает обнаружение от 67 до 90% ошибок.

Перечисленные критерии тестирования основаны на анализе структуры потока управления программы и не гарантируют обнаружение ошибок, связанных с ее потоками данных. Разработанные для решения этой задачи критерии разбиваются на две группы: использующие разбиение входных данных на обнаруживающие подобласти и основанные на отношениях между определениями и использованием информационных объектов.

В первом случае осуществляется поиск такого разбиения входных данных на подобласти, при котором корректная или некорректная работоспособность программы для любого элемента подобласти предполагает соответственно ее корректную или некорректную работоспособность для всех элементов этой подобласти. Если такое разбиение удастся найти, то в качестве критерия тестирования принимается требование по крайней мере однократной проверки данных из каждой подобласти. Конечно, построить такое разбиение в большинстве реальных случаев практически невозможно. Однако этот принцип дает возможность строить обнаруживающие подобласти для отдельных типов ошибок: если имеется предположение о возможной ошибке, то часто можно определить и подобласть, на которую должна влиять эта ошибка, если бы в действительности она имела место.

Второе направление связано с попыткой выразить определенные свойства потоков данных через критерии тестирования. На уровне использующих некоторые переменные операторов программы определяется среда данных (множество всех определений каждой из переменных, для которых существует маршрут из точки определения в точку использования, на котором не встречается никакого другого определения данной переменной) и контекст данных (более полная модель, учитывающая одновременное использование определений с учетом их порядка). Соответствующие критерии тестирования требуют по крайней мере однократной проверки каждого из элементов среды и контекста данных.

Существуют и другие подходы к тестированию, например тестирование с ориентацией на слабые места (части программы, где вероятность появления ошибок относительно высока), тестирование с ориентацией на масштабы повреждения (проверка функций, ошибка в которых ведет к необратимым последствиям), стохастическое тестирование, мутационное тестирование. В последнем случае в программу целенаправленно вносятся представители различных групп ошибок — «мутанты». После тестирования осуществляется анализ числа и типов обнаруженных ошибок, включая «мутантов», далее на основе экстраполяции делается заключение о тщательности проведенного тестирования.

При установлении наличия ошибок на этапе тестирования возникает необходимость в следующем этапе — отладке. Отладка представ-

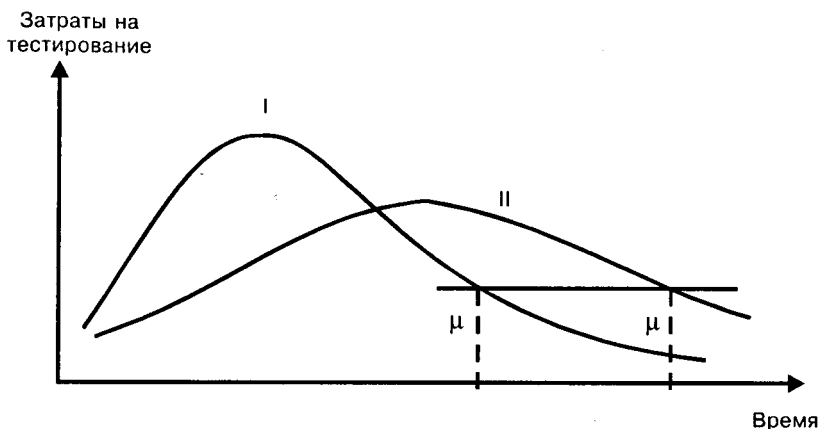
ляет собой процесс устранения ошибок: она начинается с обнаружения симптомов ошибки и заканчивается определением ее местоположения и последующим исправлением. В основе практически всех способов отладки лежат три метода: просмотр, проверка и прокрутка. Метод просмотра заключается в следующем: текст программы внимательно изучается на предмет обнаружения ошибок и смысловых расхождений с текстом алгоритма, при этом помимо сплошного просмотра может применяться и выборочный просмотр (циклов, условных операторов, параметров процедур и функций). При проверке своей программы программист по тексту мысленно старается восстановить определяемый программой вычислительный процесс, после чего сверяет его с требуемым процессом. Основой прокрутки является имитация программистом выполнения программы с целью более конкретного и наглядного представления о процессе, определяемом текстом проверяемой программы, т. е. программа проверяется как бы в динамике ее работы над конкретными данными.

## **Автоматизация тестирования и отладки**

Система автоматизации тестирования и отладки (САТО) представляет собой сложный комплекс алгоритмических и программных средств, предназначенных для автоматизации анализа АСУП, тестирования, отладки и оценки ее качества, и позволяет облегчить модификацию компонент АСУП, обеспечить выявление ошибок на ранних стадиях отладки, повысить процент автоматически обнаруживаемых ошибок. На рис. 23 показано, как использование САТО влияет на цену обнаружения ошибок в течение жизненного цикла АСУП. АСУП становится «работоспособной», когда цена обнаруженной ошибки меньше некоторого значения  $\mu$ , которое отражает уровень терпимости пользователя к программным ошибкам. Число имеющихся ошибок (область под кривой) одно и то же в обоих случаях. Отметим, что число обнаруженных ошибок после того, как АСУП становится работоспособной, почти постоянно по следующим причинам:

- 1) влияние эффекта «ряби» — исправление ошибки служит источником внесения новых ошибок (практика показывает, что такие ошибки составляют 19% всех обнаруженных ошибок);
- 2) практически для всех АСУП лишь небольшая ее часть интенсивно эксплуатируется, все остальные функции выполняются от случая к случаю, поэтому ошибки в них могут быть обнаружены значительно позже при удовлетворении некоторых специальных условий.

САТО значительно сокращает количество ошибок, возникающих по вышеперечисленным причинам за счет предсказания влия-



**Рис. 23**

I – кривая тестирования с использованием САТО,  
II – кривая тестирования без использования САТО.

ния модификации, которые будут содержать эффект «ряби», а также за счет генерации и оценки тестов для тщательного и систематического тестирования АСУП.

Таким образом, установление корректности с помощью САТО является наиболее дешевым и эффективным средством улучшения качества и надежности АСУП. Конечно, абсолютная надежность не может быть достигнута с помощью САТО, тем не менее вероятность надежной работы АСУП будет являться допустимой в большинстве практических случаев.

Средства автоматизации, включаемые в САТО, в зависимости от решаемых ими задач разбиваются на средства автоматизации тестирования и средства автоматизации отладки.

Средства автоматизации тестирования в соответствии с этапами процесса тестирования классифицируются на следующие пять типов:

1) генераторы тестовых данных (ГТД), способные генерировать большие объемы тестовых данных на основании задаваемых форматов и допустимых диапазонов значений входной информации. При этом часто требуется выделить из множества тестовых данных приемлемое их подмножество. Обычно это осуществляется путем перевода ГТД в режим генерации случайных тестовых данных в пределах некоторого диапазона значений или путем выбора тестовых данных, распределенных с равными интервалами по всему диапазону возможных значений. Имеется и другой тип ГТД, строящих так называемые полные системы тестовых данных, позволяющие АСУП проверить все свои ветви или удовлетворяющие в той или иной степени другим критериям тестирования;

2) средства автоматизированного контроля результатов, предназначенные для автоматического сравнения ожидаемых результатов с реальными и выдачи информации о всех расхождениях. Иногда удается автоматизировать и получение ожидаемых результатов, однако соответствующие средства не будут являться универсальными по отношению к тестируемым объектам;

3) средства автоматизированного управления тестированием (тест-мониторы), решающие задачу управления процессом тестирования. Тест-монитор формирует входные тестовые данные (возможно, принимая их от ГТД), подает их на испытываемый объект, получает результаты работы, визуализирует их и помогает проверить их правильность;

4) средства автоматизированного контроля тестирования, позволяющие оценить, насколько полная и тщательная проверка АСУП была осуществлена, например на основе информации о непроверенных операторах/функциях, непроверенных маршрутах и т. п.;

5) средства автоматизации повторного тестирования, включающие в себя средства сохранения результатов, средства сравнения и визуализации всех расхождений.

Средства автоматизации отладки разбиваются на средства статического анализа исходных текстов и средства динамического контроля программ в период их выполнения. В состав этих групп входят инструментальные средства двух типов: средства автоматического обнаружения и локализации семантических ошибок некоторых классов и средства частичной автоматизации, позволяющие получать дополнительную информацию для облегчения обнаружения остальных семантических ошибок.

При статическом анализе осуществляется контроль предварительно построенной (средствами САТО) графовой модели АСУП и в отдельных случаях ее исходных текстов с целью обнаружения ошибок, а также спорных конструкций для дальнейшего анализа вручную.

Средства статического анализа классифицируются следующим образом:

1) средства анализа потоков управления, осуществляющие контроль структуры АСУП в целом, а также отдельных ее конструкций на основе графовой модели. Средства данного типа позволяют автоматически обнаружить следующие изъяны: невыполняемые операторы/функции, тупиковые ветви, некоторые виды бесконечных циклов и др.;

2) средства контроля операций над данными, предназначенные для обнаружения и локализации ошибок, связанных с особенностями конкретного языка программирования и его реализации (например, выход за пределы разрядной сетки значения константы,

использование служебных слов языка в качестве имен, использование в отношении равенства вещественных переменных). Обычно такой контроль осуществляется по исходным текстам;

3) средства анализа потоков данных, используемые для обнаружения ошибок в потоках данных, связанные с нарушениями последовательности операций над информационными объектами (прежде всего операций чтения и записи). Анализ осуществляется по графовой модели, при этом обнаруживаются неинициализированные данные, неиспользуемые данные, ошибки в написании имен и т. п.;

4) средства контроля межмодульных интерфейсов, обнаруживающие некорректные межмодульные взаимодействия, например, несоответствие типов и числа фактических и формальных параметров при вызове модуля;

5) средства обнаружения возможных источников побочных эффектов, позволяющие получать информацию об изменении в теле функции/процедуры/модуля значений параметров вызова, в теле цикла значений управляющих переменных и т. п. для дальнейшего анализа вручную;

6) средства для контроля последовательности событий, производящие сравнение этой последовательности с правильной, заранее заданной последовательностью (например, при работе с файлом должна соблюдаться следующая последовательность: создание, открытие, совокупность чтений/записей, закрытие).

Основным недостатком средств статического анализа является то, что они обеспечивают обнаружение лишь частных, специальных случаев семантических ошибок (как правило, проявляющих себя в период выполнения). К достоинствам статического анализа следует отнести возможность контроля выбранного по заданным критериям множества маршрутов потенциального выполнения программы.

Средства динамического контроля предназначены для отслеживания поведения программы в период ее выполнения. Средства полной автоматизации обеспечивают контроль определенных семантических некорректностей (обычно по списку ошибок, заданному в той или иной форме). Дополнительно рассматриваемые средства позволяют осуществлять подсчет числа выполнений различных компонент АСУП, временных характеристик и другой статистической информации.

Средства частичной автоматизации позволяют пользователю автоматически получать необходимую ему информацию для дальнейшей локализации ошибок вручную. Среди таких средств наиболее распространены DDT (Dinamic Debugging Tools) — «системы для уничтожения блох» (слово «bug» в английском языке означает не только «ошибка», но и «блоха», а ДДТ — популярное в недавнее время средство борьбы с насекомыми). Управление системой DDT



и, соответственно, управление отладкой осуществляются посредством языка отладки командного типа, его операторы имеют форму приказов (команд), состоящих из ключевого слова и списка операторов, если последние необходимы. Операторы языка отладки обеспечивают взаимодействие программиста с DDT и инициируют выполнение соответствующих отладочных функций, согласно которым они могут быть разбиты на следующие группы:

1) управляющие операторы, обеспечивающие управление выполнением АСУП в отладочном режиме, а также гибкий контроль исполнения информирующих и контролирующих операторов;

2) информирующие операторы, обеспечивающие сбор статистической информации периода выполнения и поддерживающие аппарат трассировок различного вида (слежение, трассировка по точкам ветвления, трассировка по условиям чтения/записи значений, отслеживание частот прохождения через определенные секции кода и др.);

3) контролирующие операторы, осуществляющие контроль значений переменных, маршрутов и т. п. на предмет сравнения с заранее заданными;

4) операторы чтения/записи, дающие возможность форматного ввода тестовых данных и вывода результатов в протокол сеанса отладки в терминах исходного языка программирования;

5) служебные операторы, обеспечивающие загрузку отлаживаемых программных и информационных компонент АСУП, переключение режимов (пакет, диалог), ввод в протокол сеанса отладки комментариев и т. д.

В последние годы разработан ряд DDT, имеющих более сложные языки отладки, приближающиеся по своим изобразительным возможностям к языкам программирования высокого уровня и позволяющие задавать ряд условий, при удовлетворении которых DDT способна исполнять некоторые действия (события), также заранее задаваемые средствами языка отладки.

## **Эксплуатация и сопровождение**

### **Основные задачи этапа эксплуатации и сопровождения:**

- обеспечение устойчивости работы системы и сохранности информации — администрирование;
- своевременная модернизация и ремонт отдельных элементов — техническая поддержка;
- адаптация возможностей эксплуатируемой системы к текущим потребностям бизнеса предприятия — развитие системы.

Эти работы необходимо включать в оперативный план информатизации предприятия, который должен формироваться обязательно

с соблюдением всех условий стратегического плана. В противном случае в рамках существующей системы могут появиться фрагменты, которые в будущем сделают эффективную эксплуатацию системы невозможной. В настоящее время за рубежом стало общепринятой практикой передавать функции технической поддержки и частично администрирования поставщикам системы или системным интеграторам. Эта практика получила название «аутсорсинг». Зачастую в рамках аутсорсинга сторонним предприятиям передаются и такие функции, как создание и поддержка резервных хранилищ данных и центров выполнения критических бизнес-приложений, которые задействуются в случае стихийных бедствий или других особых условий.

Особое внимание на этапе эксплуатации и сопровождения следует уделить вопросам обучения персонала и, соответственно, планированию инвестиций в этот процесс.

## **CASE-технологии — инструментарий поддержки ЖЦ**

Практически ни один серьезный проект по созданию АСУП не осуществляется без использования CASE-средств. CASE (Computer-Aided Software/System Engineering) представляет собой совокупность методологий анализа, проектирования, разработки и сопровождения сложных программных систем, поддержанную комплексом взаимозавязанных средств автоматизации. CASE — это инструментарий для системных аналитиков, разработчиков и программистов, заменяющий им бумагу и карандаш компьютером для автоматизации процесса проектирования и разработки ПО. При применении этого инструментария отмечается значительный рост производительности труда, составляющий (по оценкам фирм, использующих CASE) от 100 до 600% в зависимости от объема и сложности работ и опыта использования CASE. Общее число распространяемых пакетов превышает 500 наименований. Объем рынка CASE-средств превышает 10 млрд. долл. в год, число инсталляций наиболее популярных пакетов составляет десятки тысяч.

Основная цель CASE состоит в том, чтобы отделить начальные этапы (анализ и проектирование) от последующих этапов разработки, а также не обременять разработчиков всеми деталями среды разработки и функционирования системы. Чем больший объем работ будет вынесен на этапы анализа и проектирования, тем лучше. При использовании CASE трансформируются все этапы жизненного цикла АСУП, при этом наибольшие изменения касаются этапов анализа и проектирования. В большинстве современных CASE-систем применяются методологии структурного и/или объек-

тно-ориентированного анализа и проектирования, основанные на наглядных диаграммных техниках, при этом для описания модели проектируемой системы используются графы, диаграммы, таблицы и схемы.

Следует отметить, что CASE — не революция в программотехнике, а результат естественного эволюционного развития всей отрасли средств, называемых ранее инструментальными или технологическими. Однако это и не *Confuse Array of Software that does Everything*, существует ряд признаков и свойств, наличие которых позволяет классифицировать некоторый продукт как CASE-средство. Одним из ключевых признаков является поддержка структурных и/или объектно-ориентированных методологий. С самого начала CASE-средства развивались с целью преодоления ограничений при использовании структурных (а в настоящее время и объектно-ориентированных) методологий (сложности понимания, большой трудоемкости и стоимости использования, трудности внесения изменений в проектные спецификации и т. д.) за счет их автоматизации и интеграции поддерживающих средств.

Помимо автоматизации методологий и, как следствие, возможности применения современных методов системной и программной инженерии, CASE обладают следующими основными достоинствами:

- улучшают качество создаваемой системы за счет средств автоматического контроля (прежде всего контроля проекта);
- позволяют за короткое время создавать прототип будущей системы, что позволяет на ранних этапах оценить ожидаемый результат;
- ускоряют процесс проектирования и разработки;
- освобождают разработчика от рутинной работы, позволяя ему целиком сосредоточиться на творческой части разработки;
- поддерживают развитие и сопровождение разработки;
- поддерживают технологии повторного использования компонент разработки.

В настоящее время имеется два поколения CASE. Средства первого поколения предназначены для анализа требований, проектирования спецификаций и структуры системы и являются первой технологией, адресованной непосредственно системным аналитикам и проектировщикам. Они включают средства для поддержки графических моделей, проектирования спецификаций, редактирования словарей данных и концентрируют внимание на начальных шагах проекта — системном анализе, определении требований, системном проектировании, логическом проектировании БД. Средства второго поколения предназначены для поддержки полного жизненного цикла разработки. В них в первую очередь используются средства

поддержки автоматической кодогенерации, а также обеспечивается полная функциональная поддержка для создания графических системных требований и спецификаций проектирования; контроля, анализа и увязывания системной информации, а также информации по управлению проектированием; построения прототипов и моделей системы; тестирования, верификации и анализа сгенерированных программ; генерации документов по проекту; контроля на соответствие стандартам по всем этапам ЖЦ.

CASE-технологии предлагают новый, основанный на автоматизации подход к концепции ЖЦ ПО. При использовании CASE изменяются все фазы ЖЦ, при этом наибольшие изменения касаются фаз анализа и проектирования.

В табл. 8 приведены оценки трудозатрат по фазам ЖЦ. В табл. 9 сведены основные изменения в ЖЦ при использовании CASE по сравнению с традиционной разработкой.

**Таблица 8**

Способ разработки	Анализ, %	Проектирование, %	Кодирование, %	Тестирование, %
Традиционная разработка	20	15	20	45
Использование структурных методологий	30	30	15	25
Использование CASE-технологий	40	40	5	15

**Таблица 9**

Традиционная разработка	CASE
Основные усилия — на кодирование и тестирование	Основные усилия — на анализ и проектирование
«Бумажные» спецификации	Быстрое итеративное прототипирование
Ручное кодирование	Автоматическая кодогенерация
Ручное документирование	Автоматическая генерация документации
Тестирование кодов	Автоматический контроль проекта
Сопровождение кодов	Сопровождение спецификаций проектирования

На рис. 24 представлены преимущества разработки с применением CASE-технологий.

Ниже кратко характеризуются основные функциональные возможности CASE-средств.

1) Общий графический язык. CASE снабжает всех участников проекта (в том числе и заказчика) общим языком, наглядным, строгим и интуитивно понятным. Это позволяет вовлекать заказчика в процесс разработки, общаться с экспертами предметной области, защищать проект перед руководством, разделить деятельность системных аналитиков, проектировщиков и программистов, а также обеспечивает легкость сопровождения и внесения изменений в целевую систему. Графическая ориентация CASE заключается в том, что программы являются двумерными схемами, которые много проще в использовании, чем многостраничные описания. Важным достоинством графического языка является ограничение сложности, позволяющее получать компоненты, поддающиеся управлению, обозримые и доступные для понимания, а также обладающие простой и ясной структурой.

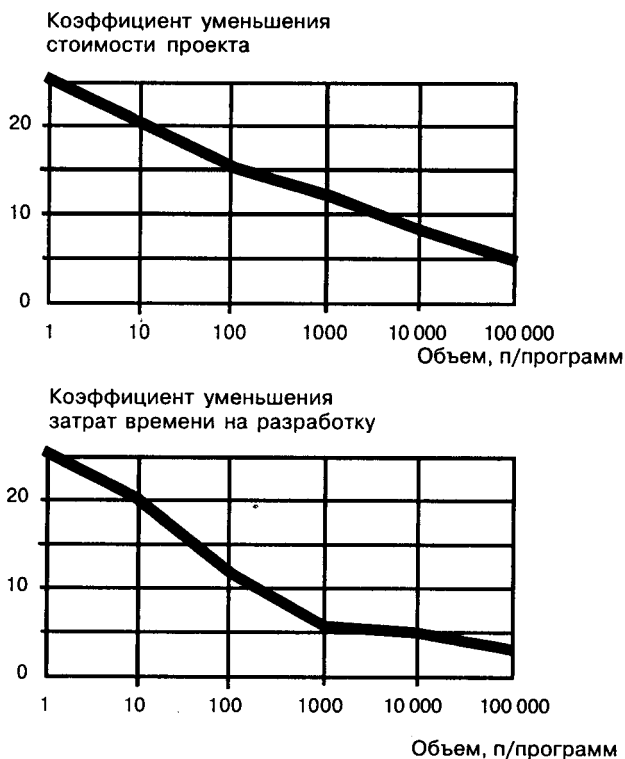


Рис. 24

2) Общая БД проекта. Основа CASE— использование БД проекта (репозитария) для хранения всей информации о проекте, которая может разделяться между разработчиками в соответствии с их правами доступа. Содержимое репозитария включает не только объекты различных типов, но и отношения между их компонентами, а также правила использования или обработки этих компонент. Репозитарий может хранить свыше 100 типов объектов, примерами которых являются диаграммы, определения экранов и меню, проекты отчетов, описания данных, логика обработки, модели данных, модели предприятия, модели обработки, исходные коды, элементы данных и т. п. Каждый информационный объект в репозитарии описывается перечислением его свойств: идентификатор, имена-синонимы, тип, текстовое описание, компоненты, файл-хранилище, область значений. Кроме этого, хранятся все отношения с другими объектами (например, все объекты, в которых данный объект используется; все перекрестные ссылки), правила формирования и редактирования объекта, а также контрольная информация о времени порождения объекта, времени его последнего обновления, кем и в каком проекте он был порожден, номере версии, возможности обновления и т. п.

3) Интеграция средств. На основе репозитария осуществляются интеграция CASE-средств и разделение системной информации между разработчиками. При этом возможности репозитария обеспечивают несколько уровней интеграции: общий пользовательский интерфейс по всем средствам, передачу данных между средствами, интеграцию этапов разработки через единую систему представлений фаз ЖЦ, передачу данных и средств между аппаратурными платформами.

4) Поддержка коллективной разработки и управления проектом. CASE поддерживает групповую работу над проектом за счет средств работы в сети, экспорта-импорта любых фрагментов проекта для развития и/или модификации, а также планирование, контроль, руководство, взаимодействие, т. е. функции, необходимые в процессе разработки и сопровождения проектов. Эти функции также реализуются на основе репозитария. В частности, через репозитарий может осуществляться контроль безопасности (ограничения доступа, привилегии доступа), контроль версий, контроль изменений и др.

5) Прототипирование. Важную роль при автоматизации ранних этапов ЖЦ играют возможности поддержки прототипирования. CASE позволяет строить быстрые прототипы системы, что позволяет на ранних этапах разработки оценить, насколько будущая система устраивает заказчика и насколько дружелюбна она будущему пользователю. Соответствующие средства используются для определения системных требований и ответа на вопросы об ожидаемом поведении системы. Такие средства, как генераторы меню, экранов и отчетов, позволяют быстро построить прототипы пользовательских интерфей-

сов и снабдить моделью функционирования системы с позиций конечного пользователя. Использование языков четвертого поколения позволяет строить более сложные модели, при этом прототип позволяет промоделировать основные функции системы, но не способен контролировать ее ожидаемое поведение. Исполняемые языки спецификаций преобразуют процесс разработки в следующий итеративный процесс: спецификации определяются и выполняются, затем производится переопределение или корректировка. Созданные таким образом прототипы позволяют определять, является ли проектируемая система полной и корректной.

6) Генерация документации. Вся документация по проекту генерируется автоматически на базе репозитария (как правило, на базе требований соответствующих стандартов). Несомненное достоинство CASE заключается в том, что документация всегда соответствует текущему состоянию дел, поскольку любые изменения в проекте автоматически отражаются в репозитории. Известно, что при традиционных подходах к разработке АСУП документация в лучшем случае запаздывает, а ряд модификаций вообще не находит в ней отражения.

7) Верификация проекта. CASE обеспечивает автоматическую верификацию и контроль проекта на полноту и состоятельность на ранних этапах разработки, что влияет на успех разработки в целом. В подтверждение этого достаточно привести следующие статистические данные, основанные на отчетах фирмы TRW по анализу пяти крупных проектов:

- ошибки проектирования и ошибки кодирования составляют соответственно 64 и 32% общего числа ошибок;
- ошибки проектирования значительно труднее обнаружить на этапе сопровождения ПО, чем на этапе анализа требований.

Базой для контроля состоятельности проектных спецификаций является репозиторий. Все отчеты и протоколы верификации строятся автоматически по репозитарию, ниже перечислены основные типы контроля:

- контроль синтаксиса диаграмм и типов их элементов;
- контроль полноты и состоятельности диаграмм;
- контроль декомпозиции функций;
- сквозной контроль диаграмм одного или различных типов на предмет их состоятельности по уровням — вертикальное и горизонтальное балансирование диаграмм.

8) Автоматическая кодогенерация. Кодогенерация осуществляется на основе репозитария и позволяет автоматически построить до 80—90% объектных кодов или текстов программ на языках высокого уровня. При этом различными CASE-пакетами поддерживаются практически все известные языки программирования, однако наиболее часто в качестве целевых языков выступают COBOL, C и ADA. Средства

кодогенерации по отношению к полноте целевого продукта разделяются на средства генерации каркаса и средства генерации полного продукта. В первом случае автоматически строится откомментированная логика (потoki управления) программной системы, а также коды для баз данных, файлов, экранов, отчетов и т. п., остальные фрагменты кодируются вручную. Во втором случае из проектных спецификаций генерируется полная документированная программа, включая выполняемый код, пользовательскую и программную документацию, наборы тестов и т. д. Все эти компоненты полной программы связываются в единый объект, хранящийся в репозитории для облегчения доступа и сопровождения.

Идея автоматической кодогенерации на основе модели заключается в следующем. Любая программа схематически может быть представлена в виде тройки: обрабатываемые данные, логический каркас обработки, линейные участки обработки. Схема базы данных может быть легко сгенерирована на основании модели «сущность—связь», и современные средства информационного моделирования (например, ERWin, Designer/2000 и др.) обеспечивают такую генерацию. Логика обработки генерируется на основе диаграмм потоков данных: известны алгоритмы автоматического преобразования иерархии DFD в структурные карты, а с задачей получения из структурных карт соответствующих кодов легко справляется теория компиляции. Наконец, линейным участкам соответствуют мини-спецификации модели. Именно здесь лежит ключ к высокому проценту автоматически сгенерированного кода, существенно зависящего от метода задания мини-спецификаций.

9) Сопровождение и реинжиниринг. Сопровождение системы в рамках CASE характеризуется тем, что сопровождается проект, а не программные коды. Средства реинжиниринга и реверсного инжиниринга позволяют продуцировать схемы системы из ее кодов и интегрировать полученные схемы в проект, автоматически обновлять документацию при изменении кодов, автоматически изменять спецификации при редактировании кодов и т. п.



# **ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

---

## **Кусочная (хаотичная) автоматизация**

Хаотичная автоматизация является одним из наиболее неэффективных видов инвестирования средств в развитие предприятия. Под хаотичностью процесса в данном разделе понимается отсутствие стратегического плана. Как правило, при таком подходе процесс внедрения информационных технологий определяется сиюминутными локальными задачами, а не реальными потребностями бизнеса. В качестве критериев принятия решений в этих случаях могут выступать: уровень знаний и предпочтений лиц, принимающих решения, возможность купить сейчас с эксклюзивной скидкой какую-либо технику или ПО и т. д. Как правило, в результате предприятие в лучшем случае получает разрозненные прикладные системы, стоимость интеграции которых в ряде случаев может быть сравнима с общей стоимостью комплексного решения. В худшем случае создаются незаконченные фрагменты информационной инфраструктуры и прикладных систем, которые не могут применяться в практической деятельности предприятия. При этом предприятие несет дополнительные затраты на дублирование функций, которые должна была выполнять информационная система, и обслуживание созданных незаконченных прикладных систем.

Одна из причин такого подхода может заключаться в неправильном понимании своей роли и функций отдела информационных технологий (отдела АСУ, вычислительной техники — название может быть любым).

## **Автоматизация по участкам**

Автоматизация по участкам подразумевает процесс автоматизации отдельных производственных или управленческих подразделений предприятия, объединенных по функциональному признаку. Например, участок упаковки и маркировки, бухгалтерия и т. д. Подобный путь автоматизации выбирается в следующих случаях:

- инвестиционные ресурсы предприятия недостаточны для решения задачи автоматизации в полном объеме;

- существуют участки, где применение автоматизированных систем дает значительный экономический эффект, например за счет сокращения персонала;
- технология производства или иные условия не позволяют обходиться без использования автоматизированных систем.

Наиболее часто такой подход применяется для автоматизации производственных участков. Основное средство автоматизации — специализированные АСУТП. Применение принципа автоматизации предприятия по участкам для ряда предприятий единственно возможный способ повысить экономические показатели в условиях ограниченных инвестиционных ресурсов. Чтобы автоматизация по участкам была эффективна, необходимы стратегический и оперативный планы автоматизации. При этом стратегический план автоматизации, если выбрана стратегия автоматизации по участкам, должен периодически, не реже раза в год, пересматриваться. При ревизиях стратегического плана целесообразно особенное внимание уделить вопросам преемственности комплекса стандартов на информационные технологии, поддерживаемые на предприятии.

## **Автоматизация по направлениям**

Автоматизация по направлениям подразумевает автоматизацию отдельных направлений деятельности предприятия, таких, как производство, сбыт, управление финансами. Подход, связанный с автоматизацией по направлениям, часто применяется при использовании систем класса MRPII, ERP, когда конечной целью работ является полная автоматизация предприятия.

От автоматизации по участкам этот подход отличается следующим. Автоматизация по направлениям деятельности предполагает участие в этом процессе всех организационных подразделений, функционирование которых связано с автоматизируемым направлением. Обычно любое направление деятельности охватывает практически все подразделения предприятия. Например, процесс снабжения. В этом процессе принимают участие все подразделения от производственных (в части формирования планов закупки сырья, комплектующих и оборудования) до управленческих (канцтовары, мебель) и непосредственно сам отдел снабжения и транспортные службы. Поэтому подход, связанный с автоматизацией по направлениям, в принципе нельзя рассматривать как локальный. Его реализация связана с созданием как минимум телекоммуникационной инфраструктуры предприятия. В большинстве случаев автоматизация по направлениям связана с реинжинирингом бизнес-процессов и требует создания модели всего предприятия.

Все сказанное выше относительно повышения эффективности при использовании подхода автоматизации по участкам остается в силе и в рассматриваемом случае. Ревизия стратегического плана автоматизации должна производиться после окончания автоматизации какого-либо направления и оценки полученных результатов.

## **Полная автоматизация управления предприятием**

АСУП как система состоит из большого количества элементов различных уровней и различного назначения. К ним относятся подсистемы, модули, блоки управления, задачи, управленческие процедуры, функции, операции и т. п. Базовые системы типа ERP, как правило, представляют собой иерархические структуры, состоящие в итоге из элементарных управленческих процедур, предназначенных для включения в АСУП.

Интеграция предполагает такое объединение и согласование управленческих функций и процедур, чтобы в ходе процесса управления предприятием обеспечивалась оптимизация его поведения.

Интеграция проявляется во всех без исключения функциональных и обеспечивающих подсистемах.

В подсистеме технического обеспечения — это локальные вычислительные сети и обеспечение связи предприятия с внешней средой через глобальные сети. В подсистеме информационного обеспечения — это ведение баз данных под управлением СУБД. Интеграция математического обеспечения проявляется прежде всего в согласовании входов и выходов математических моделей, комплексировании различных моделей (например, прогнозирования и планирования), целостности и непротиворечивости системы математических моделей. Интеграция программного обеспечения проявляется в том, что оно строится в виде сложного и вместе с тем гибкого программного комплекса, позволяющего выполнять программы в требуемой последовательности и в требуемых сочетаниях. Интегрированные АСУП, построенные на основе одной базовой системы ERP, выводят предприятие на новый уровень интеграции организационного обеспечения благодаря унификации пользовательского интерфейса. Особенно ощутим этот эффект в больших АСУП, где новая система приходит на смену сотням старых локальных систем. Практическим результатом перехода к новой системе становится единый для всего предприятия стандарт на способы взаимодействия пользователей с системой.

Но главное, ради чего создаются на предприятиях автоматизированные системы, — это функциональная интеграция.

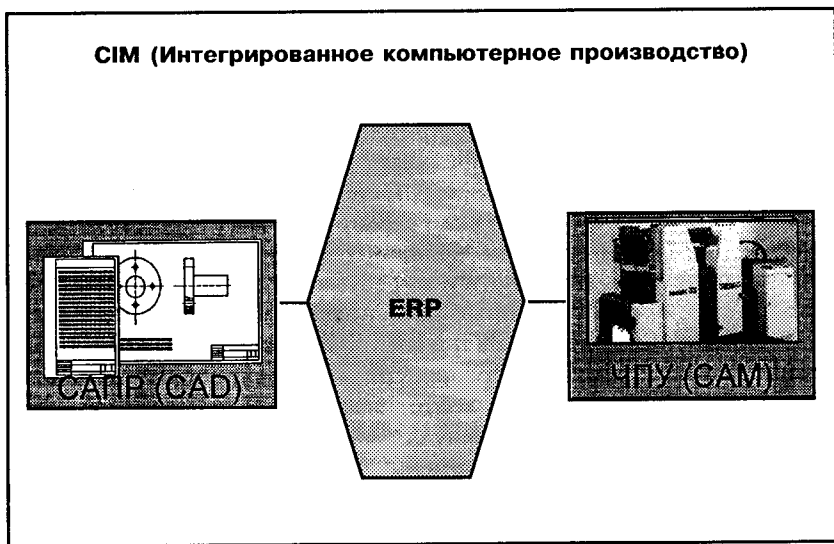
Системы управления предприятием (ERP), автоматизации производства (CAM), автоматизации проектирования продукции и технологических процессов (CAD) объединяются в интегрированное компьютерное производство (CIM), схематично изображенное на рис. 25.

Единая компьютерная система позволяет обеспечить взаимную прозрачность систем. Например, уже на стадии проектирования можно моделировать возможное влияние конструкторских и технологических решений на ход производства.

Система ERP объединяется с объектами и системами, находящимися вне предприятия (рис. 26).

Интеграция между подсистемами — это первый шаг к интеграции внутри ERP. Она выражается в обмене данными между подсистемами ERP. Нередко эти данные инициируют события и процессы в других подсистемах. Схема интеграции подсистем показана на рис. 27.

Гибкость при реализации конкретных структур управления порождает новые моменты в интеграции функций базовой системы, поскольку состав функций, включаемых в подсистемы конкретной АСУП, может не полностью совпадать с функциональным наполнением подсистем базовой системы. Это положение иллюстрируется рис. 28.



**Рис. 25**



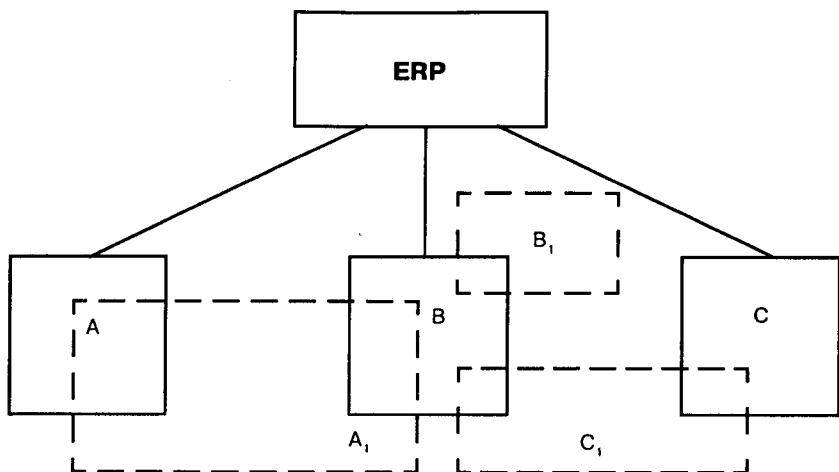
**Рис. 26**

АСУП строится с ориентацией на управление производственным процессом как единым целым, а не на автоматизацию деятельности отдельных подразделений, занимающихся управлением. При этом возможно несовпадение функционального наполнения подсистем АСУП и функциональных обязанностей в подразделениях (рис. 29).

Таким образом, комплексная автоматизация управления способствует преодолению барьеров между различными службами управления. Одним из проявлений этого процесса является использование в разных службах одних и тех же функций, требуемых для подготовки различных управленческих решений. Например, проверка уровня запасов на складе выполняется как при поступлении внешнего заказа, так и при формировании производственного заказа или заказа на приобретение.

Интеграция в одном решении информации о нескольких разнородных ресурсах проявляется, как правило, на верхних уровнях планирования. При этом выбор состава ресурсов остается за управленцем (рис. 30).

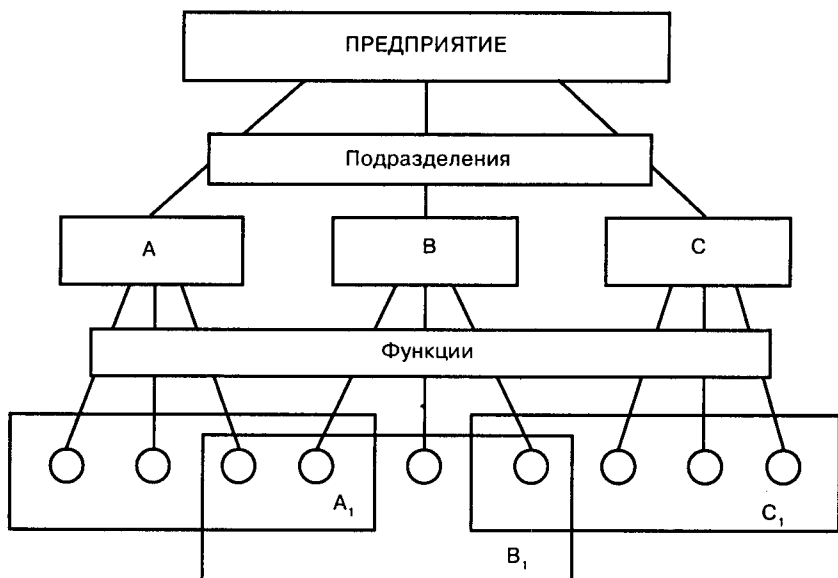




**Рис. 28**

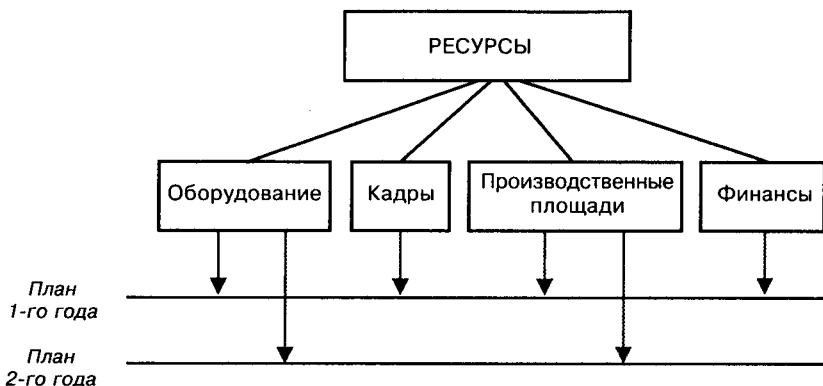
A, B, C — подсистемы базовой системы;  
A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> — подсистемы реальной АСУП.

### Организационная структура

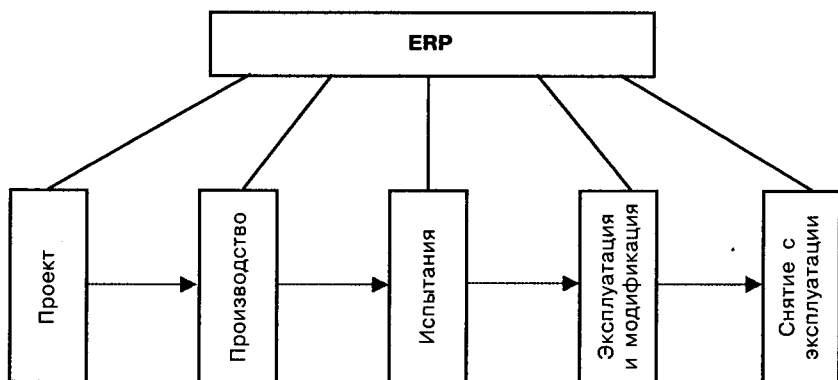


**Рис. 29**

A, B, C — подсистемы, входящие в организационную структуру;  
A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> — подсистемы АСУП.



**Рис. 30**



**Рис. 31**

Интеграция управления всеми стадиями жизненного цикла изделия (рис. 31) заключается в том, что управление отдельными стадиями меняется на управление циклом в целом.

Интеграция управления всеми фазами производства проявляется в обеспечении непрерывности управления всеми фазами (рис. 32).

Интеграция управления между всеми процессами преобразования ресурсов в продукцию (рис. 33) заключается в том, что все процессы управляемы и обеспечена непрерывность управления ими.

Интеграция функций управления в виде структур, включающих функции планирования, учёта, контроля, регулирования, анализа,





выходов и частоты решения задач управления. Например, задача планирования на более глубоком уровне является по существу задачей регулирования для верхнего уровня. В таком же соотношении могут находиться и периоды планирования и регулирования двух примыкающих уровней.

Перечисленные способы интеграции являются основой формирования сложных функциональных структур, состоящих из большого количества связанных между собой функций управления. Разрывы интеграционных связей, выпадение необходимых функциональностей или их слабая реализация снижают эффективность управления, поскольку создают в ней «узкие места», «тупики», приводят к решению задач на основе неточной и/или неполной информации, снижают качество решения и т. п. Поэтому при проектировании и эксплуатации системы вопросам интеграции должно уделяться первостепенное внимание.

Резюмируя вышесказанное, можно отметить следующие особенности комплексного подхода к автоматизации управления предприятием:

- повышенная экономическая эффективность этого подхода по сравнению с другими (по участкам и направлениям);
- чрезвычайно высокие требования к качеству управления процессом внедрения системы.

# **УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

## **Планирование процесса автоматизации**

Процесс автоматизации как любой управляемый процесс состоит из следующих этапов:

- планирование,
- контроль исполнения плана,
- регулирование — анализ результатов и принятие решений.

Как правило, существуют два типа планов автоматизации предприятия:

- стратегический план,
- оперативный план.

Крайне желательно, чтобы и стратегический, и оперативный планы были составлены в письменном виде. Отличия стратегического плана от оперативного состоят в следующем.

Стратегический план за редким исключением не содержит плана конкретных работ. В нем фиксируются принципы и условия, с соблюдением которых должны осуществляться принятия решений на каком либо отрезке времени, и результаты, описанные в терминах бизнеса, которые должны быть достигнуты при соблюдении этих условий. Поэтому в некотором смысле он, с одной стороны, является планом принятия управленческих решений, а с другой — фиксирует условия, соблюдение которых необходимо при принятии решений. Стратегический план может не быть календарным, т. е. рассчитанным на год, три или пять лет, а носить условный характер, т. е. действовать до наступления некоторых условий, например образование новых подразделений, достижение объема продаж не ниже... и т. д.

Оперативный план, как правило, содержит план конкретных работ по реализации принятых стратегических решений, описанных в технических терминах. Он включает в себя события, которые должны произойти, носит календарный характер, т. е. привязан к календарным датам (год, полгода, квартал), и сопровождается сметой расходов или графиком инвестирования средств.

Контроль исполнения планов подразумевает наличие процедур периодического сбора информации, ее обобщение и представление оперативной информации лицам, принимающим решения в форме, принятой на предприятии. Например, отставание от календарных сроков, перерасход или, наоборот, недорасход средств, выделяемых на автоматизацию.

В состав представляемой оперативной информации в обязательном порядке должна включаться информация о возникших по мере реализации плана проблемах.

Анализ результатов и принятие решений подразумевает наличие процедуры анализа результатов, опираясь на который производится ревизия плана или внесении изменений в ход процесса. Процедура может носить как периодический характер так и инициироваться при наступлении каких-либо событий: превышение бюджета, отставание от сроков.

## **Стратегический план (стратегия автоматизации)**

### **Цели**

Понятие стратегии автоматизации включает в себя базовые принципы, используемые при автоматизации предприятия. В ее состав входят следующие компоненты:

- цели: области деятельности предприятия и последовательность, в которой они будут автоматизированы;
- способ автоматизации: по участкам, направлениям, комплексная автоматизация;
- долгосрочная техническая политика — комплекс внутренних стандартов, поддерживаемых на предприятии: типы стандартов на оборудование и ПО, перечень поставщиков и производителей базовых аппаратно-программных средств, на использование продукции которых ориентировано предприятие, перечень продуктов и линий продуктов, которые используются или которые предполагается использовать в области автоматизации;
- ограничения: финансовые, временные и т. д.;
- условия, при наступлении которых производится ревизия плана;
- анализ результатов выполнения плана;
- процедура управления изменениями плана.

Стратегия автоматизации в первую очередь должна соответствовать приоритетам и стратегии (задачам) бизнеса предприятия. В понятие стратегии также должны входить пути достижения этого соответствия. Стратегический план автоматизации должен составляться с учетом следующих факторов:

- средний период между сменой технологий основного производства;
- среднее время жизни выпускаемых предприятием продуктов и их модификаций;

- анонсированные долгосрочные планы поставщиков технических решений в плане их развития: снижение доли нестандартизованных компонентов на всех уровнях (интерфейсы, контроллеры, операционная система и т. д.), расширение типов совместимых платформ; создание средств конвертации данных системы архивирования; интеграция со смежными системами;
- срок амортизации используемых систем;
- стратегический план развития предприятия, включая планы слияния и разделения, изменение численности и номенклатуры выпускаемой продукции;
- планируемые изменения функций персонала.

Вышесказанное означает, что автоматизация это один из способов достижения стратегических бизнес-целей, а не процесс, развивающийся по своим внутренним законам. Во главе стратегии автоматизации должна лежать стратегия бизнеса предприятия: миссия предприятия, направления и модель бизнеса. Таким образом, стратегия автоматизации представляет собой план, согласованный по срокам и целям со стратегией организации.

Второй важной особенностью является степень соответствия приоритетов автоматизации и стратегии бизнеса, а именно — целям, которые должны быть достигнуты:

- снижение стоимости продукции;
- увеличение количества или ассортимента;
- сокращение цикла: разработка новых товаров и услуг — выход на рынок;
- переход от производства на склад к производству под конкретного заказчика с учетом индивидуальных требований и т. д.

Стратегические цели бизнеса с учетом ограничений (финансовых временных и технологических) конвертируются в стратегический план автоматизации предприятия.

Известно немало примеров, когда внедрение тех или иных информационных технологий на предприятии не приносило ожидаемого эффекта. В большинстве случаев это обусловлено тем, что при формировании стратегии автоматизации игнорировался стратегический план развития самого предприятия. В результате реализовывались либо слишком амбициозные проекты, которые поглощали большое количество средств и не соответствовали потребностям бизнеса, либо, наоборот, создавались системы, не способные обслужить текущие потребности.

Не представляя себе, чего и как хочет достичь организация в перспективе, невозможно реально оценить и потребности в информационных технологиях. А отсутствие критериев выбора той или иной стратегии автоматизации приводит к необъективной оценке резуль-

татов автоматизации и, как следствие, к необоснованным потерям от этой самой автоматизации.

Причем потери здесь могут быть самого разного рода: от просто-го разочарования рядовых сотрудников и руководящего звена в информационной системе до прямых финансовых потерь, вызванных излишними инвестициями в информационные технологии, потерей конкурентного преимущества или уходом некоторых ключевых сотрудников.

Автоматизация предприятия является инвестиционной деятельностью. Из-за ряда объективных причин, о чем будет сказано ниже, к этой деятельности не всегда применимы подходы, используемые при оценке эффективности инвестиций.

В этих условиях особую актуальность приобретают вопросы сохранения вложенных средств в информационные технологии. Сегодня в литературе все чаще встречается словосочетание «защита инвестиций». Применительно к информационным технологиям оно означает деятельность, направленную на сохранение инвестиций в создание и развитие информационных систем.

Потеря инвестиций происходит в том случае, когда информационная система перестает быть эффективной, т. е. удовлетворять потребностям бизнеса. В этом случае система не позволяет:

- эффективно решать поставленную задачу при требуемом уровне рентабельности эксплуатации вычислительных средств;
- обеспечивать возможность своего развития.

Исходя из вышесказанного, мероприятия по сохранению инвестиций должны быть направлены на обеспечение требуемой рентабельности эксплуатации информационной системы и возможности ее развития с учетом произведенных затрат. Низкая отдача от использования информационной системы при высоких затратах на ее эксплуатацию, а также неспособность фирмы изменить это положение говорит о нецелесообразности сохранения этих инвестиций, т. е. систему лучше в дальнейшем не использовать.

Для того чтобы определить комплекс мер по защите инвестиций, отдельно выделяются затраты на создание и развитие системы, которую необходимо защищать.

## **Ограничения**

К основным ограничениям, которые необходимо учитывать при выборе стратегии автоматизации, относятся следующие:

- финансовые,
- временные,
- связанные с влиянием человеческого фактора,
- технические.

*Финансовые ограничения* определяются величиной инвестиций, которые предприятие способно сделать в развитие автоматизации. Этот тип ограничений универсален, так как остальные три вида могут быть частично конвертированы в финансовые.

*Временные ограничения* обычно связаны со следующими факторами:

- сменой технологий основного производства,
- рыночной стратегией предприятия,
- государственным регулированием экономики.

*К ограничениям, связанным с влиянием человеческого фактора*, относятся следующие:

- корпоративная культура — отношение персонала к автоматизации;
- особенности рынка труда;
- трудовое законодательство, регулирующее процессы увольнения персонала, высвобождающегося в результате автоматизации.

Корпоративная культура — это в первую очередь отношение персонала к автоматизации, привычка работать по стандартизированным процедурам и исполнительская дисциплина. Значительная часть информации вводится в информационную систему вручную в процессе производственной деятельности. Поэтому чрезвычайно важно соблюдение регламентов работ, особенно в части ввода информации. Игнорирование такого фактора, как корпоративная культура, приводило к тому, что надежды на автоматизированную систему, из которой можно легко получить всю необходимую в работе любого сотрудника информацию, сменялись пониманием суровой необходимости создания новых процедур работы, значительного увеличения нагрузки на персонал в первое время, необходимости обучения и, в конечном итоге, возвращения к старым, проверенным способам работы с калькулятором и листом бумаги.

Особенности рынка труда могут повлиять негативно, если существуют трудности с наймом персонала требуемого профиля и квалификации.

*Технические ограничения* связаны с реальными возможностями предприятия: отсутствие помещений для размещения вычислительной техники, ограничения по использованию определенного вида оборудования и т. п.

## **Технологии**

При выборе стратегии автоматизации существенную роль играет состояние технологий. Если необходимой системы нет на рынке, тогда возможные решения ограничиваются следующими:

- интеграция нескольких существующих систем;

- разработка уникальной системы для предприятия;
- откладывание решения о начале работ по автоматизации в ожидании появления требуемой системы.

## **Проблемы**

Типичные проблемы, которые возникают при разработке стратегии автоматизации, как правило, связаны со следующими факторами:

- состояние рынка информационных технологий;
- определение эффективности инвестиций в информационные технологии;
- необходимость реорганизации деятельности предприятия при внедрении информационных технологий.

## **Состояние рынка информационных технологий**

Интенсивное развитие компьютерных технологий является результатом стремления производителей удовлетворить потребности рынка в информационных технологиях. Наличие устойчивого спроса служит привлекательным фактором для появления все новых поставщиков информационных систем. Развитие конкуренции заставляет производителей принимать дополнительные меры по поддержанию спроса на достаточном уровне. Производители не только постоянно обновляют и совершенствуют свою продукцию, но и при этом стараются сформировать «ажиотажную» модель рынка: когда изделие, выводимое на рынок, после стадии ажиотажного спроса не переходит в стадию устойчивого спроса, а заменяется другой моделью с более привлекательными характеристиками. Все эти факторы приводят к быстрому моральному старению выпускаемой продукции, появлению на рынке «сырых» изделий и, как следствие, возрастанию финансовых рисков у потребителя и увеличению затрат на модернизацию вычислительной техники.

Такая ситуация приводит к появлению у потребителя определенных проблем. Например, процесс отслеживания и анализа всех новинок, способных оказать влияние на эффективность предприятия, представляется весьма затруднительным. При времени морального устаревания изделия 12—18 месяцев (а в некоторых отраслях информационных технологий анонсирование новых продуктов происходит ежеквартально) времени на оценку продукта остается слишком мало. Как правило, минимальный срок получения достоверных данных по эффективности решения — 2 месяца. Ситуация часто усугубляется тем, что новая версия продукта оказывается не полностью совместимой с предыдущей.



## **Определение эффективности инвестиций в информационные технологии**

При внедрении на предприятии новых решений нужно решить точно, какой из имеющихся вариантов принесет наибольшую пользу. Широкий диапазон потенциальных выгод информационных технологий делает оценку истинной ценности информационной технологии (ИТ) затруднительной. Когда ставится вопрос ценности ИТ для бизнеса, то под ценностью подразумевается именно ценность ресурса в применении к целям бизнеса. Компьютерные технологии (как и любой деловой ресурс), использующиеся с недостаточной отдачей, становятся помехой и пустой тратой средств. Любое вложение в ИТ есть инвестиция, поэтому необходимо сравнивать относительную ценность нескольких потенциальных инвестиций, и, естественно, изыскивается способ измерить ценность каждой, чтобы установить, которая из них имеет больше привлекательных свойств по сравнению с другими.

Проведенные исследования показали, что при правильном использовании компьютерные технологии в состоянии резко повысить эффективность бизнеса. Тем не менее любой, даже самый эффективный бизнес испытывает постоянную потребность в ресурсах, а количество последних ограничено. Соответственно, ресурсы предприятия должны быть потрачены там, где они создадут максимальный прирост ресурсов (максимальную прибыль) с максимальной скоростью. Так как ИТ наряду с другими расходными категориями конкурируют за получение ресурсов, измерение и контроль ценности ИТ весьма важны.

Когда оценивается эффективность системы, в первую очередь руководители стремятся оценить ее влияние на экономические показатели предприятия в целом. Как новая система позволит увеличить прибыль, рыночную долю, на сколько? Сможет ли новая система улучшать обслуживание функциональных компонент бизнеса и как это может быть оценено? Финансовые директора стремятся выразить эффективность ИТ средствами, к которым они привыкли, — цифрами. К сожалению, расчет обычно используемых на практике коэффициентов эффективности инвестиций типа ROI (Return on investment) для проектов, связанных с автоматизацией предприятия, даже в развитых странах с высокой культурой планирования вызывает значительные трудности. Сложность эта объясняется следующими причинами. С одной стороны, трудности вызывает определение статей расходов и их количественная оценка, с другой — оценка влияния автоматизированной системы на такие показатели, как производительность, снижение операционных расходов, каче-

ство и себестоимость. За рубежом проблема оценки эффективности в настоящее время, когда накоплен опыт использования информационных технологий, решается частично методом аналогий и частично с помощью анализа накопленных данных.

В России широкое внедрение и использование автоматизированных систем началось в 90-е годы. При этом в начальный период основное внимание уделялось созданию телекоммуникационной инфраструктуры. Типичный побудительный мотив внедрения автоматизированных систем — отсутствие у руководителей достоверной информации о состоянии предприятия. Дать количественную оценку потерь от отсутствия такой информации чрезвычайно сложно. Принятие решения о внедрении системы происходит на основе качественных критериев типа: *предприятие задыхается от недостатка информации о...*, *найти какие-либо данные невозможно*. Об оценке сопутствующих внедрению системы эффектов — повышение технологической и трудовой дисциплины, сокращение резервных запасов сырья — речь не идет. Поэтому в настоящее время единственно возможный путь определения эффективности инвестиций в информационные технологии для российских предприятий заключается в получении ответа на следующий вопрос: можно ли ценой выделенных на автоматизацию средств достичь заданных целей, которые формулируются не в виде коэффициента возвратности инвестиций, а в терминах, характеризующих параметры автоматизируемых процессов. Например, получать данные о запасах готовой продукции на складе в течение заданного времени, составлять квартальный баланс в течение недели и т. д.

### **Реорганизация деятельности предприятий**

Для большинства современных предприятий, поставивших перед собой задачу внедрения АСУП, необходим и предваряющий автоматизацию этап — реорганизация, включающая наведение порядка в их деятельности, создание рациональных технологий и бизнес-процессов.

Понятие «реорганизация деятельности» часто отождествляют с другими процессами, происходящими на предприятии. На самом деле реорганизация существенно отличается даже от тех процессов, с которыми она имеет некоторую общность исходных понятий.

Во-первых, реорганизация — это не то же, что автоматизация. Автоматизировать существующие процессы — «это все равно, что асфальтировать дорожки, по которым коровы ходят на пастбище», это просто возможность более эффективно делать неправильные вещи.

Не следует путать реорганизацию с так называемым информационным перепроектированием, означающим перестройку устаревших

информационных систем с использованием более современной технологии. В результате информационного перепроектирования часто возникают только сложные компьютеризованные системы, автоматизирующие устаревшие процессы.

Реорганизация — это не сокращение размеров предприятия, означающее снижение выпуска продукции для того, чтобы удовлетворить сегодняшние пониженные требования рынка. Такое сокращение позволяет достигнуть меньшей производительности с меньшими затратами, тогда как реорганизация в истинном значении этого слова служит, наоборот, достижению большей производительности с меньшими затратами.

Также реорганизация не означает изменение оргштатной структуры предприятия, хотя этот процесс действительно может отразиться на этой структуре. Основные проблемы, с которыми сталкиваются предприятия, являются результатом неверной структуры бизнес-процесса, а не предприятия. Пытаться совместить новую оргштатную структуру со старым процессом — это все равно, что «переливать прокисшее вино в новые бутылки».

Предприятия, которые пытаются полностью избавиться от бюрократии, также находятся на неверном пути. Если не устраивает бюрократия, попробуйте обойтись без нее, но в результате получите хаос. При современной организации производства бюрократия в ее изначальном, а не ругательном смысле — это тот цемент, который скрепляет все компоненты традиционной корпорации. Глубинная проблема, которую решает бюрократия, — это проблема фрагментированных процессов. Для того чтобы избавиться от бюрократии и перестроить структуру предприятия, необходимо перепроектировать процессы так, чтобы они не были фрагментированы. После этого предприятие может обойтись и без бюрократического аппарата.

Спектр существующих подходов к реорганизации предприятия варьируется от мягких постепенных методов улучшения его деятельности, основанных в значительной степени на соображениях здравого смысла, до жестких, регламентирующих его коренную ломку и декларирующих принцип «отбрось все старое и начни заново».

Одним из наиболее известных подходов к реорганизации является методика планирования бизнес-систем BSP (Business Systems Planning) фирмы IBM, разработанная в середине 70-х годов Мартином (Martin). Методика BSP определяется как «подход, помогающий предприятию определить план создания информационных систем, удовлетворяющих его ближайшие и перспективные информационные потребности». Главная ее идея заключается в том, что информация является одним из основных ресурсов и должна

планироваться в масштабах всего предприятия, а информационная система должна проектироваться независимо от текущего состояния и структуры предприятия. Анализ и реорганизация деятельности предприятия производятся на основе ряда матриц (данные — процессы, руководители — процессы, информационные системы — руководители, информационные системы — процессы, информационные системы — файлы данных) и с учетом выявленных при обследовании проблем, основные изменения осуществляются с целью ориентации предприятия на спроектированную информационную систему.

Подход CPI (Continuous Process Improvement) и его японский аналог TQM (Total Quality Management) успешно применялись при реорганизации предприятий еще в середине века. Самый впечатляющий результат его применения — подъем японской послевоенной промышленности и доведение качества японских товаров до современного, самого высокого уровня. Этот подход продолжает активно использоваться и в настоящее время, о чем свидетельствует, например, возрастающий объем применения стандартов серии ISO 9000, фактически поддерживающих CPI.

В основе подхода лежит очевидная концепция управления качеством выпускаемой продукции. Качество должно быть направлено на удовлетворение текущих и будущих потребностей потребителя как самого важного звена производственной линии. Достижение соответствующего уровня качества требует постоянного совершенствования производственных процессов. Для решения этой задачи Демингом было предложено 14 принципов, в совокупности составляющих теорию управления и применимых для предприятий любого типа и масштаба. Безусловно, этих принципов недостаточно для полного решения стоящих перед современными предприятиями проблем, тем не менее, они являются основой трансформации промышленности Японии и США. Отметим, что данный подход характеризуется ориентацией на требования рынка и потребителя и применим в условиях, когда существует достаточная стабильность производства и желание сохранить кадры.

Требования CMM (Capability Maturity Model) разработаны институтом SEI (Software Engineering Institute) для предприятий, стремящихся к осуществлению качественного процесса разработки и сопровождения программного обеспечения, и являются примером применения подхода CPI для конкретной отрасли промышленности.

CMM описывает характеристики совершенства (качества) процессов разработки и сопровождения ПО (ПО-процессов), а также критерии перехода от плохо управляемым к хорошо управляе-

мым ПО-процессам в терминах уровней совершенства модели. СММ применяется для:

- улучшения ПО-процессов, когда предприятие планирует, разрабатывает и реализует их изменения;
- оценки ПО-процессов, когда определяется состояние текущих ПО-процессов предприятия и приоритетные процессы, а также осуществляется организационная поддержка их улучшения;
- оценки возможностей ПО при квалификации партнеров, осуществляющих заказную разработку ПО или управляющих состоянием существующих ПО-процессов.

Фактически СММ является комплексом требований к ключевым элементам эффективного ПО-процесса и способам его эволюционного улучшения. СММ поддерживает этапы планирования, инжиниринга, управления разработкой и сопровождением ПО, что улучшает возможности предприятия в достижении целей по стоимости, функциональности и качеству производимого ПО.

В начале 90-х годов сформировался новый революционный подход к реорганизации — реинжиниринг бизнес-процессов BPR (Business Process Reengineering). Его авторы Хаммер (Hammer) и Чампи (Champy) определяют BPR как «фундаментальное переосмысление и радикальное перепланирование бизнес-процессов предприятий, имеющее целью резкое улучшение показателей их деятельности, таких, как затраты, качество и скорость обслуживания». Революционность данного подхода заключается в отказе от традиционных правил и предположений по ведению бизнеса, многие из которых оказываются устаревшими, ошибочными или просто неподходящими для конкретной ситуации (тем не менее они изначально заложены в большинство процессов), бизнес проектируется заново с чистого листа.

BPR начинается с того, что отбрасываются все предположения и все данности. Например, вопрос «Как наиболее эффективно проверить кредитоспособность клиента?» предполагает, что такая проверка необходима. Во многих случаях, однако, затраты на проверку кредитоспособности могут превысить потери, связанные с неуплатой долгов, которых эта проверка помогает избежать. То есть при перепроектировании сначала определяется, *что* должно делать предприятие, а затем, *как* оно должно это делать. BPR не принимает ничего как данность. Он игнорирует то, что *есть*, и концентрируется на том, что *должно быть*.

При BPR резко (в разы и на порядки) увеличиваются производственные показатели. Если, например, предприятие ставит задачу на 10% повысить производительность и улучшить качество обслуживания клиентов, то это предприятие *не нуждается* в BPR. Незначитель-

ные улучшения достигаются путем настройки; для того чтобы добиться резких улучшений, необходимо все старое заменить новым.

BPR ориентируется на процессы, а не на задачи, рабочие места, персонал. Под бизнес-процессом понимается совокупность действий, получающая на входе данные различных типов и produцирующая результат, имеющий ценность для потребителя. Например, процесс выполнения заказа на входе получает заказ и выдает в качестве результата заказанные товары, т. е. доставка заказанных товаров потребителю и есть та ценность, которую создает процесс. Современные предприятия сосредотачиваются как правило на отдельных задачах, составляющих этот процесс: оформление заказа, получение товаров на складе и т. п., и имеют тенденцию терять из виду главную цель — доставку товаров в руки заказчика. Отдельные задачи, составляющие данный процесс, безусловно важны, но для заказчика ни одна из них не будет иметь значения, если весь процесс в целом не работает — т. е. не производит доставки товаров.

Очевидно, что по мере дальнейшего развития технологий будет происходить отказ от все большего количества правил, по которым организован бизнес. Правила, которые представляются непогрешимыми сегодня, могут устареть менее чем за год. Из этого следует, что использование возможностей изменения бизнес-процесса, заложенных в новых технологиях, это постоянная деятельность, а не одноразовая кампания. Следование новейшим технологиям и нахождение способов их применения на предприятии должно происходить непрерывно, так же, как исследования, разработки, маркетинг. Более того, предприятия должны сделать применение новых технологий одним из своих основных занятий, если они хотят идти в ногу со временем. Те, кто лучше сможет разглядеть и оценить возможности, скрытые в новой технологии, получают постоянное, растущее преимущество над конкурентами.

Одним из побудительных мотивов реорганизации деятельности предприятия может служить его желание сертифицироваться по стандарту ISO 9000. Стандарт на качество проектирования, разработки, изготовления и послепродажного обслуживания ISO 9000 определяет базовый набор мероприятий по контролю качества и представляет собой схему функционирования бизнес-процессов предприятия, обеспечивающую высокое качество его работы. В то же время ISO 9000 не является стандартом качества собственно для производимых предприятием товаров/услуг. Схема покрывает все этапы выпуска товаров/услуг, включая закупку сырья и материалов, проектирование, создание и доставку товаров, обслуживание клиентов, обучение персонала и т. п.

ISO 9000 (на самом деле представляющий собой серию стандартов 9000, 9001, 9002, 9003, 9004, наиболее полным из кото-

рых является ISO 9001, специфицирующий модель обеспечения качества на всех этапах жизненного цикла товара/услуги) регламентирует два ключевых момента: наличие и документирование соответствующего бизнес-процесса, а также измеримость его качества.

Сертификация предприятия по стандарту ISO 9000 включает следующие три этапа:

- применение стандартов на предприятии, заключающееся в разработке и вводе в действие ряда мер (процессов), предписываемых стандартами;
- проведение собственно сертификации аккредитованными ISO органами;
- периодические (2 раза в год) проверки предприятия на предмет следования стандартам.

Следует отметить, что сертификация по ISO 9000 является добровольным делом каждого предприятия. Основной побудительной причиной сертификации является то, что многие зарубежные компании требуют наличия сертификата у своих поставщиков (например, для поставщиков NASA и Министерства обороны США это является обязательным условием). Более того, наличие сертификата может оказаться обязательным условием участия предприятия в международных тендерах, госзаказах, а также получения льготных кредитов и страховок.

При реорганизации деятельности предприятий важен выбор метода оценки существующего положения дел и перспективных предложений, наибольшее распространение получили:

- метод динамического функционального анализа на основе сетей Петри различного вида;
- метод функционально-стоимостного анализа ABC (Activity Based Costing).

Каждый из этих методов (и соответствующих поддерживающих инструментальных средств) регламентирует следующие основные этапы выполнения оценок:

- построение статической функциональной модели (с использованием SADT или DFD-нотации);
- расширение статической модели соответственно поведенческими или стоимостными характеристиками ее объектов;
- сбор и ввод в модель необходимой фактической информации;
- «исполнение» модели и получение соответствующих оценок.

С использованием динамической модели, основанной на сетях Петри, можно описать и проанализировать:

- механизмы взаимодействия процессов (последовательность, параллелизм, альтернатива);

- временные отношения между выполняемыми процессами (одновременность, наложение, поглощение, одинаковое время запуска/завершения и т. п.);
- абсолютное время (длительность процесса, время запуска, зависимости от времени выполнения процесса и др.);
- управление исключительными ситуациями, определяемое нарушениями.

Построенные динамические модели позволяют осуществлять следующие операции: статический анализ деятельности предприятия (компоненты сети, иерархия сети, соответствие типов), динамический анализ деятельности для конкретного маркирования сети, имитационное моделирование деятельности с построением соответствующих графиков.

ABC (Activity Based Costing) — метод определения себестоимости и других характеристик товаров и услуг на базе функций и ресурсов, задействованных во всех видах деятельности предприятия (производстве, маркетинге, обслуживании клиентов, оказании услуг, технической поддержке и т. п.). Он был разработан как «операционно-ориентированная» альтернатива традиционным подходам, основанным на использовании прямых затрат труда и материалов как базы для расчета накладных расходов. ABC-метод рассматривает деятельность предприятия как множество последовательно выполняемых процессов/функций (в том числе и косвенных, имеющих большой удельный вес в себестоимости), распределяя при этом накладные расходы в соответствии с детальными расчетами использования ресурсов, подробными моделями процессов и их влиянием на себестоимость.

Определение себестоимости производится в два этапа:

- 1) определение затрат на выполнение функций на основе необходимых для этого ресурсов, включающих прямые затраты материалов и труда, косвенные затраты труда и накладные расходы;
- 2) определение затрат на стоимостные объекты (товары, услуги, обслуживание клиентов) на основе используемых ими функций.

Следует отметить, что ABC-модель обеспечивает лишь получение важной для бизнес-процесса информации, содержащей стоимостную картину деятельности и характеризующей ее эффективность и прибыльность товаров (услуг). Для дальнейшего ее анализа и основанного на нем управления предприятием применяется методика ABM (Activity Based Management), регламентирующая средства и способы управления с целью совершенствования бизнес-процессов и повышения прибыльности. Фактически ABM представляет собой комплекс методов анализа ABC-модели для реорганизации бизнес-процессов с целью повышения производительности, снижения стоимости и улучшения качества:



- стратегический анализ, облегчающий выбор наилучшей стратегии и определение наиболее прибыльного пути достижения стратегических целей (включая ценообразование, определение ассортимента товаров и услуг, анализ прибыльности клиентов, изучение конкурентов, определение компромисса между собственным производством деталей и получением их от поставщика);
- стоимостной анализ, облегчающий поиск возможностей снижения стоимости, а также обеспечивающий прогнозирование результатов модификаций и моделирование последствий конкретного решения;
- определение целевой стоимости, помогающее планировать выпуск товаров и оказание услуг с заданной стоимостью;
- исчисление стоимости исходя из жизненного цикла, определяющее совокупные затраты на выпуск товара для облегчения оценки его стоимости и прибыльности (при планировании на период такая оценка не может быть сделана).

К ключевым моментам реорганизации деятельности предприятия следует отнести убеждение руководства предприятия в необходимости изменений и привлечение его на свою сторону, выбор и ранжирование нуждающихся в реорганизации бизнес-процессов, реорганизация оргструктуры предприятия.

При обсуждении необходимости реорганизации следует обсудить с руководством предприятия следующие моменты:

1) основные проблемы предприятия и пути их решения, требующие изменений, а также способы управления этими изменениями;

2) недостатки традиционного функционального подхода к управлению предприятием (узкий взгляд и ограниченный интерес, конкуренция с другими функциональными подразделениями, сложные пути обмена информацией) и преодоление их при ориентации на бизнес-процессы;

3) потенциальные выгоды от проведения реорганизации;

4) этапы и сроки проведения реорганизации, требуемые для этого ресурсы;

5) необходимость создания совместной рабочей группы, подчиняющейся непосредственно руководству предприятия, наделение ее соответствующими полномочиями.

Одной из первоочередных задач созданной рабочей группы является выбор нуждающихся в реорганизации бизнес-процессов. Ранжирование и выбор процессов для реорганизации могут быть осуществлены на основании следующих критериев:

- важность процесса для осуществления общей стратегии предприятия,

- жизнеспособность процесса,
- ожидания клиентов (как внешних, так и внутренних) по отношению к процессу,
- возможности достижения процессом желаемых результатов.

В результате оценки все процессы ранжируются следующим образом:

- стратегически наиболее важные, но неэффективные в текущий момент;
- менее важные;
- минимально влияющие на работу предприятия или уже хорошо работающие.

Наиболее болезненные моменты любой реорганизации связаны с ломкой существующей оргштатной структуры предприятия и следующими за ней перемещениями, перераспределениями функций и даже увольнениями персонала. Тем не менее при переходе от функциональной структуры предприятия к процессно-ориентированной такая ломка представляется единственно возможным решением. Попытки создания кроссфункциональных групп из сотрудников различных подразделений, затрагиваемых бизнес-процессом, приводят, как правило, к ряду проблем (неопределенный статус группы, двойное подчинение сотрудников и т. п.), разрешение которых требует изменения рабочих условий.

Для моделирования бизнес-процессов кроме традиционных диаграмм, упомянутых выше, применяются и специально разработанные для этой цели нотации, а именно:

- карты Харрингтона (Harrington), демонстрирующие лишь структуру бизнес-процесса,
- карты процесса, базирующиеся на стандарте ANSI.

Карты Харрингтона BFD (Block Flow Diagrams) являются простейшим и наиболее распространенным типом потоковых карт (схем). Они легко читаемы, поскольку содержат лишь два типа объектов: активности, моделирующие функции и детализируемые с помощью BFD нижнего уровня, и управляющие потоки, организующие последовательность выполнения активностей на рассматриваемом уровне. Фактически BFD позволяет формализовать лишь следующие знания о бизнес-процессах: *Состоит из, Является частью, Следует за, Предшествует.*

Результаты эволюции BFD воплотились в стандарт ANSI, в соответствии с которым карта процесса определяется как «схематичное или табличное представление последовательности всех относящихся к делу действий или событий — операций, транспортировок, инспекций, хранений, задержек и т. п., происходящих в ходе выполнения процесса или процедуры.

## **Критерии эффективности стратегии**

Критерии для выбора стратегии автоматизации предприятия предполагают, что их использование позволяет:

- выбрать наиболее эффективную стратегию,
- определить, насколько эффективно выполняется процесс автоматизации.

Под эффективностью обычно понимается мера того, насколько хорошо задача автоматизации конкретного предприятия выполняется по сравнению с некоторым эталоном. Из-за огромного количества типов предприятий и производств, а также разнообразия внешних условий, в которых они работают, создать универсальные критерии, которые позволяют в количественной форме определить эффективность того или иного выбора, невозможно. Более того, невозможно определить и эталонные образцы, на основе которых могли бы быть созданы стандарты, сравнение с которыми показывало бы, насколько эффективно выполняется процесс. На практике каждое предприятие решает этот вопрос самостоятельно, используя, если возможно, сравнение с аналогами. В качестве критериев выступают ожидания лиц, принимающих решения, и, соответственно, мера различий реальных показателей и ожидаемых:

- время и затраты на внедрение;
- экономический эффект от внедренных систем;
- влияние системы на условия труда или конкурентоспособность предприятия;
- эмпирические рекомендации, апробированные на практике.

Стратегия автоматизации тем более эффективна, чем более детально при ее разработке учтены все факторы, способные оказать на нее влияние:

- цели бизнеса,
- ограничения,
- технологии,
- проблемы.

Как любое управленческое решение, стратегия автоматизации является компромиссом между желаемыми целями и имеющимися возможностями. Зачастую у руководителей предприятий возникает вопрос, имеет ли смысл заниматься стратегическим планированием и тратить на него деньги и время. Проблема усугубляется тем, что обсуждение технологических аспектов требует специальных знаний, в то время как лица, принимающие решения, исполнительные, финансовые директора, как правило, ими не владеют. Ответ однозначный — стоит. Практически все крупные и средние, а подчас и малые зарубежные предприятия и корпорации имеют свою стратегию, которую они небезуспешно реализуют, в частности в России,

на совместных или собственных предприятиях. В среднем затраты на разработку стратегии автоматизации с привлечением достаточно квалифицированных российских консультантов могут составить несколько тысяч долларов. Это примерно равно стоимости нескольких персональных компьютеров. Непроизводительные затраты или не окупившие себя инвестиции практически для любого предприятия с численностью персонала свыше 10 человек могут составить такую сумму. Сколько компьютеров практически простаивают на предприятиях, выполняя роль украшения, игрушки или печатной машинки? Каковы потери от невозможности конвертировать информацию в нужные форматы? Сколько сотрудников занимается подсчетами на калькуляторах и составляет всяческие отчеты, вручную «вколачивая» их потом в компьютер из-за того, что бизнес-процесс имеет в принципе неавтоматизируемую структуру? Одна из причин этого — отсутствие стратегии автоматизации.

## **Оперативное планирование и внедрение автоматизированных систем**

Оперативный план внедрения информационных технологий или автоматизированной системы является по существу проектом, который реализуется на предприятии. Поэтому целесообразно для планирования и оперативного управления этим процессом использовать методы управления проектами. Все методы управления проектами базируются на следующих базовых принципах:

- согласование целей проекта со всеми заинтересованными сторонами;
- тщательный подбор команды проекта. Управляющий проектом должен иметь все полномочия для работ по проекту, а члены команды должны знать, перед кем они отчитываются;
- распределение ответственности между руководителями отдельных направлений;
- планирование основных совещаний и их целей;
- регулярная рассылка достоверной информации об ответственности участников проекта, о результатах совещаний, действиях и изменениях;
- четкий контроль хода выполнения проекта;
- регулярная проверка управляющим проектом выполнения сметы и выдача предупреждений в случае опасности перерасхода средств;
- отклонение нецелесообразных изменений проекта при сохранении необходимой гибкости;
- открытое обсуждение проблем участниками проекта;

- безотлагательное решение проблем сегодня, так как завтра могут возникнуть новые проблемы.

Основными процессами управления проектами в соответствии с требованиями международной ассоциации PMI (Project manager institute) являются:

- инициация проекта,
- планирование проекта,
- исполнение проекта,
- управление изменениями,
- завершение проекта.

При *инициации проекта* выполняются следующие работы: определяются потребности проекта, дается анализ целесообразности проекта, составляется описание результатов проекта (продуктов или услуг), определяются обязанности и ответственности управления, составляется первоначальное описание проекта, назначается менеджер проекта.

В процессе *планирования проекта* осуществляются планирование целей, декомпозиция целей, определение операций проекта, определение взаимосвязей операций, планирование ресурсов, оценка длительности операций, стоимостные оценки проекта, составление расписания работ, планирование взаимодействия, планирование качества, планирование организации, планирование управления рисками, планирование контрактов, разработка плана проекта.

В процессе *исполнения проекта* обеспечиваются исполнение плана проекта, подтверждение целей, подтверждение качества, развитие команды проекта, распределение информации, выбор поставщиков, управление контрактами.

В процессе *управления изменениями* обеспечиваются общий контроль изменений, управление изменениями целей, сроков, стоимости, управление качеством, отчетность о выполнении, управление рисками.

На этапе *завершения проекта* осуществляются административное завершение проекта, закрытие контрактов.

Ниже детально рассмотрены следующие процессы:

- планирование проекта и исполнение проекта на примере типового плана внедрения;
- управление изменениями — сопровождение и доработка системы;
- завершение проекта — вывод системы из эксплуатации;
- инициация проекта — замещение старой системы новой.

# **КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

---

## **Заказные/уникальные системы**

Под заказными или уникальными системами обычно понимаются системы, создаваемые для конкретного предприятия, не имеющие аналогов и не подлежащие в дальнейшем тиражированию. Подобные системы используются либо для автоматизации деятельности предприятий с уникальными характеристиками, либо для решения крайне ограниченного круга специальных задач. В основном подобные системы применяются в органах государственного управления, образования, здравоохранения, военных организациях. Заказные системы, как правило, либо вообще не имеют прототипов, либо использование прототипа требует значительных его изменений, имеющих качественный характер. В этом плане разработка заказной системы по существу является НИОКР. Как любые НИОКР, она характеризуется повышенным риском в плане получения требуемых результатов. Для снижения рисков и расходов на разработку целесообразно использовать апробированную на практике методику. Желательно, чтобы в состав методики входили следующие элементы:

- модель технологического процесса (последовательность технологических операций, требования к входной и выходной информации и результатам);
- модель процесса управления самим технологическим процессом (этапы, процессы управления качеством, результатами, требования к квалификации специалистов);
- инструментальные средства, используемые при разработке.

Одним из примеров такой методики является комплексное использование подхода CDM Advantage<sup>TM</sup>, метода управления проектами PJM и CASE-средства Designer/2000 в качестве инструментального средства корпорации Oracle.

## **Адаптируемые системы**

Проблема адаптации программного обеспечения АСУП, т. е. приспособления к условиям работы на конкретном предприятии, была осознана с самого начала работ по автоматизации управления.

Содержание и методы адаптации эволюционировали вместе с методологией создания и внедрения систем. Суть проблемы в том, что в конечном итоге каждая АСУП уникальна, но вместе с тем ей присущи и общие, типовые свойства. Любая подсистема программного обеспечения отображает обе эти стороны АСУП. В технологическом смысле адаптация программного обеспечения АСУП — это переход от базовой системы, отображающей типовые свойства системы, к окончательному решению, приспособленному для работы в данной АСУП.

Требования к адаптации и сложность их реализации существенно зависят от проблемной области, масштабов системы, степени соотношения между формализованным и неформализованным при решении задач управления.

Даже первые программы, решавшие отдельные задачи управления, создавались с учетом необходимости их настройки по параметрам. Поскольку на раннем этапе остро стоял вопрос обеспечения вычислительными мощностями, то главное внимание уделялось настройке потребностей в оперативной памяти, способам остановки при решении задач оптимизации, управлению программой для обхода программных модулей, не используемых в конкретном расчете.

С появлением типовых решений в виде пакетов прикладных программ (ППП) появилась необходимость в специальных процедурах предварительной генерации. Процедуры охватывали параметры, которые определяли режим функционирования программного обеспечения, требования к информационному обеспечению, условия подключения и использования внешних программ. Применение ППП как базовых систем привело к увеличению формализованной составляющей в системе управления предприятием. Усложнилась и адаптация систем к условиям предприятия. Появились подразделения эксплуатации программного обеспечения, занимавшиеся в том числе и вопросами адаптации программных систем. Стало очевидно, что адаптация в АСУП является не только программно-технической, но и организационной проблемой.

Интерактивные системы, сделавшие управленцев всех уровней непосредственными пользователями вычислительных систем, привели и к новому пониманию проблемы адаптации. Глубинные причины были прежними — смещение соотношения между формализованным и неформализованным в сторону формализации процесса управления. Основная сложность заключалась в том, что формализация затронула не только типовые, но и уникальные функциональности в системе управления предприятием.

Из всего множества трудностей, проявившихся на данном этапе развития АСУП, следует остановиться на двух. Первая — организация дружественного интерфейса между пользователем и вычисли-

тельной средой. В ходе развития систем управления в арсенал средств организации интерфейса вошли меню различного вида, электронные доски и панели, диаграммы типа диаграмм Черноффа и Ишикавы, графика и многое другое. Вторая трудность носила системный характер. Прежний подход — настройка системы силами консультантов практически без участия управленцев — стал невозможен. Выяснилось, что во многих случаях оказывается неэффективной организация внедрения, при которой будущие пользователи сначала формулируют требования к системе с учетом специфики предприятия во всех деталях, а затем консультанты настраивают систему на условия применения. Существует ряд причин подобной неэффективности. Во-первых, как правило, управленцы-практики не владеют методологиями системного анализа. Во-вторых, объем информации, касающейся деталей в организации управления на конкретном предприятии, оказывается слишком велик. В-третьих, не всегда эта информация оказывается полезной и консультантам в силу ее «одноразового» характера. В-четвертых, при такой организации трудно реализовать принцип новых задач, для этого в процессе внедрения потребовались бы дополнительные итерации.

Поэтому были предложены методики разработки и внедрения программного обеспечения, в основу которых были положены новые принципы:

- привлечение пользователей к разработке системы, в том числе и к разработке программного обеспечения;
- прототипирование программного обеспечения;
- совмещение процесса обучения пользователей работе с базовой системой создания прототипа программного обеспечения.

Примером может служить подход, предложенный компанией Computer Associates в начале 90-х годов для проектов типа MRPII/ERP на базе системы CA-CAS.

Прототип ПО АСУП в дальнейшем может использоваться в следующих работах:

- при обучении более широкого круга персонала,
- при опытной эксплуатации,
- при модификации с целью получения окончательного варианта ПО.

Такой подход позволил в определенной степени решить проблему адаптации системы управления и в динамике, поскольку работники предприятия в ходе создания прототипа приобретали навыки работы со средствами проектирования и модификации системы.

Дальнейшее развитие методов и средств адаптации базовых систем направлено на достижение следующих целей:

- повышение уровня автоматизации проектирования и внедрения систем;



- обеспечение непрерывного управления конфигурацией и параметрами системы на всех стадиях ее жизненного цикла;
- сокращение сроков внесения изменений в конфигурацию и параметры системы по мере модернизации производственного процесса и управления;
- совмещение типовых решений, проверенных практикой, с решениями, зависящими от конкретных условий предприятия.

Примером одного из многочисленных средств адаптации базовых систем является методология Orgware, используемая фирмой BAAN.

Разработка АСУП на предприятии может вестись как «от нуля», так и на основе референционной модели (Reference Model). Референционная модель представляет собой описание облика системы, функций, организационных структур и процессов, типовых в каком-либо смысле (отрасль, тип производства и т. д.). В ней отражаются типовые особенности, присущие определенному классу предприятий. Ряд компаний-производителей адаптивных АСУП совместно с крупными консалтинговыми фирмами в течение ряда лет ведет разработку референционных моделей для различных отраслей. Существуют подобные модели для предприятий автомобильной, авиационной и других отраслей. Каждая модель является типовым проектным решением, на основе которого можно строить конкретные проекты. Следует отметить, что адаптации и референционные модели входят в состав многих систем класса MRPII/ERP, что позволяет значительно сократить сроки их внедрения на предприятии.

Если в распоряжении предприятия нет референционной модели, то модель ее уровня надо создавать в процессе проектирования как исходную. На основе исходной модели затем происходит проектирование, уточнение и детализация системы управления. Референционная модель в начале работ по автоматизации управления предприятием может представлять собой описание существующей системы и служить, таким образом, точкой отсчета, с которой начинаются работы по совершенствованию системы управления.

Процесс проектирования системы может включать несколько фаз.

Результаты первой фазы: границы действия будущей системы и концептуальная бизнес-модель, которая отражает в укрупненном виде функциональную структуру системы управления и связки функций управления для различных видов заказов, проходящих через систему.

В ходе второй фазы создается и документируется в репозитории референционная бизнес-модель. Как правило, референционная модель включает следующие компоненты:

- иерархию бизнес-функций, представляющую собой нисходящую иерархическую структуру, описывающую в укрупнен-

ном виде функциональную структуру будущей системы. При этом для нижних элементов структуры допускается задание нескольких вариантов реализации;

- модели бизнес-процессов. Это более глубокие модели, показывающие, как должны реализоваться функции. Внешне они напоминают традиционные блок-схемы и описывают последовательность элементарных действий, которые могут быть выполнены системой, другими приложениями, ручными действиями, бизнес-процессами более глубокого уровня;
- модель организационной структуры, которая описывает структуру организации, отношения между подразделениями и людьми и роли, предписываемые управленцам.

На следующей фазе создается проектная модель предприятия (Project Model), которая является развитием и уточнением функциональной структуры для конкретного предприятия. Она может быть создана и минуя референционную модель, но такой подход не является эффективным для сложных проектов.

Заключительная фаза — привязка проектной модели к ролям, заданным детализированной моделью организационной структуры, к функциям системы и техническим средствам. В результате создается комплексная конфигурация программного и организационного обеспечения, технических средств.

Далее выполняются опытная эксплуатация и доработка системы.

## **Современный подход к классификации прикладных систем**

Как известно, автоматизированные системы управления (АСУ) могут быть классифицированы по различным признакам.

По типу производства:

- АСУ дискретным производством,
- АСУ непрерывным производством,
- АСУ дискретно-непрерывным производством.

По уровню исполнения:

АСУ цехом, производством, отраслью.

По типу принимаемого решения:

- Информационно-справочная система, предоставляющая пользователю простейшую справочную информацию. Примером систем подобного рода являются всем известные системы типа «Сирена» или «Экспресс».
- Информационно-советующая система, предоставляющая пользователю различные варианты решения с их оценками. Такие системы больше известны как системы поддержки при-

нения решения или экспертные системы. Структура системы поддержки принятия решений показана на рис. 34.

- Информационно-управляющая система. Выходным результатом подобной системы является воздействие на объект управления. Среди наиболее известных представителей таких систем можно назвать станки с числовым программным управлением, роботы, автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП).
- По назначению. Примерами классификации систем по назначению могут служить АСУ военного назначения, экономические системы, информационно-поисковые системы и т. п.
- По областям деятельности. Например, медицинские системы, экологические системы, системы для ТЭК и др.

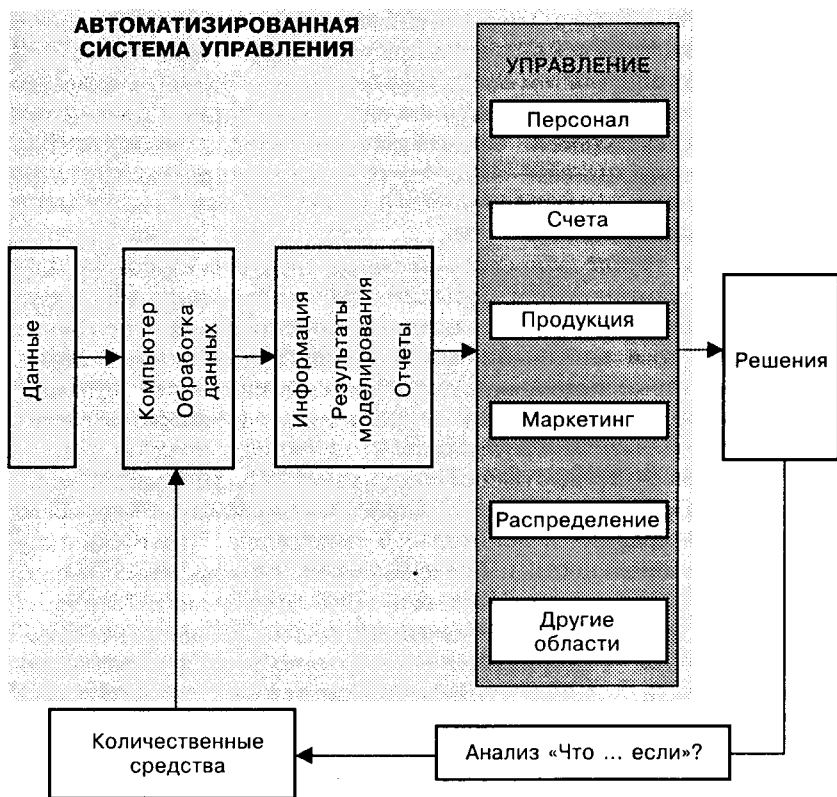


Рис. 34

- До недавнего времени в литературе можно было встретить и классификацию АСУ по типу используемых вычислительных средств. Например, системы, реализованные на базе цифровых или аналоговых вычислительных машин.

Приведенная выше классификация относится к автоматизированным системам управления вообще. Предметом же данной книги являются автоматизированные системы управления предприятием, которые чаще всего делятся на три (иногда на четыре) большие группы.

К системам **первой группы** относятся простые, так называемые «коробочные», продукты, реализующие небольшое число бизнес-процессов организации. Обычно они рассчитаны либо на локальное (на одном компьютере) использование, либо на использование в небольшой (5—8 ПЭВМ) сети. За рубежом такие системы носят название систем класса low end. Типичным примером систем подобного рода являются бухгалтерские, складские или небольшие торговые системы, наиболее широко представленные на российском рынке. Примером таких систем являются продукты таких фирм, как 1С или «Инфин». Отличительной особенностью таких продуктов является относительная легкость в освоении, что в сочетании с низкой ценой, соответствием российскому законодательству и возможностью выбрать систему «на свой вкус» приносит им широкую популярность не только в сфере малого бизнеса, но и во многих достаточно крупных организациях.

Ко **второй группе** относятся системы среднего класса (middle end), которые отличаются большей глубиной и широтой охвата функций. Данные системы на нашем рынке предлагают не только российские, но и западные компании. Как правило, это учетные системы, которые позволяют вести учет деятельности предприятия по многим или некоторым направлениям: финансы, логистика, персонал, сбыт. Они нуждаются в настройке, которую в большинстве случаев осуществляют специалисты фирмы-разработчика, а также в обучении пользователей. Эти системы больше всего подходят для средних и некоторых крупных предприятий в силу своей функциональности и более высокой, по сравнению с первым классом, стоимости. Из российских систем данного класса можно выделить продукцию компаний АйТи и «Галактика», системы управления предприятием которых в настоящее время занимают промежуточное положение между системами среднего и высшего класса.

К **высшему классу**, по аналогии с предыдущими, называемому high end, относятся системы, которые отличаются высоким уровнем детализации хозяйственной деятельности предприятия. Современные версии таких систем обеспечивают планирование и

управление всеми ресурсами организации и поэтому получили название ERP-систем (Enterprise Resource Planning). Как правило, при внедрении таких систем производится моделирование существующих на предприятии бизнес-процессов и настройка параметров системы под требования бизнеса. Однако значительная избыточность и большое количество настраиваемых параметров системы обуславливают длительный срок ее внедрения, а также необходимость наличия на предприятии специального подразделения или группы специалистов, которые будут осуществлять перенастройку системы в соответствии с изменениями бизнес-процессов.

В настоящее время на российском рынке имеется большой выбор систем высшего класса, и их число растет с каждым днем. Вряд ли какую-либо отечественную разработку можно назвать ERP-системой, поэтому речь идет только о зарубежных программных продуктах. Признанными мировыми лидерами в этой области и, несомненно, лидерами в России являются продукты R/3 компании SAP, Baan IV компании Baan и Oracle Application компании Oracle. Все они достаточно корректно локализованы и внедрены либо успешно внедряются в некоторых отечественных компаниях.

При упоминании зарубежных автоматизированных систем управления предприятием следует сказать и о принятой классификации возможностей программных продуктов, которые относятся к данной категории. Рассматриваются следующие возможности (типы) систем:

- MRP II или ERP-системы.
- Системы конфигурации продукции.
- Системы планирования спроса.
- Системы планирования.
- Расширенные системы.
- Системы управления сетью поставок.
- Финансовые системы.
- Системы управления бизнесом и бухгалтерского учета.
- Системы планирования перевозок.
- Системы управления складом.
- Системы управления эксплуатацией.
- Системы оперативного планирования.
- Системы управления данными.
- Системы планирования распределения.
- Системы управления проектами.
- Системы управления качеством.
- MES (Manufacturing Execution Systems — системы выполнения производства). Другими словами, это система, которая собирает и использует данные для оптимизации производ-

ственных процессов, ориентированная на выпуск конечных товаров.

- Системы исполнения цепи поставок.
- Системы контроля.

## **Характеристики систем, присутствующих на российском рынке**

### **Системы начального уровня**

Как было сказано выше, системы начального уровня охватывают ограниченное число бизнес-процессов организации. Такие системы у всех на слуху, а многие небольшие предприятия успешно используют их в своей повседневной деятельности. В первую очередь сюда можно отнести бухгалтерские системы, кадровые системы, складские и торговые системы, а также простейшие системы документооборота.

Программные продукты данного класса могут сильно отличаться друг от друга по целевому назначению, стоимости, реализации и т. п., однако все они имеют много общих черт.

Исторически многие программные продукты разрабатывались небольшими группами программистов для конкретного заказчика. После получения приемлемой версии предпринимались попытки продать свое творение кому-нибудь еще, и в случае успеха данного предприятия небольшая группа программистов преобразовывалась в небольшую компанию по разработке, продвижению и сопровождению своих программных продуктов.

Количество возможных пользователей систем начального уровня колеблется от одного сотрудника (например, главного бухгалтера или начальника отдела кадров) до нескольких десятков. Это соотношение наглядно иллюстрирует эволюционный путь, который программные продукты данного рода прошли за период с конца 80-х до конца 90-х годов. Из локальных DOS- или Windows-приложений они превратились в системы, работающие под управлением современных промышленных СУБД. Однако в целом такие системы менее требовательны к выделяемым ресурсам, что позволяет успешно эксплуатировать их на небольших предприятиях.

При упоминании систем начального уровня довольно часто используется термин «коробочный продукт». Под этим подразумевается, что, покупая систему, например бухгалтерскую, пользователь может самостоятельно ее установить и начать эксплуатировать. Это верно только отчасти, так как фирмы-разработчики стараются вложить в свои программные продукты максимальные возможности, позволяющие использовать их на самых различных предприятиях,

что обуславливает необходимость дополнительной настройки. Кроме того, некоторые системы начального уровня имеют возможности стыковки с другими программными продуктами данного класса, причем различных производителей. Все это приводит к тому, что стоимость сервисных услуг, которые потребуются организации при покупке системы, может колебаться от нуля до сумм, в несколько раз превышающих стоимость самой «коробки». При этом для специалистов, осуществляющих внедрение и настройку системы, очень часто используются почасовые ставки оплаты труда.

### **Системы среднего уровня**

Появление на российском рынке систем среднего уровня было обусловлено потребностями клиентов получить в свое распоряжение инструмент, который давал бы возможность работать с более широким спектром задач. Некоторые из компаний постарались расширить функциональные возможности своих продуктов. Кроме того, современные способы и средства разработки позволяли создавать готовые решения, охватывающие широкий круг потребностей предприятий, за довольно короткое время. Как правило, в их состав могут входить следующие подсистемы: Бухгалтерский учет, Управление производством, Материально-техническое снабжение и сбыт, Планирование, Производство. Причем планирование и производство реализовано в очень усеченном виде. Однако несомненным достоинством систем этого класса является возможность вести учет практически по всем направлениям деятельности предприятия.

Подобные системы предназначены для работы в сети предприятия со значительным количеством пользователей. Как правило, они имеют файл-серверную или клиент-серверную архитектуру. Стоимость автоматизированной системы управления предприятием данного класса может колебаться от нескольких сотен долларов до нескольких десятков тысяч долларов в зависимости от масштабов организации, а также от фирмы-изготовителя и платформы, на которой реализована система.

Ввиду того что система среднего класса позволяет вести учет практически по всем направлениям деятельности предприятия, количество параметров настройки у нее достигает значительного числа. При покупке такой системы следует обращать внимание на стоимость не только лицензий на программный продукт, но и услуг по внедрению системы. В типовой состав таких услуг, как правило, могут входить следующие:

- анализ деятельности предприятия (или предпроектное обследование), который включает в себя сбор данных о типовых бизнес-процессах предприятия, его документообороте

и т. п. с представлением информации в виде, понятном как для покупателя (проверка соответствия описания реальному положению дел), так и для специалистов фирмы-разработчика, которые в дальнейшем будут устанавливать и настраивать систему;

- установка и настройка системы в соответствии с результатами предыдущего этапа;
- обучение пользователей работе с системой;
- сервисное обслуживание на требуемый срок («горячая линия», выезд консультантов, обновление версий и т. п.).

Успех внедрения систем среднего уровня во многом зависит от качества выполнения анализа деятельности предприятия. Этого не должны недооценивать руководители предприятий любого уровня, которые приняли решение использовать в своей организации подобную систему.

Как показано выше, многие российские компании стали включать в состав своей продукции и возможности планирования. Однако лишь зарубежные системы класса MPRII или ERP позволяют вести полнофункциональное планирование для всех ключевых бизнес-процессов современного предприятия (в первую очередь для производства). Таким образом, на отечественном рынке появляются системы высшего класса.

### **Системы высшего уровня**

Как было отмечено ранее, современные версии систем высшего уровня обеспечивают планирование и управление всеми ресурсами организации. В системах этого класса содержится описание тысяч бизнес-процессов. И действительно, они должны обладать большой избыточностью для того, чтобы успешно использоваться на самых разных предприятиях. Количество настраиваемых параметров в такой системе может достигать десятков и даже сотен тысяч. Безусловно, возрастает и суммарная стоимость решений, причем на первое место выходят затраты, связанные с внедрением. Хотя многие компании, предлагающие ERP-системы, и утверждают, что стоимость их внедрения в России равна или даже меньше стоимости лицензий на систему, реально дело обстоит несколько сложнее.

Во-первых, для западных компаний принята система оплаты работ не с фиксированной ценой, а с повременной оплатой. Поэтому даже если какая-либо из российских фирм-интеграторов, занимающихся внедрением ERP-систем, и указывает конечную стоимость внедрения, то всегда следует иметь в виду, что может потребоваться дополнительное привлечение внешних консультантов.



Во-вторых, внедрение сложной системы зачастую требует проведения некоторой реорганизации деятельности, а это уже если не прямые, то значительные косвенные затраты.

В-третьих, для успешной эксплуатации системы на предприятии необходимо наличие подразделения, которое бы занималось перенастройкой системы в соответствии с требованиями бизнеса. Сюда относится изменение существующих моделей бизнес-процессов, а также создание новых моделей и предварительное обучение пользователей работе по-новому.

Однако перспектива значительных затрат не должна пугать. Ведь с внедрением ERP-системы руководители организации и ее персонал получают инструмент, позволяющий реально планировать и управлять производством. А в условиях современной рыночной экономики это может дать неоспоримое конкурентное преимущество.

Кроме того, многие ERP-системы позволяют стыковаться с CAD/CAM-системами (системами автоматизированного проектирования — САПР и автоматизированными системами управления технологическим процессом — АСУТП), что позволяет получить интегрированное решение, объединяющее процессы разработки, производства и поставок.

## **ВЫБОР СИСТЕМЫ**

---

### **Основные критерии выбора системы**

Процесс выбора системы в общем случае может быть представлен как процесс выбора из большого количества альтернатив:

- уровень системы: «коробочная», средний или высокий,
- уровень исполнения: управление цехом или производством,
- тип принимаемого решения,
- и так далее.

При таком количестве альтернатив дерево перебора различных вариантов в поисках наилучшего решения становится таким большим, что в реальной жизни этот подход к выбору системы никогда не применяется. На практике, как правило, используются последовательность альтернатив, позволяющая на самых ранних этапах отсекаать заведомо неприемлемые выборы, и набор критериев, руководствуясь которыми принимают решения при рассмотрении альтернатив. Такая процедура позволяет в конечном счете либо остановиться на какой-либо системе, либо достаточно точно определить (специфицировать) требования к ней. Подход к построению дерева альтернатив, иными словами к построению последовательности решений при выборе системы, а также количество вариантов, которое целесообразно рассматривать параллельно, определяется в каждом конкретном случае слишком большим числом факторов, чтобы можно было говорить о каких-то рекомендациях общего характера.

Ниже рассматривается ряд критериев, которые целесообразно использовать при принятии решения о выборе системы.

Основным критерием, которым следует руководствоваться при выборе системы, должен быть критерий удовлетворения потребностей бизнеса предприятия. Потребности бизнеса формулируются в терминах бизнеса. В табл. 10 приведены типичные формулировки целей бизнеса, которые должны быть достигнуты с помощью внедрения информационных технологий [121]. Таблица составлена по данным опроса руководителей, отвечающих за финансовые результаты деятельности предприятий и корпораций, т. е. лиц, участвующих в принятии решений при выборе системы, но не являющихся специалистами в информационных технологиях.

Все опрошенные утверждали, что при принятии решений они руководствуются соображениями именно бизнеса. Очевидно, что

осуществить выбор технической системы, руководствуясь только критериями, приведенными в табл. 10, невозможно.

Поэтому при выборе системы потребности бизнеса, сформулированные в терминах бизнеса, должны быть конвертированы в технические и экономические требования к системе, сформулированные в соответствующих терминах:

- функциональные возможности,
- совокупная стоимость владения,
- перспективы развития, поддержки и интеграции,
- технические характеристики.

Ниже эти критерии рассматриваются подробнее.

### **Функциональные возможности**

Под **функциональными возможностями** следует понимать соответствие автоматизированной системы тем основным бизнес-функциям, которые существуют или планируются к внедрению в организации. Иногда говорят о функциональной полноте предлагаемых решений. Так, если целью организации является минимизация финансовых потерь за счет оптимизации и упрощения бухгалтерского учета, то выбранная система должна обеспечивать автоматизацию

**Таблица 10**

<i>Критерии</i>	<i>Респонденты, использующие критерии для оценки отдачи от инвестиций в ИТ, %</i>
Сокращение операционных расходов	71
Способность сохранить конкурентоспособность или вырваться вперед	62
Возможность повысить доходность текущих операций	44
Возможность увеличить свою долю рынка	40
Сокращение длительности основных производственных циклов	39
Улучшение внутреннего контроля	36
Соответствие предварительно установленным финансовым показателям	19
Возможность ввести новые направления бизнеса	17

процесса ведения бухгалтерского учета; если требуется достичь конкурентного преимущества за счет сокращения сроков разработки новых видов продукции, то одно из решений может заключаться в выборе системы CAD/CAM (САПР). Для того чтобы определить достаточность функциональных возможностей системы, необходимы два компонента:

- Стратегия развития бизнеса и контекстное описание бизнеса.
- Формализованное описание деятельности предприятия. Лучше всего, если это будут модели деятельности предприятия, выполненные согласно методикам структурного анализа: диаграммы согласно стандартам IDEF0 или IDEF3; диаграммы потоков данных или модели бизнес-процессов.

В идеальном случае стратегия развития бизнеса и контекстное описание бизнеса должны содержаться в стратегическом плане автоматизации предприятия. Если исходные данные для выбора системы отсутствуют, то в план выбора системы необходимо включить этап по подготовке исходных данных для выбора системы, иными словами, разработать Техническое задание на систему.

Как видно из общего перечня работ, для их успешного осуществления необходимо наличие и постоянное участие квалифицированных специалистов из самых различных областей: информационные технологии, управление персоналом, управление предприятием, планирование и многие другие. Держать такой штат в организации, как правило, экономически нецелесообразно. Поэтому наиболее предпочтительно привлечение внешних консультантов.

В пользу этого можно привести следующие основные аргументы:

- внешний консультант обладает особыми навыками и знаниями, которых может не быть у сотрудников организации;
- даже если в организации и есть требуемые квалифицированные кадры, то они могут быть заняты решением других проблем;
- внешний консультант может показать реальное положение дел, так как он независим от организации-заказчика;
- при оказании консультационных услуг персонал заказчика перенимает определенные технические знания, проходит обучение.

Так что же реально можно получить на этапе определения потребностей предприятия в информационной системе?

Не касаясь стратегических планов организации, о которых довольно много и подробно говорится в современных изданиях по теории менеджмента (например, см. [122]), можно отметить, что внешние консультанты могут оказать квалифицированные услуги и по

формированию стратегии предприятия. Однако делать это лучше всего после анализа текущей деятельности.

Описание существующих бизнес-процессов и информационных потоков предприятия, его организационной структуры и принятых технологий работ позволяет достичь сразу нескольких целей. Во-первых, это помогает персоналу самого предприятия, особенно его руководящему составу, лучше разобраться в работе своей организации. Во-вторых, полученные данные могут сравниваться с передовым опытом различных организаций, с которыми уже работала консультационная фирма. Это позволяет более качественно подготовить предложения по изменению и оптимизации деятельности. В-третьих, даже если предприятию по объективным или субъективным причинам и не требуется реорганизация, структурированные материалы, касающиеся деятельности организации, особенно если они представлены в графическом виде, могут существенно облегчить последующее внедрение системы автоматизации управления предприятием. Кроме того, это позволяет определить, можно ли осуществить изменения в организации после внедрения данной системы и насколько легко это может быть сделано.

Реализация этих предложений может происходить до или одновременно с внедрением системы автоматизации управления предприятием.

Наиболее просто проблема определения достаточности функциональной полноты решается для систем начального и среднего уровня. Для систем высшего уровня определяются:

- Какие типы производства может поддерживать система (разработка на заказ — представляет собой дальнейшее развитие проектно-ориентированного производства; сборка на заказ — предложение клиентам продукции массового производства; работа на склад — поддержание требуемого уровня товарно-материальных запасов в сочетании с организацией поставок со склада; повторяющееся производство — производство, организованное в соответствии с идеологией «точно-в-срок»; процессное производство).
- Поддерживает ли система управление цепью поставок. То есть рассматривается возможность ERP-системы управлять поставками, материально-техническим снабжением (логистикой) и спросом.
- Как система поддерживает производственные поставки, а также электронные средства поставки.
- Насколько полно система управляет процессом материально-технического снабжения, а также складированием продукции и планированием ее доставки.

- Как система учитывает работу с клиентами. Требуется оценить, как в системе поддерживается планирование спроса, автоматизация работы с посредниками и торговыми агентами, насколько гибко осуществляется обработка заказов клиентов, а также осуществляется учет сервисного обслуживания.

### **Совокупная стоимость владения**

**Совокупная стоимость владения** (ТСО — Total Cost of Ownership) информационной системой — сравнительно новое понятие, которому в последнее время уделяется самое пристальное внимание в литературе [121, 123]. Под совокупной стоимостью владения понимается сумма прямых и косвенных затрат, которые несет владелец системы за период жизненного цикла последней.

При анализе ТСО рассматривают жизненный цикл, включающий в себя время жизни существующей на предприятии системы, время, необходимое для проектирования нового альтернативного решения, срок эксплуатации альтернативной системы с учетом амортизации ее элементов и ориентировочного срока ожидания. Под сроком ожидания понимают время, необходимое для выхода системы на уровень доходности, при котором ее эксплуатация позволяет получить частичный (до 90%) возврат инвестиций, вложенных в систему.

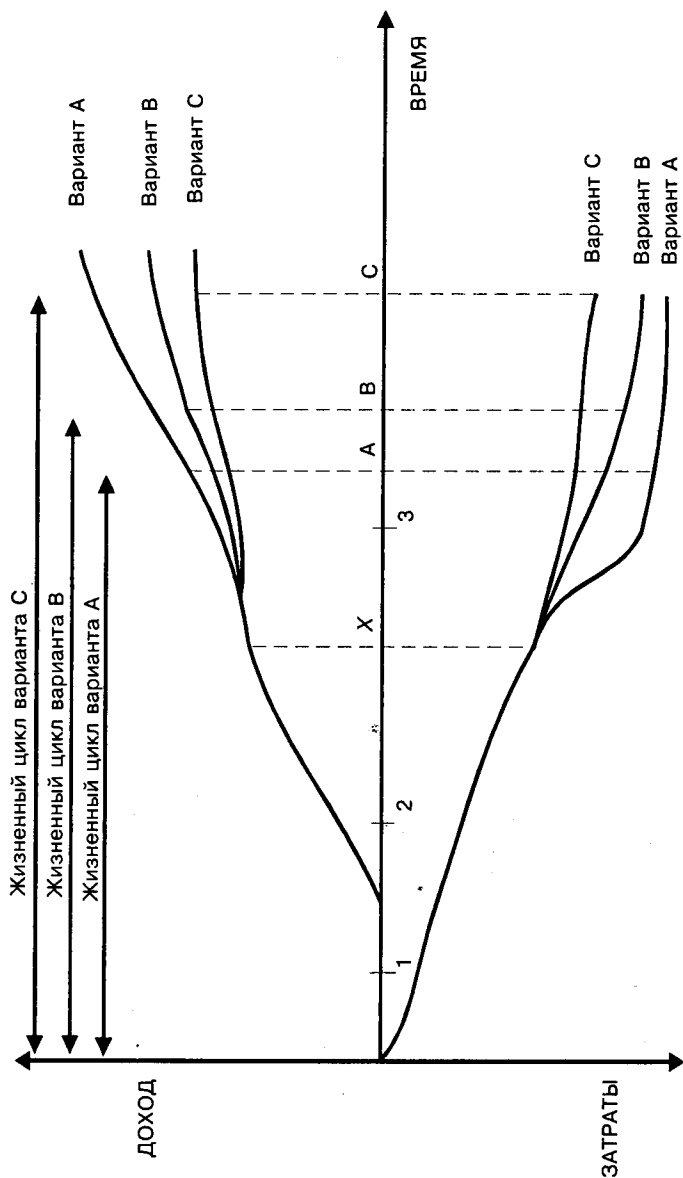
При выборе новой информационной системы между альтернативными существующему решению вариантами необходимо оценить совокупную стоимость владения для каждого предлагаемого варианта. При этом жизненный цикл, на котором оцениваются прямые и косвенные затраты, должен включать:

- время жизни существующей на предприятии системы;
- время проектирования новой системы;
- время на закупку и внедрение элементов новой системы;
- время эксплуатации новой системы, которое необходимо ограничить сроком возврата 90% вложенных инвестиций за счет прибыли от эксплуатации этой системы.

Вариант информационной системы с более коротким жизненным циклом предпочтителен для дальнейшего использования. На рис. 35 самым рациональным является вариант А.

Точка выбора новой системы для каждого предприятия индивидуальна. Предприятие может начать этот процесс в различных случаях, например:

- при появлении необходимости дополнить или изменить функции существующей информационной системы, чтобы они соответствовали изменившимся потребностям бизнеса и не приводили к неоправданным финансовым потерям;



**Рис. 35**

1 — точка завершения проектирования существующей системы; 2 — точка завершения внедрения существующей системы; 3 — точка ввода в эксплуатацию новой системы; X — точка выбора новой системы; A — точка возврата 90% инвестиций в новую информационную систему (вариант A); B — точка возврата 90% инвестиций в новую информационную систему (вариант B); C — точка возврата 90% инвестиций в новую информационную систему (вариант C)

- при достижении доходов от эксплуатации существующей системы порядка 90% вложенных в нее инвестиций;
- при превышении эксплуатационных затрат на систему над доходами от ее использования и др.

Прямые и косвенные затраты могут включать следующие составляющие.

Прямые затраты.

1.1. Основные затраты:

- создание информационной системы;
- оборудование — серверы, клиентские места, периферия, сетевые компоненты;
- программное обеспечение (ПО);
- приложения, утилиты, управляющее ПО;
- обновление (модернизация).

1.2. Эксплуатационные затраты:

- управление задачами (сетью, системой, массивами памяти);
- поддержка работоспособности системы — персонал, функционирование справочной службы, обучение, закупки, подготовка контрактов на поддержку системы;
- разработка инфраструктуры, бизнес приложений.

1.3. Прочие затраты:

- создание коммуникаций — глобальные сети, взаимодействие с поставщиками сервиса, удаленный доступ, Internet, доступ клиента;
- управление и поддержка — аутсорсинг, сопровождение, справочная система.

Все затраты на создание информационной системы, которые ассоциируются с установкой оборудования и его подготовкой к эксплуатации, должны оцениваться как часть инвестиций. Эти разовые затраты могут включать в себя такие составляющие, как проектирование системы, программирование, тестирование системы, ревизия системы, приобретение оборудования, разработка и изменение руководств, обучение и передвижения в связи с установкой, тестированием и параллельным запуском системы.

Затраты на оборудование включают в себя стоимость компонент системы, затраты в течение жизненного цикла, такие, как смена оборудования, которое заменяется до истечения жизненного цикла. Затраты на оборудование могут включать и такие разовые расходы, как сопутствующая мебель для периферийных устройств. Оценки подготовительных работ должны основываться на масштабах реноваций и включать в себя изменение расположения при перемещении, добавлении или удалении оборудования. Кроме того, в эти затраты необходимо включать и изменения в электропитании, освещении и кондиционировании воздуха. Если часть оборудования бе-



рется в лизинг, то суммарные затраты на это оборудование выделяются в отдельную категорию.

В табл. 11 перечислены основные виды затрат и их составляющие, которые необходимо учитывать при определении совокупной стоимости владения.

**Таблица 11**

<b>Эксплуатационные затраты</b> <i>(затраты на обслуживание и работу системы)</i>	
<p>1. Затраты на сетевое управление — расходы административного персонала на решение задач, ассоциируемых с управлением сетью и клиентами</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• затраты на определение причины неисправности и решение проблемы (ремонт), после того как поступило сообщение о неисправности в сети</li> <li>• регулярные затраты на измерение сетевого трафика и планирование его оптимизации</li> <li>• регулярные затраты на настройку производительности сетевых компонентов и межкомпонентных соединений</li> <li>• временные затраты, связанные с добавлением, перемещением, удалением пользователей и изменением прав доступа к сети</li> <li>• затраты на поддержку сетевых и клиентских операционных систем, включая установку, настройку и установку драйверов</li> <li>• затраты на поддержание работоспособности сети и клиентов, наподобие диагностики, проверок и прочих задач, которые не попадают в категории, указанные выше</li> <li>• затраты на поддержку пользователя, поддержки производителей, не попадающие в перечисленные выше категории</li> </ul>
<p>2. Затраты на управление системой — расходы на управление приложениями, имуществом и миграциями</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• затраты, связанные с исследованием и планированием проекта новых компьютерных систем, сетевых и коммуникационных компонент, затраты на выбор различных стратегий и конфигураций</li> <li>• затраты, связанные с оценкой и покупкой новых компьютеров, сетевых компонент, коммуникационных устройств и программного обеспечения, определение поставщика, модели и получение финансов</li> <li>• затраты, связанные с управлением, контролем за лицензиями, дистрибуцией и конфигурированием программного обеспечения по сети</li> <li>• затраты, связанные со сбором информации, относящейся к имуществу, и включающие в себя инвентаризацию, контроль закупок и отслеживание конфигураций имущества</li> <li>• затраты на управление программным обеспечением сети, включающее в себя контроль версий, доступа и запуска</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• затраты, связанные с контролем за системой с целью обнаружения и предотвращения нарушений правил безопасности, вирусных атак и мероприятия по восстановлению после нарушений</li> <li>• затраты, связанные с конфигурированием новых решений или перенастройкой существующих решений (решение включает в себя компоненты системы, топологию, местоположение, а также любые физические или логические замену и инсталляцию)</li> <li>• затраты, связанные с установкой дополнительного оборудования или модернизацией (за исключением программной модернизации)</li> </ul>
3. Затраты на управление устройствами хранения данных — расходы на задачи, связанные с управлением и контролем за данными и их хранением в сети	<ul style="list-style-type: none"> <li>• затраты, связанные с организацией, оптимизацией и восстановлением файлов в сети</li> <li>• затраты, связанные с контролем и проверкой оптимизации хранящихся данных</li> <li>• затраты, связанные с обеспечением доступа к данным и устройствам хранения информации</li> <li>• затраты по конфигурированию, управлению, оптимизации и поддержке систем архивирования и резервного копирования</li> <li>• затраты на создание, испытание, управление и поддержку планов прогнозирования и восстановления неисправностей</li> <li>• затраты по управлению средствами хранения данных и репозиториями в реальном времени</li> </ul>
<b>Косвенные затраты</b>	
Затраты, связанные с оплатой действий, напрямую не являющихся рабочими функциями	Контроль, отправка и получение почты, телефонные разговоры, ввод информации, переводы, расходы на помещение, потери от плановых и внеплановых простоев, коммунальные услуги и поддержку административного и конторского персонала

### Перспективы развития, поддержки и интеграции

Перспективы развития и поддержки в основном определяются поставщиком решения и тем комплексом стандартов, который заложен в систему и составляющие ее компоненты.

Устойчивость поставщика решения и поставщиков отдельных компонентов определяется в первую очередь временем существования их на рынке и долей рынка (как мирового, так и российского), которую они занимают. Важным фактором является форма, в которой осуществляется присутствие на российском рынке: наличие сети сертифицированных центров технической поддержки, авторизован-

ных учебных центров, «горячих линий» для консультаций. Немаловажным фактором риска могут стать такие показатели, как гарантированное время доставки запасных частей, которое формулируется в терминах: *время доставки не превосходит такого-то*. В противном случае затраты на владение решением могут стать весьма значительными.

## **Технические характеристики**

К техническим характеристикам системы относятся следующие:

- архитектура системы;
- масштабируемость;
- надежность, особенно в части выполнения критических бизнес-приложений;
- способность к восстановлению при сбоях оборудования;
- наличие средств архивирования и резервного копирования данных;
- средства защиты от преднамеренных и непреднамеренных технических нападений;
- поддерживаемые интерфейсы для интеграции с внешними системами.

Технические характеристики влияют на такие параметры системы, как возможность наращивания при необходимости функциональных возможностей и увеличение числа пользователей.

Возможность интеграции с другими системами определяется совокупностью поддерживаемых стандартов.

## **Риски и управление рисками**

### **Анализ факторов риска**

Под риском обычно понимается вероятность того, что какие-то цели при реализации проекта автоматизации деятельности предприятия не будут достигнуты. Поскольку количество событий и условий, влияющих на результат проекта, чрезвычайно велико, вся их совокупность, как правило, на практике не рассматривается. Вместо этого из всего множества обычно выделяется достаточно ограниченный перечень характеристик принятого решения. Эти признаки могут касаться как чисто технических решений, так и организации работ, связанных с реализацией решения. В дальнейшем они будут называться факторами риска.

Анализ факторов риска предваряют: планирование мероприятий для снижения влияния факторов риска на исход проекта и приня-

тие решений на различных этапах процесса создания автоматизированной системы.

Все субъекты, принимающие участие в процессе автоматизации предприятия (предприятие — заказчик и системный интегратор — поставщик), решения производят анализ рисков каждый со своих позиций.

В работах, посвященных автоматизации деятельности предприятия, используются различные структуры факторов риска, которые необходимо учитывать при анализе и принятии решений. В настоящей книге рассматривается структура факторов риска, которая в общем виде позволяет представить наиболее существенные составляющие. Элементы этой структуры присутствуют практически во всех самых распространенных подходах к созданию информационных систем для автоматизации деятельности предприятий, независимо от класса системы и применяемого подхода к автоматизации.

Все риски делятся на две группы:

- 1) бизнес-риски,
- 2) риски, связанные с жизненным циклом системы.

Бизнес-риски, как правило, анализируются на этапе формирования стратегии автоматизации: при выборе подхода к автоматизации и выборе типа системы.

Риски, связанные с реализацией жизненного цикла, как правило, рассматриваются на этапе разработки проекта автоматизации деятельности предприятия. Кроме того, они могут рассматриваться на различных этапах реализации проекта.

При анализе бизнес-рисков определяют: будут ли устранены проблемы бизнеса, которые планируется решить с помощью информационной системы, и каким должен быть подход к автоматизации, чтобы был достигнут желаемый эффект.

Типичный перечень факторов риска, рассматриваемый на этом этапе, включает в себя следующие позиции:

- необходимость и достаточность реализованных функций системы при ведении бизнеса предприятия,
- влияние системы на бизнес,
- инвестиционный риск,
- способность предприятия выполнять график инвестиций, направляемых на реализацию проекта автоматизации.

Вторая группа рисков может быть разделена на две подгруппы:

1) технические риски, связанные с реализацией технических решений или работ, связанных с технологией внедрения. Например, установка ПО на какую-либо платформу;

2) риски, связанные с управлением процессом создания и поддержки системы. Например, достижение требуемого качества в заданные сроки при заданных бюджетных ограничениях.

Подгруппа технических рисков включает следующие факторы:

- количество внешних систем, с которыми новая система должна взаимодействовать,
- наличие нестандартного оборудования,
- степень новизны оборудования для предприятия-заказчика,
- степень новизны оборудования для вендора,
- характер приложений: сетевые, локальные и т. д.,
- уровень знаний участников проекта, исполнителей и пользователей применительно к оборудованию и программному обеспечению,
- качество технической поддержки поставщиков компонентов решения,
- уровень знаний пользователей в области информационных технологий, которые планируется применить, а также уровень их знаний прикладной области,
- степень новизны технических решений для системного интегратора и поставщиков отдельных компонентов,
- зависимость изменений структуры бизнес-процессов, организационной структуры предприятия-заказчика и условий работы пользователей от глубины внедрения системы.

Подгруппа рисков, связанных с управлением процесса создания системы, включает следующие факторы:

- размер системы, количество и география размещения пользователей,
- величина трудозатрат и календарных сроков создания системы,
- количество слабо связанных между собой проектов, которые необходимо выполнить при создании системы,
- количество вендоров, привлеченных к поставкам оборудования и ПО,
- количество других проектов, реализация которых определяет успех проекта автоматизации, например, будет полностью или частично зависима,
- отношение пользователей и, в частности, высшего управленческого персонала предприятия к проекту создания системы,
- наличие совместной команды из пользователей и исполнителей.

Как правило, все наиболее известные поставщики решений в области автоматизации деятельности предприятий, системные интеграторы и консультационные компании, разработчики прикладного ПО имеют собственные методы управления рисками, которые включают в себя:

- методику выделения факторов риска,

- методы количественной оценки влияния факторов на такие параметры проекта, как возможное увеличение стоимости решения или времени его реализации в целом или отдельных его компонентов,
- подходы к снижению влияния факторов риска на успех проекта.

На рис. 36 приведена типовая схема процедуры управления рисками.

Для минимизации бизнес-рисков используются следующие подходы:

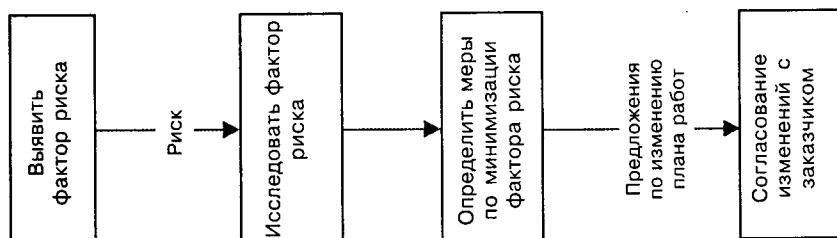
- минимизация инвестиционных рисков,
- максимально возможная стандартизация всех компонентов решения.

Для минимизации рисков, обусловленных нарушением графика инвестиций, целесообразно планировать процесс автоматизации так, чтобы на каждом этапе иметь пусть ограниченное, но законченное решение, которое ценно само по себе. Например, автоматизация процесса управления складом.

Примерный перечень стандартизируемых компонентов имеет следующий вид:

- автоматизируемые бизнес-процессы предприятия,
- процессы самой системы,
- прикладное ПО,
- стандарты СУБД, операционные системы, сетевые протоколы и т. д.,
- стандарты на оборудование,
- стандарты на рабочие станции.

Крайне желательно, чтобы структура автоматизируемых бизнес-процессов предприятия удовлетворяла общепринятым рекомендациям (например, MRPII — ERP, которые в настоящее время стали практически стандартами де-факто), а также совокупности государственных и отраслевых стандартов. Для прикладного ПО с целью



**Рис. 36**

снижения рисков желательно создать набор стандартов в плане архитектуры приложений, шлюзов и интерфейсов, включая графический интерфейс пользователя. На уровне СУБД целесообразно определить требования к интерфейсам, необходимость поддержки распределенности, Internet-приложений. Аналогичным образом необходимо сформировать весь спектр стандартов от уровня операционных систем до телекоммуникаций. Заложенная изначально в решение поддержка стандартов в дальнейшем позволит, затрачивая минимальные средства, наращивать функциональные возможности системы.

Для минимизации технических рисков, как правило, рекомендуется использование поэтапного подхода:

- составление плана — графика работ таким образом, чтобы работы, связанные с наибольшим риском, выполнялись на возможно ранних этапах,
- применение моделирования, создание стендов и макетов для апробирования технических решений,
- разработка альтернативных вариантов, для исключения фактора риска.

Снижение рисков управления достигается применением жестких стандартов на управление проектом в части планирования, документирования хода проекта, процедур контроля исполнения и управления изменениями.

### **Минимизация инвестиционных рисков**

Для выработки требований по защите инвестиций целесообразно выделить следующие объекты затрат:

- процесс создания системы,
- оборудование,
- программное обеспечение,
- персонал,
- управление задачами.

Ниже представлены основные требования, направленные на повышение рентабельности функционирования информационной системы и обеспечение ее развития при сохранении вложенных средств.

Процесс создания информационной системы.

1. Выбор информационной системы должен соответствовать плану стратегического развития фирмы. При этом должны быть определены:

- стратегия развития бизнеса, основанная на долгосрочном предвидении состояния рынка и отрасли в сочетании со стратегией информатизации,
- существенные проблемы, которые нужно решить,

- план и подход к решению проблем (план развития информатизации),
- мероприятия по обеспечению качества управления реализацией плана развития информатизации,
- результаты внедрения, которые должны соответствовать целям предприятия.

Расплывчатые требования к проектируемой информационной системе, неадекватное макетирование и тестирование рабочей модели могут свести на нет все потенциальные преимущества, которые предлагает система для предприятия, привести к значительным затратам при эксплуатации системы.

## 2. Соблюдение мер по защите информационной системы.

Здесь под защитой надо понимать защиту от сбоев, вызванных дефектами проектирования системы. Например, неверная схема организации электропитания, отсутствие надлежащих мер по обеспечению секретности, система контроля за целостностью данных плюс защита от несанкционированного доступа, а также кражи как информации, так и техники.

Приобретаемое оборудование должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Покрывать в течение двух лет ожидаемые технические потребности.

2. Единая технология и взаимозаменяемость компонент оборудования должны обеспечивать переход на оборудование более высокого класса без замены его компонентов.

## 3. Модульность архитектуры.

Обеспечение модульности архитектуры дает возможность наращивать мощность по мере необходимости и внедрять новые разработки по мере их появления на рынке.

## 4. Поддержка международных и национальных стандартов.

Приверженность стандартам имеет то важное следствие, что пользователи не оказываются «запертыми в ловушку» закрытых систем, где они имеют ограниченный выбор возможностей за более высокую цену. Стандарты обеспечивают широкий выбор приложений, совместимость различных версий, возможность взаимодействия с другими вычислительными средами, доступ к таким средам, где следование определенным стандартам, например Федеральному руководству по безопасности, является необходимым условием. Такими стандартами, например, могут быть стандарты интерфейсов, стандарты управления питанием, графические стандарты, стандарты настольной среды, стандарты сетевого взаимодействия, объектные стандарты и др.

5. Возможность поддержки широкого спектра компьютерных систем.



Выполнение данного условия позволяет обеспечить возможность работы в неоднородных вычислительных средах.

6. Простота установки и смены компонентов.

7. Адекватность возможности оборудования рабочим функциям персонала.

Одной из основных ошибок при проектировании информационной системы является ориентация на среднего пользователя, вследствие чего происходит непрогнозируемый рост расходов на ИТ. Это приводит к тому, что большинство пользователей получает усредненную по корпоративному стандарту производительности технику, хотя в их функции входит только набор текста по форме, а возможности компьютеров используются в лучшем случае на 10%. В то же время пользователи, которым требуется максимальная производительность, могут не получить технику, адекватную их рабочим функциям. Поэтому Gartner Group рекомендует ориентироваться на детализацию выполняемых работниками функций и осуществлять подбор техники, исходя из индивидуальных потребностей, а не усредненных показателей, и предлагает свою упрощенную градацию пользователей по выполняемым функциям:

- работники, которые выполняют критические и уникальные для предприятия задачи, работая с жизненно важными данными. Кроме менеджеров высшего уровня, финансовых служб, например, сюда входит и административный ИТ-персонал. Требования к техническому оснащению и сервису максимальные. Высока и стоимость времени простоя;
- мобильные работники, которые часто находятся в поездках. Обычно работают с очень хрупкой и дорогой техникой. Требования к сервисному обслуживанию, поддержке и оборудованию также высоки. Стоимость времени простоя максимальна;
- работники, которые занимаются обработкой информации. Наиболее размытая категория. Стоимость времени простоя может сильно варьироваться, хотя в большинстве случаев она высока;
- работники, которые осуществляют механический ввод информации в систему посредством форм. Число рабочих функций ограничено одной-двумя. Наименее критическая часть пользователей в смысле времени простоя, доставляющая, однако, максимум проблем обслуживающему персоналу.

8. Наличие средств взаимодействия с мобильным пользователем.

9. Поддержка любой системой средств сетевого управления.

10. Расширенные гарантии и пожизненная поддержка производителя и т. д.

Приобретаемое программное обеспечение должно обладать следующими характеристиками:

1. Модульность.

Выполнение условия позволяет снизить расходы при изменении функциональных возможностей системы за счет варьирования конфигураций ее отдельных элементов.

2. Открытость.

Требование направлено на обеспечение возможности системы взаимодействовать с другим программным обеспечением по определенным стандартам.

3. Бинарная совместимость с более ранними приложениями, что позволяет взаимодействовать с унаследованными системами.

4. Масштабируемость ПО для широкого спектра системных конфигураций от изоморфной рабочей станции до корпоративной информационной системы.

5. Независимость от платформ.

Ограниченное одной платформой приложение налагает ограничения на приобретение систем в будущем. Время от времени компаний по ряду причин (производительность, масштабируемость, стоимость и т. д.) меняют имеющиеся операционные системы или сетевые операционные системы на другие. При изменении платформы большинство компаний рассчитывают перенести имеющиеся приложения со старой платформы на новую. При этом приложения, построенные на основе независимой от платформ системы, могут быть сразу же использованы на новой платформе. Приложения, которые привязаны к операционной системе или сетевой операционной системе, в таком случае необходимо переписывать или даже полностью заменять. Если стоимость переписывания или замены приложений превышает доход от предполагаемых инвестиций в новую платформу, компания вынуждена сохранить свою далеко не оптимальную операционную среду.

6. Соответствие нормативной конфигурации компьютера.

Большинство организаций используют различные модели компьютеров разных производителей. Этим моделям предварительно задана конфигурация без учета специфики пользователя. Кроме того, они могут отличаться и по составу комплектующих. Через какое-то время, когда потребуется добавление или обновление драйверов и приложений, соответственно резко возрастут временные и финансовые затраты.

7. Совместимость с приложениями инфраструктуры, объединяющей не только пользователей данного предприятия, но и основных его деловых партнеров и заказчиков.

Деловые организации уже раскрыли потенциальные возможности обработки данных в масштабе нескольких предприятий. Построив приложения на основе указанной инфраструктуры, компании всего мира смогли получить неожиданно высокие доходы по своим инвестициям в информационные технологии.

8. Наличие встроенной диагностики вирусов на клиентских местах и серверах.

На предприятии достаточно одной успешной вирусной атаки, чтобы восстановление информационной структуры «село» не только годовой бюджет на информационные технологии, но и всю прибыль предприятия.

9. Наличие эффективной системы восстановления частичной работоспособности системы в форс-мажорных ситуациях и т. д.

При создании автоматизированной системы управления предприятием должны быть инициированы следующие процессы работы с персоналом:

1. Процесс обучения персонала, который должен быть направлен на обеспечение максимальной эффективности усвоения базовых понятий.

Одним из известных способов является использование средств мультимедиа. При простом обучении в классной комнате воспринимается и запоминается 10% материала. При использовании аудиовизуального ряда восприятие увеличивается до 50—80% общего объема материала.

2. Пользователи должны иметь доступ только к тем программам и функциям, которые необходимы для выполнения рабочих обязанностей.

3. Регулярное обучение пользователей эффективным методам работы с системой и приложениями.

Наиболее существенная часть стоимости владения персональным компьютером связана с трудовыми затратами. Большинство проблем пользователя требуют прямого участия администратора в настройке компьютера пользователя, что увеличивает трудовые затраты административного персонала. Примеры: неосторожное удаление системных файлов пользователем, изменение конфигурации системы, установка дополнительных программ, приводящая к конфликтам с уже используемым программным обеспечением, непроизводительные действия конечного пользователя, вернее, время, на них затраченное. Регулярное обучение пользователей позволяет снизить эти издержки.

4. Обучение должно предусматривать преемственность версий.

Это позволит обеспечить минимальную потребность в переквалификации конечных пользователей при переходе на новую технику.

5. Регулярное обучение (и сертификация) административного персонала технологиям, используемым в сети.

6. Наличие мотивации у административного персонала для предоставления высокого уровня сервиса и т. д.

## **Некоторые рекомендации по выбору системы**

Проблемы выбора системы автоматизации управления предприятием возникают практически всегда, когда руководство, ощущая потребность в современном инструменте управления, в то же время не может четко сформулировать основные требования к системе.

Как правило, руководитель предприятия должен иметь необходимую информацию о реальном положении дел в организации. Обычно к такой информации относятся наиболее «проблемные» места: неконтролируемые действия персонала (элементарное воровство), потери от недостаточно оперативного реагирования на изменение ситуации внутри и вне предприятия (изменение спроса, наличие значительного уровня товарно-материальных запасов, несвоевременная информация о финансовых операциях и т. п.), проблемы с организацией бухгалтерского учета и многие другие. При этом на свет рождается распоряжение специалистам отдела АСУ подыскать «подходящую» систему, и хорошо, если при этом сообщаются хотя бы ориентировочные финансовые параметры.

Что происходит дальше, представить не сложно. Отдел АСУ находит систему, удовлетворяющую текущим требованиям. Если она подходит по стоимости и характеристикам, то через некоторое время персонал предприятия начинает работать уже в новой системе. Однако у директора появляются новые проблемы, и вновь отдел АСУ занимается поиском системы. Проходит небольшое время, и в организации начинают параллельно работать несколько различных систем, которые могут дублировать друг друга. Пользователи систем, ввиду разрозненности решений, вынуждены вести параллельный учет как при помощи программных средств, так и проверенным способом — вручную. В результате нагрузка возрастает, появляются задержки с вводом данных в информационную систему, и через некоторое время оперативность и достоверность информации, получаемой руководителем из информационной системы, уже не больше, чем была раньше, до «информатизации предприятия». Директор начинает проявлять недовольство своим персоналом, сотрудники — отделом АСУ, а отдел АСУ в сердцах клянет своего начальника и весь белый свет в придачу. А ведь многих ошибок можно было избежать гораздо раньше.

Все дело в том, что ни директор предприятия, ни начальник отдела АСУ не вспоминали о критериях выбора системы автоматизации управления предприятием. Но даже если они имеют некоторое представление об этих критериях, то возникает риск преобладания одного из них над другими при принятии решения о выборе. Рассмотрим возможные последствия, к которым может привести подобное преобладание.

**Выбор возможного поставщика системы.** Самая большая проблема может возникнуть у предприятия при выборе фирмы. Надо выбрать такую, которая не исчезнет через некоторое время. При этом надеяться на нормальное сопровождение, а уж тем более на переход к новым версиям программного продукта не приходится. Малейшее изменение российского законодательства — и надо покупать новую систему! Но, во-первых, на отечественном рынке существует большое количество довольно устойчивых и хорошо себя зарекомендовавших компаний, занимающихся разработкой систем автоматизации управления, а во-вторых, даже при работе с незнакомой компанией при покупке системы можно получить также и все исходные коды. Это обязывает содержать в своем штате несколько квалифицированных программистов, но зато снимает многие проблемы с сопровождением и внедрением системы.

**Поиск информации и удобство работы пользователей.** Простота и удобство работы иногда могут оказаться решающим фактором при выборе системы, особенно если сравнивается несколько практически аналогичных программных продуктов. Кроме того, данный критерий косвенно свидетельствует о квалификации компании-разработчика.

**Гибкость системы** является важным критерием ее выбора в том случае, если предприятие не собирается стоять на месте, т. е. если оно планирует развиваться, совершенствовать свою деятельность или просто функционирует в условиях постоянного изменения внешних условий (например, отечественного законодательства). Отсутствие гибкости у системы приводит к необходимости постоянного привлечения дорогостоящих специалистов фирмы-разработчика или компании-интегратора для настройки системы автоматизации управления предприятием под меняющиеся потребности деятельности. Такое положение может свести на нет весь финансовый эффект от внедрения системы.

**О легкости внедрения** имеет смысл говорить в том случае, если предприятие жестко ограничено в конечных сроках и силах, необходимых для приведения системы в рабочее состояние. Однако забывать об этом критерии ни в коем случае нельзя, иначе внедрение автоматизированной системы рискует превратиться в бесконечный процесс.

**Тиражируемость системы** (или, другими словами, количество ее внедрений) является серьезным аргументом, который помогает принять окончательное решение при выборе системы автоматизации. Так, если система не привлекла внимания ни одного из предприятий (а желательно, чтобы она была внедрена на предприятии аналогичного профиля), это должно по крайней мере насторожить. А если система внедрена, то общение с персоналом организации, в которой она успешно эксплуатируется, позволит избежать возможных ошибок.

Таким образом, выбор системы автоматизации управления предприятием — это непростая задача, сложность которой может возрасти с ростом масштабов предприятия, и осуществлять его должны квалифицированные специалисты в соответствии с реальными потребностями организации.

Один из эффективных способов принятия решений заключается в ранжировании используемых критериев по их важности. Ниже приводится несколько конкретных рекомендаций по принятию решений при выборе системы.

#### *Заказная или адаптированная система*

Основные аргументы за и против этих вариантов приведены в табл. 12.

Практика показывает, что выбор варианта заказной системы оправдан практически только в двух случаях:

- при уникальности автоматизируемых процессов,
- при отсутствии на рынке требуемой системы.

**Таблица 12**

	<i>Аргументы «за»</i>	<i>Аргументы «против»</i>
Самостоятельная разработка (заказная)	Полное соответствие текущим требованиям организации Наличие предыдущих наработок	Большая стоимость разработки (особенно по сравнению со стоимостью «коробочных» продуктов) Возникновение проблем, связанных с модификацией системы
Готовая система (адаптированная)	Поддержка и обновление версий Соответствие российским и международным стандартам	Высокая стоимость готовых систем (среднего и особенно высшего класса) Зависимость от фирмы-разработчика

Как правило, такие ситуации возникают при автоматизации деятельности органов государственного управления, функции которых уникальны по определению, или корпораций, ведущих специфический бизнес, например брокерский. Есть, правда, и другой предельный случай: небольшое предприятие, отсутствие средств на закупку готовой системы, приводящее к тому, что один из сотрудников, знающих программирование, пишет в свободное время эту систему сам.

### *Отечественная или зарубежная система*

Существуют два полярных мнения:

1) сколько бы ни стоила отечественная система, она предпочтительнее импортной, внедрение которой обходится несравнимо дороже. Кроме того, отечественные системы лучше приспособлены к условиям российского бизнеса;

2) единственными системами, которые позволяют полностью автоматизировать все аспекты управления предприятием, являются зарубежные системы типа ERP. Поэтому, несмотря на их более высокую стоимость, предприятиям следует выбирать именно ERP-системы, жизнеспособность которых подтверждена мировым опытом.

Обобщая эти два мнения, можно сказать, что в данном случае определяющими являются следующие критерии:

- функциональная полнота,
- «функциональная стоимость», т. е. доли используемых клиентом возможностей системы за потраченные им деньги [124].

### *Уровень системы*

К сожалению, для многих руководителей наиболее часто первым и практически единственным критерием служат затраты на создание системы. Иногда затраты на создание ассоциируются только со стоимостью программно-аппаратных средств. Однако такой подход может привести к покупке очередной коробки, которая будет пылиться на полке, или, в лучшем случае, к установке системы только в отделе АСУ предприятия.

Функциональная полнота предлагаемого решения, как уже было показано выше, — один из важнейших критериев, на основании которых необходимо производить отбор. Выбор системы, которая обладает ограниченным набором возможностей, приведет к тому, что предприятие через некоторое время будет вынуждено затратить, возможно, гораздо большие усилия на решение оставшейся части проблем. Поэтому единственно правильным выходом из данной ситуации является рассмотрение функциональных возможностей систем автоматизации управления предприятием в свете принятой стратегии организации и, в частности, стратегии автоматизации. Еще одним подводным камнем является практически повсеместно встречающееся несоответствие рекламных заверений компаний-произво-

дителей фактическим возможностям систем. Однако и это препятствие легко обойти, так как многие компании-производители кроме демонстрации возможностей своих программных продуктов могут поставить их на предприятие для опытной эксплуатации.

При выборе системы среднего и высокого уровня необходимо быть готовым к проведению реорганизации предприятия, что связано с дополнительными затратами времени и средств. Успех реорганизации в первую очередь определяется позицией руководства. Таким образом, при выборе уровня системы основными критериями являются:

- функциональная полнота,
- готовность руководства к реорганизации бизнес-процессов.



# **УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ**

---

## **Типовой план внедрения**

В данном разделе приведен план внедрения системы MRPII/ERP и других технологий в организационных системах. Он включает 16 этапов, проверенных опытом тысяч компаний за 20 лет.

Впервые подобный план был создан в компании Oliver Wight для внедрения первых версий MRPII. Опыт показывает, что данной стратегии придерживаются в той или иной степени практически все фирмы.

На рис. 37 приведен типовой план.

Ниже приведено описание этапов.

### **1. Предварительное обследование и оценка состояния**

Цель этапа — установить, в каком состоянии находится предприятие. Полезно приглашение внешних консультантов. Результаты: краткосрочный план действий, определение возможных направлений работ и рекомендации по стратегии внедрения.

### **2. Предварительная переподготовка**

Цель — дать ведущим менеджерам представление о том, что включает в себя процесс внедрения. Дело в том, что надо преодолеть различия в понимании процесса разными категориями сотрудников. Некоторые считают, что MRPII/ERP — это компьютерная система. Другие видят ее как систему управления производством и запасами. Третьи — как систему, объединяющую подразделения. Для руководителей важно прийти к единому пониманию будущего эффекта и необходимых ресурсов.

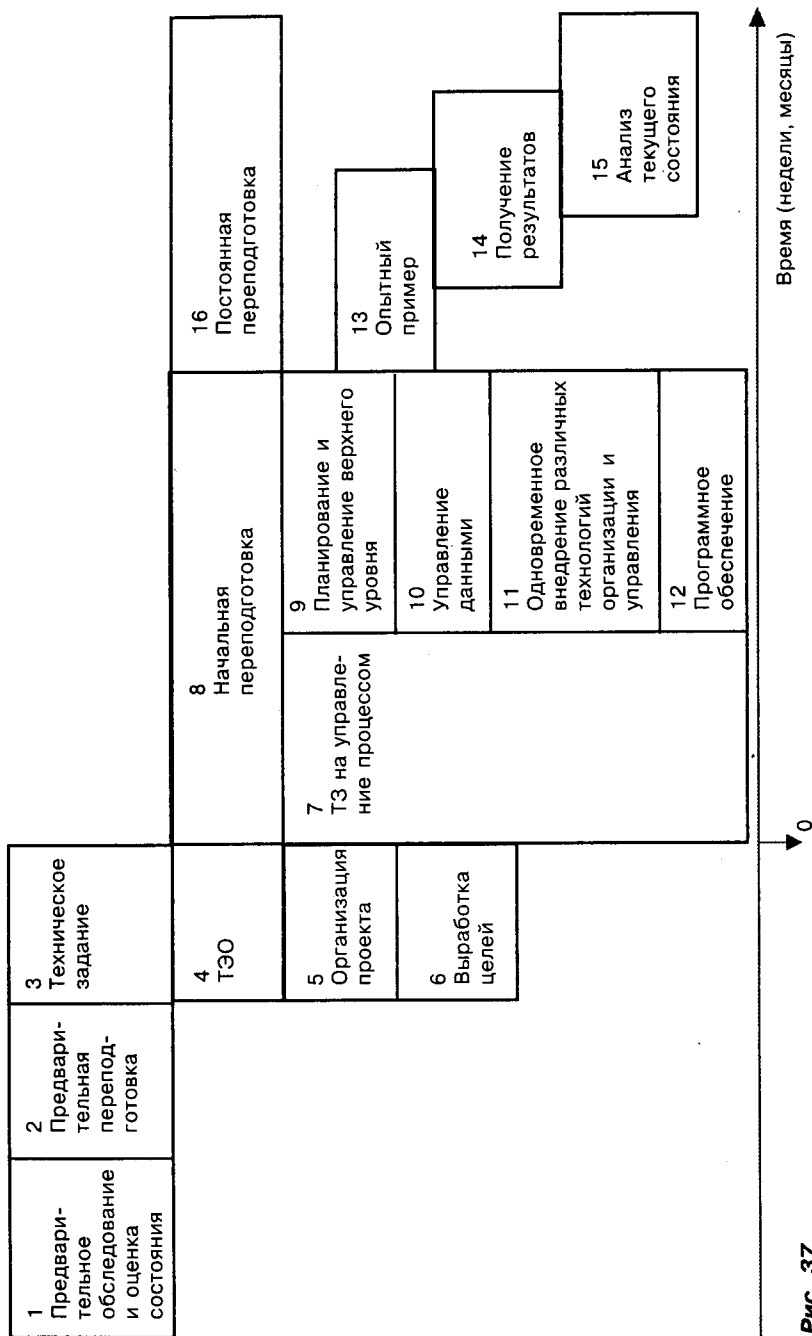
Затем среднее звено отправляется на более детализированную переподготовку. Эти сотрудники будут играть важную роль во всей деятельности, поэтому каждый должен иметь понимание внедряемой технологии.

### **3. Техническое задание**

Техническое задание включает в себя анализ проблемы, план, подход к решению проблемы построения системы. Процесс создания ТЗ дает уверенность в долгосрочных планах.

### **4. Техничко-экономическое обоснование — ТЭО (анализ «затраты—эффект»)**

Анализ «затраты—эффект» позволяет принимать обоснованные решения и подтверждает финансовую необходимость изменений.



**Рис. 37**

Нулевая точка — это тот момент времени, когда принято формальное решение о внедрении

Он показывает экономический эффект: рост производительности, снижение затрат и т. п. Объекты анализа: затраты на внедрение компьютерных систем (в том числе конкретных подсистем, например бухучета и поддержку математического обеспечения), образование и т. п.

## **5. Организация проекта**

Существуют три уровня организации проекта. Разумеется, все уровни используются на больших предприятиях. Ниже представлен пример для предприятия с численностью 10 тыс. работающих.

**Управляющий комитет** — руководитель предприятия и его заместители. Регулярные совещания 1—2 раза в месяц.

**Рабочий комитет** — управленцы высокого уровня, которые встречаются один раз в неделю для выработки политики, решений по наиболее важным проблемам, отслеживания результатов.

**Рабочая команда по внедрению** разбивается на логические группы по подразделениям, производственным направлениям и программам внутри компании. Команда ответственна за ежедневное управление проектом. Осуществляет контроль на уровне фирмы и ее отделов. В нее входят специалисты в различных областях. Члены команды могут работать по отдельным задачам. Оптимальное число людей в команде — 6—7 человек (не более 10).

Ниже более подробно описаны функции организаторов проекта.

**Управляющий комитет** определяет стратегию, ресурсы, занимается управлением проектом, принимает основные решения. Если возникает проблема, то рабочая команда входит в комитет с предложениями по ее решению.

**Рабочий комитет** — координатор команд. В малых фирмах не нужен. Рабочий комитет решает вопросы, требующие согласования позиций групп.

**Руководитель проекта** занят только проектом (за исключением малых фирм. Он является членом управляющего комитета и служит интерфейсом между управляющим и рабочим комитетами.

**Исполнительный директор** представляет группу высших управленцев и несет персональную ответственность за успех внедрения.

**Группы улучшения качества управления.** Это малые группы, предназначенные для решения различных задач. Задачи могут включать обследование перед внедрением, разработку процедур ведения баз данных, совершенствования учета и т. п.

В итоге распределение работ распределяет и ответственность. Одна из первых целей внедрения — вовлечь людей в принятие ответственности за изменения и новый способ ведения дел.

Работа групп координируется во избежание конфликтов и дублирования.

## **6. Выработка целей**

Этот шаг определяет качественные и количественные ожидаемые результаты. Важно ясное их описание. Цели описываются конкретно: «Мы ожидаем, что улучшение в обслуживании заказчиков составляет 75—95%. Кроме того, мы ожидаем снижения запасов на 30%, на 11% уменьшение затрат на материалы...»

## **7. ТЗ на управление процессами**

Это следующий уровень детализации. ТЗ содержит описание планируемых способов развития предприятия. В более развернутом виде ТЗ на управление процессами может выглядеть как структурная схема новой системы.

## **8. Начальная переподготовка**

Цель — переподготовка сотрудников, которые затем будут работать по внедрению системы.

Пример фирмы General Dynamics Land Systems — хорошая иллюстрация процесса обучения. В компании были организованы недельные курсы для высшего персонала по MRPII. Для технических руководителей — более подробные курсы по MRPII. При этом фирма использовала своих управленцев для обучения людей, так что шла передача знаний и информации от управленцев — производителям.

Важно, чтобы персонал видел, что менеджеры понимают предмет, знание которого будут требовать с сотрудников.

Кроме того, в фирме должны быть выделены предметные эксперты. Это люди, которые знают фирму лучше, чем кто-либо другой, и смогут стать лучшими преподавателями.

## **9. Планирование и управление верхнего уровня**

Этот шаг в ERP, MRPII или JIT рекомендуется в качестве начального при построении системы. Такое начало процесса не требует значительных затрат, но дает большой эффект. Если этого не сделать, то неустойчивость планов высокого уровня приведет к лавинообразному эффекту: люди утратят веру в информацию и возродят неформальную систему.

## **10. Управление данными**

Есть два типа данных — первостепенные и второстепенные, нестрогие.

**Первостепенные данные** — это данные, неточность которых недопустима: данные о запасах, состав изделия и применяемость, технология (описания), маршрутные технологии.

Если неточны данные о запасах, тогда неверно и планирование. Если спланированные заказы неверны, то последующие решения

тем более неверны. Следствием ошибок в информации о запасах может стать создание сотен неправильных позиций.

Если состав изделия включает один предмет, а в действительности используется другой, то можно ожидать одно из последствий: имеется предмет, который не нужен; дефицит нужных предметов; дефицит обнаруживается в последнюю минуту и т. п. Результат один — дата выпуска сорвана, происходит возврат к неформальной системе.

Если маршрутные технологии неточны — это означает, что последовательность операций неправильна; рабочие центры заданы неверно или нормы времени существенно неточны. Все это серьезно влияет на SFC (управление цехом) и планирование потребных мощностей.

Минимальный уровень точности данных для современных систем АСУП составляет: запасы — 95%; состав изделия и применяемость — 98%; маршрутные технологии — 95%.

Обеспечение требуемой точности данных — наиболее трудоемкая часть работы по внедрению.

Есть типовый набор действий, позволяющих достичь требуемой точности.

Переподготовка персонала — первый обязательный шаг. Люди должны понимать, почему важно иметь точную информацию.

Ответственность за точность информации должна быть индивидуальной и коллективной (по подразделениям).

**Обеспечение инструментальными средствами.** Нужна простая в использовании автоматизированная система с быстрым и разграниченным доступом.

**Контроль за достижением точности.** Методы контроля могут быть различными. Для контроля записей о запасах чаще всего применяется инвентаризация. Выборочные позиции периодически подсчитываются и сравниваются с наличным количеством.

Существует несколько различных методов проверки точности информации о составе изделий и применяемости материалов, например анализ внеплановых отпусков/поступлений материальных ресурсов или аудит.

Анализ наиболее удобен для контроля производства сборочных изделий. Материальные ресурсы, отпускаемые в производство, определяются составом изделий и применяемостью. Любые дополнительные позиции, которые необходимы, или любые позиции, которые остались после производства продукции, указывают на возможную неточность информации о составе изделия.

При аудите берется состав изделия и анализируется его точность.

Метод аудита вполне пригоден для проверки информации о маршрутах.

Главная цель этих проверок — исключение причин ошибок. Стратегия повышения точности информации та же, что и стратегия повышения качества продукции. Информация — это та же продукция со своими поставщиками и потребителями. Стратегия заключается в том, чтобы выявить причины проблемы и устранить их.

**Второстепенные данные.** Это параметры заказа, производственные циклы, страховой уровень запасов на складе. Если точность второстепенных данных невысока, риск разрушить формальную систему невелик. Для этого типа данных целесообразно принять тактику изменения их в ходе управления. Этого может требовать и логика управления, например размер партии может со временем изменяться.

### **11. Одновременное внедрение различных технологий организации и управления**

Как правило, внедряется сразу несколько новых технологий управления: JIT, работа с кадрами, общий контроль качества, САПР и т. п.

### **12. Программное обеспечение (ПО)**

Хотя ПО является основой информационных технологий, хорошее ПО еще не гарантирует высоких результатов. Как отмечено выше, к эффективным результатам приводит прежде всего хороший менеджмент. На современном рынке имеется проверенное практикой ПО для систем ERP. Выбор пакета ПО для больших систем сам по себе является непростой задачей. Задача усложняется, когда речь идет о выборе зарубежной базовой системы для российского предприятия. Этот выбор является одним из наиболее важных промежуточных результатов работы руководителей и проектантов системы.

### **13. Опытный пример**

Есть три способа начала использования новой системы:

**1. Параллельная стратегия** — для случая, когда старую работающую систему необходимо заменить новой. Например, п/с «Зарплата». Одновременно работают старая (ручная) и новая система, и их выходные документы сравниваются. Если они согласуются длительное время, можно переходить на новую систему. Проблема в том, что большинство предприятий, внедряющих АСУП, заменяют программным обеспечением неавтоматизированный вариант, а не одну часть программного обеспечения другой.

**2. «Скачок».** Эта стратегия привлекательна, но мы бы ее не рекомендовали. «Скачок» означает, что прежняя система работала еще в пятницу, а в понедельник начали работать по новой системе. Некоторые считают, что такая позиция заставляет всех «тонуть и всплывать» с понедельника. Но в действительности, может утонуть все

дело. Если данные не столь точны, как хотелось бы, если люди не обучены, тогда есть риск ввергнуться в хаос, сорвать поставки и финансовые расчеты.

**3. Опытная эксплуатация «пилотного проекта»** — это тактика «скачка», но применяемая к ограниченному числу изделий. Область применения стратегии — малый участок деятельности. Такой подход наиболее надежен, он снижает риск, и сегодня практически все фирмы применяют эту тактику.

**4. «Узкое место»** — это наиболее критичная малая часть производственного процесса. При внедрении «узкого места» план внедрения выполняется только для «узкого места» и для людей, работающих в нем. Точность данных повышается только для изделий в этом «узком месте»; переподготовка — только для людей, работающих в нем; анализ «затраты—эффект» делается только для него и т. д.

При стратегии «узкого места» объем работ уменьшается значительно, и при заданных ресурсах «узкое место» может быть завершено в более короткие сроки, чем внедрение во всей фирме.

Свойство этой стратегии — сосредоточение на «узком месте» в производственном процессе — упрощает внедрение. Группе в 10—12 человек проще сконцентрироваться на внедрении новой системы в одном сегменте бизнеса, чем 200 людям внедрять систему на всей фирме.

«Узкое место» служит испытательным полигоном для дальнейших работ. Оно может явиться успешным примером, помогающим внедрению во всей фирме.

Опыт показывает, что во многих случаях можно за 3—5 месяцев «расшить узкое место» и быстро достичь намеченных результатов.

#### **14. Получение результатов**

Как узнать, что «пилот» работает? Как определить: продолжать или заканчивать? На эти и многие другие вопросы можно получить ответ, оценивая результаты. Большинство показателей связано с целями, установленными в ходе шага 6.

#### **15. Анализ текущего состояния**

Если на первом этапе деятельности анализ определял возможные улучшения, открыв последовательность работ по внедрению, то анализ текущего состояния выявляет, какие задания выполнялись хорошо (например, достигнута высокая точность данных), а какие плохо (например, объемное планирование или составление план-графика). Затем можно сфокусировать внимание на этих проблемах и приложить усилия для их разрешения.

Таким образом, анализ текущего состояния становится отправной точкой для последующих шагов совершенствования системы управления. Вообще, представленный план не должен восприни-

маться как способ выполнения одного проекта. Это структура непрерывного процесса совершенствования.

## **16. Постоянная переподготовка**

Неверна точка зрения, что как только начальная переподготовка завершена и фирма работает по-новому, отпадает необходимость в дальнейшей переподготовке. Кадры организации постоянно обновляются. Если сотрудники прежде не проходили переподготовку, это может привести к негативным последствиям.

Кроме того, происходит постоянное изменение деятельности предприятия. Решения, которые принимались два года назад о том, как применять средства ERP, могут устареть. Наконец, есть профессиональные соображения. Часто люди стремятся повышать свой уровень узкой специализации. Переподготовка дает более широкий взгляд на проблему управления и позволяет эффективно работать с другими группами.

Во многих компаниях разрабатываются системы, облегчающие процесс внедрения. Элементами систем являются: заинтересованность, стратегическое планирование, оперативное управление проектом.

## **Сопровождение и доработка системы**

Основные процессы данного этапа описаны выше в разделе «Жизненный цикл системы». Поэтому в настоящем разделе рассмотрен только один из процессов, а именно — доработка системы. Потребность доработки системы возникает в случаях когда:

- эксплуатация системы показала, что планируемые цели не достигнуты,
- изменились потребности бизнеса.

Таким образом, инициация процесса доработки опирается на информацию об объективных показателях эффективности системы, измеряемых в процессе ее эксплуатации. Следовательно, перед началом эксплуатации должны быть сформированы набор показателей и периодически выполняемая процедура, с помощью которой оценивается влияние системы на деятельность предприятия. Перечень основных показателей, по которым оцениваются результаты эксплуатации системы, имеет следующий вид:

- эксплуатационные затраты на содержание системы;
- экспертные оценки персонала из числа пользователей, позволяющие определить степень соответствия возможностей системы текущим потребностям бизнеса;
- динамика изменения экономических показателей предприятия: объем продаж продукции, доля рынка, номенклатура товаров.



Только при наличии достаточно полного набора показателей и процедур оценки их текущего значения, может быть организован процесс доработки системы.

### **Вывод из эксплуатации и замещение новой системой**

Вывод системы из эксплуатации и замещение ее новой желательно производить по следующей схеме. После того как новая система выбрана (момент времени  $X$ ) и до момента времени  $Z$  — ввода в эксплуатацию новой системы (см. рис. 35), должна быть сформирована и реализована процедура вывода системы из эксплуатации. Процедура должна удовлетворять следующему требованию: после завершения вывода системы из эксплуатации новая система должна выполнять все возложенные на нее функции. Последнее, в свою очередь, подразумевает завершение следующих процессов:

- тестирование системы в целом,
- обучение пользователей и обслуживающего персонала,
- конвертация всех необходимых данных,
- верификация информации, генерируемой новой системой.

Необходимо учитывать различия между тестированием системы и верификацией генерируемой информации. Поскольку система управления является техническим продуктом высокой степени сложности, в большинстве случаев единственный способ проверить корректность работы системы в целом заключается в использовании метода, часто называемого натурным экспериментом. То есть в процессе эксплуатации системы определяется соответствие реализованных характеристик проектируемым. Для этого необходимо сравнение информации, генерируемой новой системой, с некоторым эталонным значением. Иногда проверку новой системы удастся выполнить с использованием ретроспективных массивов информации, сохранившихся от старой системы. В подавляющем же большинстве случаев поставщиком эталонной информации выступает старая система. Поэтому один из основных вопросов при формировании процедуры вывода старой системы и замещении ее новой — выбор длительности интервала времени, на котором осуществляется совместная эксплуатация двух систем. Чем этот интервал длиннее, тем с большей достоверностью может быть сделан вывод о достоверности информации, генерируемой новой системой. С другой стороны, чем этот интервал короче, тем ниже дополнительные расходы, связанные с одновременной эксплуатацией двух систем.

## Термины и понятия (гlossарий)

### Терминология ERP

#### Advanced Planning/Scheduling — APS

Развитые системы планирования. Системы управления, появившиеся в середине 90-х годов. Для этих систем характерны: 1) применение экономико-математических методов для решения задач планирования, 2) учет ограничений на ресурсы в ходе формирования решений, 3) управление производственными цепочками.

#### Allocated inventory

Распределенные запасы. Материальные ресурсы, которые находятся в запасах или в стадии заказа, но уже были отнесены к каким-либо производственным заказам. В результате эти материалы недоступны для использования в других заказах.

#### American Production and Inventory Control Society — APICS

Американская общественная организация в области управления производством и запасами.

#### Assembler-to-order

Сборка на заказ. Тип производства, при котором поступивший заказ инициирует окончательную сборку продукции, компоненты которой были произведены ранее вне связи с внешними заказами.

#### Available-to-promise — ATP

Доступные обещанию. Доля запасов или продукции, включенной в график выпуска продукции, но не обещанные никому из заказчиков. Служит для оценки возможностей удовлетворения поступающих заказов.

#### Bill of Material — BOM

Состав изделия и применяемость материалов. Список всех деталей, сборочных единиц, материалов, которые входят в сборку «родителя», показывая при этом количество, необходимое для того, чтобы собрать «родителя». Используется при планировании производства (прямое разузлование) и при оценке затрат (обратное разузлование).

#### Business Planning — BP

Бизнес-планирование. Процесс формирования плана предприятия наиболее высокого уровня. Планирование долгосрочное, план составляется в стоимостном выражении. Наименее формализованный процесс выбора решений.

## **CAD/CAM**

Интегрированная автоматизированная система, объединяющая процессы проектирования и производства.

## **Capacity Requirements Planning — CRP**

Планирование производственных мощностей. Модуль, в котором выполняются расчеты по определению и сравнению располагаемых и потребных производственных мощностей. С небольшими изменениями этот модуль может применяться не только для производственных мощностей, но и для других видов производственных ресурсов, способных повлиять на пропускную способность предприятия.

## **Computer-aided design — CAD**

Автоматизированная система проектирования.

## **Computer-aided manufacturing — CAM**

Система автоматизации производства.

## **Computer-Integrated Manufacturing — CIM**

Компьютеризированное производство. Интеграция всего производственного процесса на основе использования компьютерных систем, новых информационных технологий и объединения систем в единое целое.

## **Cost center**

Центр затрат. Наименьший элемент организационной структуры предприятия, для которого решаются задачи управления затратами.

## **Cost Control**

Управление затратами. Модуль, находящийся между управлением производством и управлением финансами. Управление затратами осуществляется на требуемом уровне — по подразделениям, проектам, изделиям, компонентам.

## **Decision Support System — DSS**

Система поддержки решений. Компьютерная система для поддержки процедур принятия решений высшим персоналом предприятия.

## **Demand**

Спрос. Величина потребностей в какой-либо продукции или компоненте. Источники спроса: внешние заказы, прогноз, смежники, распределительная сеть, склады, производство. Зависимые потребности определяются исходя из потребностей в других материальных ресурсах (например, спрос на компоненты зависит от спроса на «родителя»). Независимые потребности определяются на основе прогнозов и заказов, поступающих извне.

## **Distribution Requirements Planning — DRP**

Планирование потребностей в распределительных системах. Модуль, в котором решаются задачи управления запасами в складской сети. Развитие DRP постепенно привело к дополнению традиционного подхода определения уровня запасов по принципу «точки заказа» новым подходом, который основан на определении потребностей в зависимости от заказов на продукцию. Такой подход называется планированием зависимых потребностей.

## **Electronic Data Interchange — EDI**

Электронный обмен данными. Безбумажная, электронная технология обмена документами, такими, например, как счета, накладные и т. п.

## **Enterprise Resource Planning — ERP**

Планирование ресурсов предприятия. Системы этого класса ориентированы на работу со всей информацией для решения задач управления большими корпорациями с разнесенными территориально ресурсами. Сюда включается все, что необходимо для получения ресурсов, изготовления продукции, ее транспортировки и расчетов по заказам клиентов. Активно развиваются с конца 80-х годов.

## **Financial Management System — FMS**

Система управления финансовой деятельностью. Включает, как правило, следующие модули: «Главная книга», «Расчеты с поставщиками», «Расчеты с заказчиками», «Основные средства».

## **Forecast**

Прогнозирование. Оценки будущего спроса или других параметров деятельности предприятия.

## **Frozen MPS**

Закрепленный период MPS. Ранние периоды в графике выпуска продукции, в течение которых он не может быть изменен. График в закрепленном периоде служит основой более глубоких планов, которые, в свою очередь, с высокой вероятностью, не будут изменяться.

## **Gantt chart**

Диаграмма Ганта. Способ графического представления плана хода производства. Используется для анализа загрузки мощностей или для последовательности выполнения работ.

## **Human Resources Planning HRP**

Управление кадрами. В этом модуле решаются задачи, связанные с набором кадров, штатным расписанием, подготовкой, продвижением по службе, оплатой.

## **Input-output control**

Управление запуском-выпуском. Прием в управлении производством, при котором осуществляется контроль за плановыми и фактическими параметрами запуска и выпуска для каждого рабочего центра. Плановые величины определяются в ходе решения задач планирования, а фактические — в ходе производства. На основе отклонений делаются выводы о возникновении проблем вне рабочего центра или в нем.

## **Inventory control**

Управление запасами. Модуль, в котором решаются задачи управления пополнением, хранением и отпуском материальных объектов — материалов и полуфабрикатов, незавершенной продукции, готовой продукции.

## **Item**

Предмет. Любая деталь, сборочная единица, материал, готовая продукция.

## **Just-in-Time — JIT**

Точно-в-срок. Методология организации и управления производством, направленная на минимизацию запасов на всех фазах производственного процесса.

## **Kanban**

Канбан. Один из подходов реализации производства типа JIT. В его основе система сигнализации о том, что данное рабочее место освободилось и требуется подача предметов с предыдущего рабочего места. Способы реализации — визуальная, документальная, электронная, с помощью контейнеров и т. п.

## **Lead time**

Время выполнения. 1) Отрезок времени, необходимый для выполнения процесса или множества операций, например производственный цикл. 2) В более широком смысле — это время от приема заказа изготовителем до фиксации доставки готовой продукции заказчику. В это время могут входить: подготовка заказа, ожидание, транспортировка, получение, входной контроль.

## **Logistics**

Логистика. Применительно к промышленному производству — наука об управлении материальными потоками в ходе производства и потоками готовой продукции.

## **Lot size decisions**

Размеры партий. При заданных потребностях на обеспечение графика они показывают, как сгруппировать эти потребности по партиям производимой или приобретаемой продукции. Решение обычно содержит размер партии и время ее выпуска или поставки.

## **Make-to-order**

Изготовление на заказ. Производство, в котором конечная продукция состоит из стандартных компонент и компонент, спроектированных для данного заказа.

## **Make-to-stock**

Изготовление на склад. Производство, в котором конечная продукция производится до получения конкретных заказов.

## **Manufacturing order**

Производственный заказ. Документ, определяющий требования к производству по выпуску заданных DCE по количеству и срокам. Обязательный элемент систем MRPII/ERP.

## **Master Production Scheduling — MPS**

Формирование графика выпуска продукции. В этом модуле план производства преобразуется в график выпуска продукции. Как правило, это среднесрочный объемно-календарный план, задающий количества конкретных изделий (или партий) со сроками их изготовления.

## **Material Requirements Planning — MRP**

Планирование потребностей в материальных ресурсах. В ходе планирования на этом уровне MRPII/ERP определяются в количественном выражении и по срокам потребности в материальных ресурсах, необходимых для обеспечения графика выпуска продукции. На ранних стадиях автоматизации управления производством MRP существовали как самостоятельные системы.

## **MRPII (Manufacturing Resource Planning)**

Планирование производственных ресурсов. Методология, направленная на эффективное управление всеми производственными ресурсами предприятия. В общем случае она обеспечивает решение задач планирования деятельности предприятия в натуральных единицах, финансовое планирование в денежном выражении, обеспечивает моделирование возможностей предприятия, отвечая на вопросы типа «Что будет, если?». Эта методология базируется на ряде крупных взаимосвязанных функциональностей.

## **Order Entry — OE**

Формирование портфеля заказов.

## **Order point**

Точка заказа. Минимально допустимый уровень запасов, требующий пополнения.

## **Phantom**

Фантом. Предмет, для которого не предусмотрено хранение на промежуточных складах, а следовательно, и учет в запасах. В системах ERP имеются механизмы работы с подобными предметами.

## **Planning horizon**

Горизонт планирования. Количество периодов, для которых в MPS, CRP, MRP решаются задачи планирования.

## **Planning time fences**

Границы зон планирования. В MPS используются 3 временные зоны планирования. В 1-й зоне находятся фактические заказы, во 2-й — фактические и прогнозируемые, в 3-й зоне — прогнозируемые.

## **Production Planning — PP**

Планирование производства. Модуль, в котором план продаж по видам продукции преобразуется в объемный или объемно-календарный план производства видов продукции. В этом плане в качестве планово-учетных единиц могут выступать не конкретные изделия, а усредненные. Например, все легковые переднеприводные автомобили, выпускаемые на заводе, без уточнения моделей. Часто этот модуль объединяется с одним из соседних модулей.

## **Program Evaluation and Review Technique — PERT**

Методика оценки программ. Подход к оценке времени завершения проектов (программ) на основе сетевой модели. Вероятностные характеристики времени завершения базируются на оптимистической, наиболее вероятной и пессимистической оценках длительности каждой операции сетевой модели.

## **Project Control**

Управление проектами (программами). Модуль верхнего уровня в системах ERP для предприятий, выпускающих сложную продукцию. Для них характерны большое количество смежников, длительные сроки.

## **Pull system**

Системы с «протягиванием». Производственные системы, в которых производство предметов подчинено требованиям удовлетворения спроса на их применение или замены тех, что были взяты из запасов.

## **Push system**

Системы с «проталкиванием». Производственные системы, в которых ход производства во времени определяется графиком. Название указывает на принципиальную возможность очередей у рабочих центров.

## **Routing**

Маршрутные технологии. Информация, описывающая технологические процессы производства отдельных DCE до уровня операций.

## **Sales and Operation Planning — S&OP**

Планирование продаж и деятельности. В этом модуле бизнес-план преобразуется в планы продаж основных видов продукции (как правило, от 5- до 10-ти). При этом производственные мощности могут не учитываться или учитываться укрупненно. План носит среднесрочный характер.

## **Shop Floor Control — SFC**

Оперативное управление производством. Модуль, где формируются оперативные планы-графики. В качестве планово-учетных единиц могут выступать детали (партии), сборочные единицы глубокого уровня, детали-(партии-) операции и т.п. Длительность планирования невелика (от нескольких дней до месяца).

## **Simulation**

Имитационное моделирование. В системах ERP применяется для вычислений типа «Что будет, если...?» с целью оценки альтернативных планов и возможностей их выполнения.

## **Supply Chain**

Производственная цепочка. Совокупный производственный процесс сложной продукции с участием многих территориально разделенных предприятий.



## Системы автоматизации управления предприятием

Для иллюстрации функциональных возможностей и отличительных особенностей автоматизированных систем управления предприятием выбраны следующие системы:

- R/3 от SAP AG
- Oracle Applications от Oracle
- Baan IV от Baan
- Renaissance CS от Ross Systems
- БОСС-КОРПОРАЦИЯ от АйТи.

Выбор этих систем не случаен. Они охватывают все аспекты управления предприятием, а не какие-либо его отдельные части. Все представленные зарубежные системы относятся к системам класса MRPII/ERP. Причем компании SAP AG, Oracle и Baan являются лидерами среди систем своего класса не только на российском, но и на мировом рынке.

Несмотря на довольно нестабильную социально-политическую ситуацию в России, в последнее время все большее число производителей систем управления предприятием появляется на отечественном рынке. Одной из таких систем и явилась система Renaissance CS, о продвижении которой было объявлено в конце 1998 г.

Многие российские разработчики систем управления предприятием утверждают, что у них имеются системы, аналогичные зарубежным и даже превосходящие их в силу учета российской специфики (см., например, Read.Me, № 8, 1998 год, стр. 28—29). Оставим эти высказывания целиком на совести авторов. Отметим лишь, что если западные и российские системы конкурируют между собой довольно условно, то российские друг с другом — довольно сильно. Поэтому в данном приложении приводится только описание системы БОСС-КОРПОРАЦИЯ. Во-первых, она лучше всего известна авторам, и, во-вторых, исключаются все некорректные сравнения систем между собой.

Материалы по зарубежным системам подготовлены на основе информации официальных web-сайтов компаний-производителей, а также их официальных российских партнеров.

## **R/3 от SAP AG**

В 1972 г. в Германии пять инженеров образовали маленькую фирму с громким названием Systemanalyse und Programmentwicklung. Они решили создать универсальное программное обеспечение для решения организационно-экономических задач предприятия. С тех пор прошло 25 лет. Компания поменяла свое название — теперь она называется SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing), но не изменила своей цели: создавать для своих клиентов не только технологическое, а лучшее бизнес-решение.

Программный продукт SAP объединяет все хозяйственные процессы предприятия. Обе линии развития продукта — система R/2 для больших вычислительных машин и система R/3 для конфигураций клиент/сервер — последовательно поддерживаются и развиваются. Важными характеристиками SAP-продукта являются интеграция приложений, модульные структуры, общее хранение данных, открытость, международный характер и пригодность для любой отрасли. В настоящее время более 9000 предприятий различной мощности, осуществляющих свою деятельность в разных странах, являются клиентами SAP.

Свыше 17 000 сотрудников SAP в более чем 50 странах мира обеспечивают высокий уровень обслуживания и поддержки пользователей.

Сегодня SAP лидирует среди независимых производителей бизнес-приложений, занимая, по оценке AMR, 36% этого рынка ПО. SAP имеет свои филиалы более чем в 50 странах мира. В СНГ SAP работает с 1992 г. За последние годы SAP инвестировала в создание и расширение своей инфраструктуры в СНГ более 7 млн. немецких марок. На локализацию и перевод российских стандартных версий своих систем R/2 и R/3 фирма SAP затратила на сегодняшний день более 6 млн. немецких марок. Теперь это сполна окупается. На конец 1997 г. в СНГ было инсталлировано более 100 SAP-систем, которые успешно используются, например, у таких клиентов SAP, как Сургутнефтегаз, Туламашзавод, Свердловэнерго, Донецкий металлургический завод, Омский НПЗ, Нижнетагильский металлургический завод, Сыктывкарский лесопромышленный комплекс, Черногорнефть. Также и транснациональные концерны, например Mars, Reebok, Uhde, Colgate, используют российскую стандартную версию системы R/3 в своих представительствах в СНГ. Кроме того, SAP AG заключила договоры по R/3 с такими известными предприятиями, как Славнефть, Лукойл, Национальный Банк Украины и Казахские железные дороги.

## Описание системы

**Важнейшими модулями** системы R/3 являются:

### *Финансовая бухгалтерия (FI)*

Здесь собираются все релевантные для бухгалтерии данные для международной отчетности. Полная документация и обширная информация служат также актуальной базой для контроля и планирования потребности в материалах в масштабах всего предприятия.

### *Контроллинг (CO)*

Согласованные друг с другом инструменты планирования, управления и контроля для систем контроллинга в масштабах всего предприятия позволяют делать единый учет и отчетность, с помощью которых могут быть скоординированы содержание и выполнение внутрипроизводственных процессов.

### *Управление материальными потоками (MM)*

Функции обработки, приводимые в движение потоками операций, оптимизируют все процессы закупок и позволяют автоматически оценивать поставщиков. Точное управление запасами и управление складированием сокращают расходы по снабжению и складированию запасов. Другим преимуществом является интегрированный контроль счетов.

### *Техническое обслуживание и ремонт оборудования (PM)*

Интегрированные в этом модуле функции планирования, управления и обработки задач технического обслуживания и управления сервисным обслуживанием следят за тем, чтобы машины и установки на предприятии или в рамках поставленных клиентам систем всегда имели высокую степень готовности.

### *Продажа, отгрузка, фактурирование (SD)*

Этот модуль активно поддерживает всю деятельность по сбыту. Интегрированные функции оказывают помощь при установлении цены, заботятся о быстрой обработке заказа и о поставках в срок. Кроме того, они позволяют делать интерактивную, многоступенчатую конфигурацию вариантов и устанавливают прямую связь с отчетом о результатах и производством.

### *Система проектов (PS)*

В прямом взаимодействии с закупками и контроллингом этот модуль координирует и управляет всеми фазами проекта — от предложения по проектированию до управления ресурсами и отчетами.

### *Управление, планирование и контроль основных средств (AM)*

Этот модуль обеспечит оптимальную поддержку во время всего цикла функционирования вашего имущества. При помощи системы классов можно создать иерархическую классификацию имущества, определив любое количество правил оценки стоимости. Современная система управления инвестициями предприятия позволяет про-

вести точный контроллинг всех данных и обеспечить бухгалтерскую обработку инвестиций.

### *Управление персоналом (HR)*

В этом модуле интегрированы объемные решения по вопросам планирования и управления персоналом предприятия. Приложения охватывают такие функции, как, например, повышение квалификации персонала, управление проведением мероприятий, планирование распределения помещений, планирование затрат, набор новых сотрудников, управление вознаграждениями, управление временными данными, сдельная заработная плата, командировочные расходы, расчет заработной платы. Тем самым интегрированные в модуль функции покрывают все задачи по управлению персоналом и способствуют упрощению и ускорению операций, связанных с управлением персоналом.

## **Отраслевые решения**

Базовая система R/3 предоставляет богатый набор функциональных возможностей для решения организационно-экономических задач на предприятиях различных отраслей, включая гибкое производство, планирование производственных мощностей и техническое обслуживание предприятия; систему сбыта, учитывающую сложное ценообразование и налогообложение на интернациональной основе; прием и исполнение заказов в условиях существования различных видов валют, языков и других особенностей международных торговых операций; планирование и осуществление транспортных операций; различные информационные системы и многое другое.

Дополнительно SAP предоставляет широкий набор отраслевых решений, которые, учитывая особенности конкретных отраслей, усиливают и оптимизируют функциональность системы R/3. Разработка таких отраслевых решений, которые отвечали бы деловым потребностям предприятий различного профиля, проводится в тесной связи с клиентами и партнерами SAP.

## **Практика внедрения в России**

Цена рабочего места системы колеблется в большом диапазоне и зависит от количества покупаемых рабочих мест (в России обычно покупается сравнительно небольшое количество), общей суммы контракта, функциональности. Если покупается 50 рабочих мест, то стоимость программного обеспечения без учета консультационных услуг составляет около 350 тыс. долл. (речь идет о простых рабочих местах; в системе большое значение придается

регистрации пользователей, паролированию и отслеживанию работы), пропорция расходов на консалтинг/затраты на ПО не меньше 1-1. Два-три человека со стороны заказчика, входящие в состав проектной группы по внедрению системы, проходят обучение консультантов по SAP (стоимость обучения в среднем составляет 1500 долл. в неделю) [125].

Интересный проект был выполнен московским представительством фирмы Industrial Control Technologies (США, Калифорния) на Омском нефтеперерабатывающем заводе (ОАО «Омский НПЗ»). Впервые в России было реализовано интегрированное решение комплексной автоматизации следующих уровней управления:

- уровня административно-хозяйственного управления предприятием,
- уровня оперативного управления производством,
- уровня контроля и управления технологическими процессами.

На первом этапе (1995 — 1996 гг.) на уровне административно-хозяйственного управления были внедрены базисный модуль и модули FI (финансовая бухгалтерия) и CO (контроллинг). Реализация указанных компонент выполнена в архитектуре клиент-сервер на платформах UNIX и Windows NT с использованием ES ORACLE. Горизонтальное расширение функциональности уровня обеспечивалось за счет интеграции унаследованных компонент путем разработки интерфейсов к задачам, выполняемым на внешних по отношению к R/3 программных платформах. К таким задачам относились:

- задачи на IBM-4341 (основные фонды, реагенты, зарплата, подотчетные лица, касса, спецодежда, износ МБП, фактическая себестоимость основной продукции);
- задачи на PC в архитектуре клиент-сервер (учет материальных ценностей);
- задачи на PC в архитектуре файл-сервер (сбыт (счета отгрузки) — FoxPro, отгрузка через компанию «Сибнефть» — FoxPro, банк — Clipper).

На втором этапе (1996 — 1997 гг.) было реализовано вертикальное интеграционное решение задач автоматизации по всем трем уровням управления за счет организации информационного обмена с унаследованными системами соответствующего уровня, а именно с диспетчерской системой предприятия (задачи: оперативное управление производством, моделирование технологических процессов, сведение баланса по заводу, сведение баланса по установкам, верификация данных) и с заводской информационной системой, ядром которой является база оперативных технологических и производственных данных в реальном времени. При этом объек-

тами контроля и управления технологическими процессами являлись:

- технологические установки с их внутренними резервуарными парками;
- производство, обеспечивающее технологические установки тепловой энергией (пар, вода), электроэнергией, инертным газом, воздухом и др.;
- сырьевые, товарные и ходовые резервуарные парки;
- вспомогательное ремонтное производство, обеспечивающее работоспособность объектов основного производства;
- лаборатории.

В качестве унаследованных компонент в систему комплексной автоматизации были включены:

- RTAP/Plus — подсистема оперативного управления производственными процессами;
- PI — подсистема сбора, хранения, фильтрации и выдачи данных АСУТП;
- DATACON with PROVISION и PRO-II — математические модели управления установками нефтеперерабатывающего комплекса.

## Oracle Applications от Oracle

**Корпорация Oracle** была основана в Калифорнии (США) в 1977 г. Сегодня в ней работают по всему миру более 25 тыс. сотрудников.

**Корпорация Oracle** является крупнейшим в мире поставщиком Систем Управления Базами Данных и второй в мире компанией на рынке программного обеспечения. При уровне доходов более 6 млрд долл. в год компания поставляет свои базы данных, программные средства и приложения вместе с соответствующими консалтингом, обучением и технической поддержкой в более чем 140 стран мира. СУБД Oracle используют более чем в 750 организациях на территории СНГ и более чем в 520 организациях на территории России.

**Корпорация Oracle** одной из первых приступила к практическому внедрению интерактивного телевидения и первой среди крупных компаний производителей программного обеспечения стала поставлять полные версии своих продуктов в электронном виде через сеть Internet. Oracle является разработчиком и поставщиком семейств программных продуктов Oracle Universal Server и Oracle Rdb, предназначенных для управления базами данных, инструментальных средств разработки приложений для архитектуры клиент/сервер в масштабах предприятия — Developer/2000, Designer/2000, средств многомерного ана-

лиза данных — семейство продуктов Express, а также пакетов деловых решений для среды клиент/сервер — Oracle Applications.

### **Описание системы**

Набор приложений Oracle Applications включает более 35 интегрированных программных модулей типа клиент/сервер, предназначенных для автоматизации всех аспектов деятельности предприятия, включая управление финансами, материальными потоками, производством, проектами, персоналом и маркетингом.

**Важнейшими приложениями системы Oracle Applications являются:**

*Приложения для управления финансами:*

- Финансовый анализатор
- Основные средства
- Главная книга
- Кредиторы
- Дебиторы
- Закупки.

*Приложения для управления материальными потоками (снабжение и сбыт):*

- Планирование материальных потоков
- Планирование производства
- Управление материальными запасами
- Планирование поставщиков
- Закупки
- Кредиторы
- Ввод заказов
- Конфигуратор продукции
- Дебиторы
- Услуги
- Контроль качества.

*Приложения для управления производством:*

- Технологическое проектирование
- Конфигуратор продукции
- Спецификации
- Планирование материальных потоков
- Планирование производства
- Производственные мощности
- Управление материальными запасами
- Планирование поставщиков
- Закупки
- Незавершенное производство
- Управление затратами

- Контроль качества
- Управление непрерывным производством.

*Приложения для управления проектами:*

- Учет затрат по проектам
- Выставление счетов по проектам
- Учет персональных затрат и времени
- Банк данных Oracle Applications.

*Приложения для управления персоналом:*

- Заработная плата
- Персонал
- Администрирование обучения
- Комиссионные с продаж.

*Приложения для управления маркетингом:*

- Финансовый анализатор
- Банк данных Oracle Applications
- Сбыт и маркетинг
- Комиссионные с продаж
- Web-приложения.

## **Baan IV от Baan**

Компания Баан основана в 1978 г. Специализируется на разработке программных систем для управления предприятиями. Основная система сегодня — Баан IV. Созданы также специализированная система для аэрокосмической отрасли Баан A&D и модульная система Баан ERP.

Во всем мире установлено более 5000 пользовательских систем на 4000 предприятиях.

Программное обеспечение Баан используется в автомобильной, целлюлозно-бумажной, аэрокосмической, пищевой и других отраслях, а также в торговле.

Наряду с развитием функциональных возможностей компания уделяет повышенное внимание методам, ускоряющим и облегчающим внедрение систем управления предприятиями и комплексированию программных продуктов Баан с другими системами. Одно из направлений в работе Баан — создание типовых решений (референционных моделей), ориентированных на отрасли и основанных на опыте внедрения на ведущих предприятиях. Среди них Mercedes, Fiat (автомобилестроение), Boeing, British Aerospace (аэрокосмическая отрасль) и др.

В России компания Баан активно работает с осени 1997 г. В числе российских предприятий, выбравших систему Баан IV, компания называет ВАЗ, КАМАЗ, Холдинг «Илим Палп Энтерпрайз»,



АО «Электрокерамика», ОАО «Авиазапчасть», ТОО «Кондитер», компания «Нижфарм».

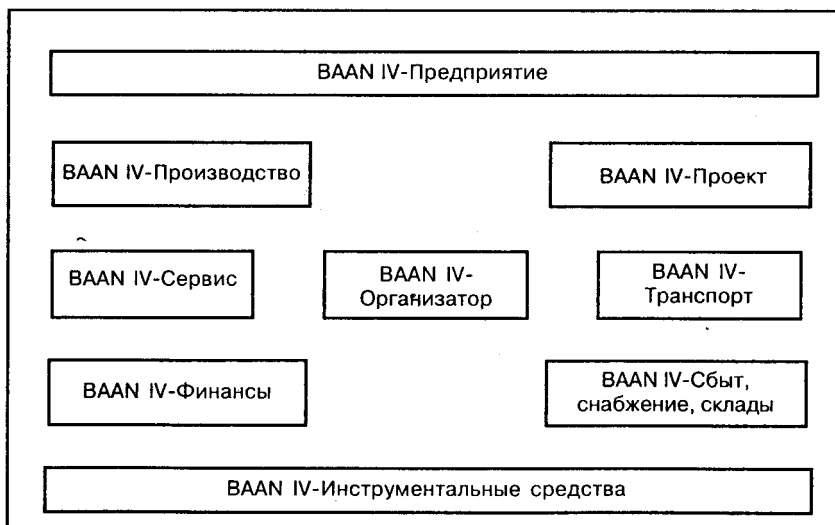
Базовая система Baan IV создана для комплексной поддержки системы управления предприятием. Все подсистемы Baan IV конфигурируются под конкретные процедуры и задачи управления. Самое главное в системе Baan IV — ее гибкость и функциональное наполнение, позволяющие совершенствовать организацию и управление как путем революционных изменений, так и в эволюционном режиме. Это полностью интегрированная система, поддерживающая управление всеми направлениями деятельности, включая финансы, производство, сбыт, снабжение, склады, транспортные перевозки, сервисное обслуживание и проектно-конструкторские работы.

На рис. 38 представлен состав базовой системы Baan IV.

*Программные инструментальные средства (Baan IV Tools)*

Данный пакет обладает инструментарием типа языка высокого уровня 4GL для создания новых приложений и модификации существующих. Он открыт для различных коммуникационных стандартов, баз данных, операционных систем и пользовательских интерфейсов. В него входит мощный набор программных инструментальных средств, необходимых для развития, документирования, переноса и поддержки программного обеспечения.

*Производство (Baan IV Manufacturing)*



**Рис. 38**

Комплексное решение для таких различных направлений производственной деятельности, как «конструирование-на-заказ», «сборка-на-заказ», «изготовление-на-заказ» и «изготовление-на-склад». В подсистему встроены модуль планирования производственных ресурсов для многозвенной корпорации, конфигуратор продукта, модуль управления проектами и модуль анализа критических путей. Для многозвенной организации производства подсистема позволяет вести управление серийным выпуском продукции, отслеживать работу каждого подразделения и контролировать всю цепочку поставок.

#### *Сбыт, снабжение, склады (Baan IV Distribution)*

Представляет собой интегрированную систему управления сбытом, снабжением и складами. Включает в себя модули управления контрактами, товарно-материальными запасами и складским хозяйством; модули управления партиями изделий и их отслеживания; а также модуль электронного обмена данными. Подсистема предусматривает и возможность планирования потребностей в материальных ресурсах.

#### *Сервис (Baan IV Service)*

Подсистема автоматизации управления сервисным обслуживанием и текущим ремонтом. Включает в себя модули управления периодическим обслуживанием и текущим ремонтом, учета заявок, управления договорами на обслуживание, разработки графиков работ специалистов и графиков обслуживания, а также модуль анализа затрат.

#### *Финансы (Baan IV Finance)*

Подсистема позволяет работать с Главной книгой, счетами дебиторов и кредиторов, осуществлять контроль и регулирование денежных операций, использовать электронные и другие методы учета платежей и поступлений. Она оснащена системой финансового планирования с использованием средств обращения к исходной информации, функциональными модулями бухгалтерского учета и учета основных средств, отчетности и группировки компаний.

#### *Транспорт (Baan IV Transportation)*

Подсистема позволяет автоматизировать управление внешними экспедиторскими и транспортными услугами в рамках специализированных транспортных компаний, а также в рамках любых других фирм, имеющих собственные транспортно-экспедиторские подразделения. Она включает в себя модули управления заказами на транспортировку и хранение; учета товарно-материальных запасов, автотранспорта и горюче-смазочных материалов. Подсистема позволяет рассчитывать стоимость фрахта, планировать погрузочно-разгрузочные работы и потребности в материальных потоках.

### *Проект (Baan IV Project)*

Обеспечивает комплексное управление одновременно несколькими проектами и их оценку. В подсистему входят усовершенствованный модуль планирования работ над проектами с разбивкой по этапам; модуль контроля хода выполнения проекта путем сравнения плановых и фактических показателей. Система позволяет разрабатывать прогнозы, готовить счета-фактуры и подсчитывать результаты.

### *Организатор (Baan IV Organiser)*

Предназначен для быстрого внедрения продуктов семейства Baan IV. Пакет состоит из модуля «Анализатор бизнес-потока» (*Business Flow Analyser*), мультипрограммных инструментальных средств (*Multimedia Toolkit*) для обучающих программ, информационной системы предприятия (*Enterprise Information System*), а также модуля отображения количественных результатов деятельности предприятия.

Система «Организатор» получила свое дальнейшее развитие в виде методологии внедрения АСУП на базе Baan IV «Orgware». Ядром методологии является модуль «Динамического моделирования предприятия» (*Dynamic Enterprise Modeller — DEM*), который обеспечивает процесс проектирования, внедрения и сопровождения АСУП на конкретном предприятии.

Архитектура Baan IV основана на принципах открытых систем, что позволяет создавать систему управления практически во всех существующих вычислительных и информационных средах.

Система Baan IV открыта для любых операционных систем, при этом не только для версий *UNIX*, но и для *POSIX*-совместимых. Подобный гибкий подход позволяет выбрать такие аппаратные средства, которые наиболее полно соответствуют направлениям и масштабам деятельности предприятия.

Среда *Baan IV-4GL* открыта для работы со многими базами данных. Ее можно использовать совместно с *ORACLE*, *Informix*, *On-Line*, *Ingress*, *Sybase* или любыми иными базами данных, в том числе и *Baan IV Base*. Более того, система позволяет работать со всеми этими базами одновременно.

Система Baan IV может быть легко адаптирована к любому пользовательскому интерфейсу, в том числе к *ASCII*-ориентированному интерфейсу при решении управленческих задач и/или к графическому интерфейсу на базе *X-Windows/Motif* при расширенных функциях. Система Baan IV поддерживает управление окнами, многозадачность, управление мышью, цветом, графикой, а также назначаемые пользователем команды.

Доступ к базе данных системы Baan IV возможен из любых прикладных программ. Данные могут быть импортированы и экспорти-

рованы благодаря модулю Ваап IV-Обмен (*Baan IV Exchange*). Данный модуль также поможет преобразовать данные в формат Ваап IV.

Пользователи сами определяют режим работы системы Ваап IV на предприятии. Можно задать конфигурацию системы, определив ее тип как «клиент-сервер» или с центральным процессором. Можно выбрать и наиболее подходящий стандарт обмена данными из предлагаемых системой вариантов: база данных, реализованная на сервере, или данные и приложения, распределенные в локальных или глобальных вычислительных сетях. Ограничений здесь нет.

Система Ваап IV может одновременно работать с множеством национальных языков, при этом функциональность системы не зависит от выбранного языка.

Система Ваап IV предоставляет пользователям унифицированный для всех пакетов пользовательский интерфейс с контекстно-зависимой и работающей в диалоговом режиме системой подсказок в гипертекстовом формате; компьютерные программы обучения, а также программные средства, упрощающие ее внедрение в практику.

### **Практика внедрения в России**

Программное обеспечение Ваап может применяться в широком диапазоне предприятий — от средних (20—25 и более автоматизированных рабочих мест управленцев) до самых крупных (несколько тысяч рабочих мест).

Стоимость системы определяется количеством конкурентных или именованных лицензий, приобретаемых предприятием. Количество именованных лицензий — это количество сотрудников, имеющих доступ к системе, число конкурентных рабочих мест — это максимальное количество пользователей, которые одновременно могут работать в системе. Если предприятие работает в одну смену, ему выгоднее покупать поименованные (или простые) рабочие места, если в две-три — предпочтительнее приобретать конкурентные рабочие места. Цена за рабочее место не зависит от приобретаемого набора функций, простое место стоит 3000 долл., конкурентное — 6000 долл. [126]. Стоимость внедрения, по мнению ряда экспертов, оценивается по отношению к стоимости лицензии коэффициентом 1—3.

Система Ваап специально ориентирована на внедрение не только силами компании Ваап, что позволяет компании проводить в России политику внедрения через партнеров.

## **Система Renaissance CS компании Ross Systems**

Компания Ross Systems была основана в 1972 г. и акционирована в 1991 г. Штаб-квартира находится в Атланте (США) и имеет 56 филиалов во всем мире. В компании работает более 600 сотрудников. Ross Systems производит, продвигает и внедряет широкий диапазон клиент-серверных корпоративных решений для различных направлений современного производства и бизнеса. Основным продуктом компании является система Renaissance CS (ранее известная как PROMIX), инсталлированная более чем на 3200 предприятий и организаций в 60 странах мира на 16 различных языках. Эта система ориентирована на предприятия, технологические процессы которых описываются с помощью формул, спецификаций или рецептов, и активно внедряется на предприятиях химический, продовольственной, фармацевтической, целлюлозно-бумажной, металлургической и других отраслей промышленности. Имеется ряд внедрений системы в организациях здравоохранения и предприятиях общественного сектора. Следует отметить, что система имеет масштабируемую архитектуру и может использоваться как на крупных предприятиях, так и в сфере малого бизнеса. В основу системы заложены передовые концепции управления ERP и SCM (Supply Chain Management). На рис. 39 представлено взаимодействие основных модулей системы Renaissance CS при их использовании в деятельности предприятия.

При разработке системы Renaissance CS компанией Ross Systems была выбрана ориентация на максимальную открытость системы. Основное ядро системы расширяется как за счет использования продуктов третьих фирм, так и за счет существующих у заказчика разработок, интегрируемых в систему. По желанию заказчика предоставляются исходные коды программ.

Система ориентирована на быстрое внедрение (от 3 месяцев) за счет специально разработанной технологии FrontRunner, позволяющей выполнять самостоятельное внедрение системы, что существенно снижает общие затраты. Renaissance CS обеспечивает полную поддержку дат позднее 2000 г., евровалюты и технологий Internet/Intranet.

Известно, что в России система Renaissance CS внедряется на двух как минимум предприятиях, являющихся частью транснациональных компаний и корпораций: в ALCOA CSI (серия Financial Serie RenCS) и Mary Kay (модуль Inventory Control). В обоих случаях внедрение осуществлено на основании решений руководства транснациональных компаний. Основная задача этих внедрений — обеспечение функционирования предприятий в стандартах, при-

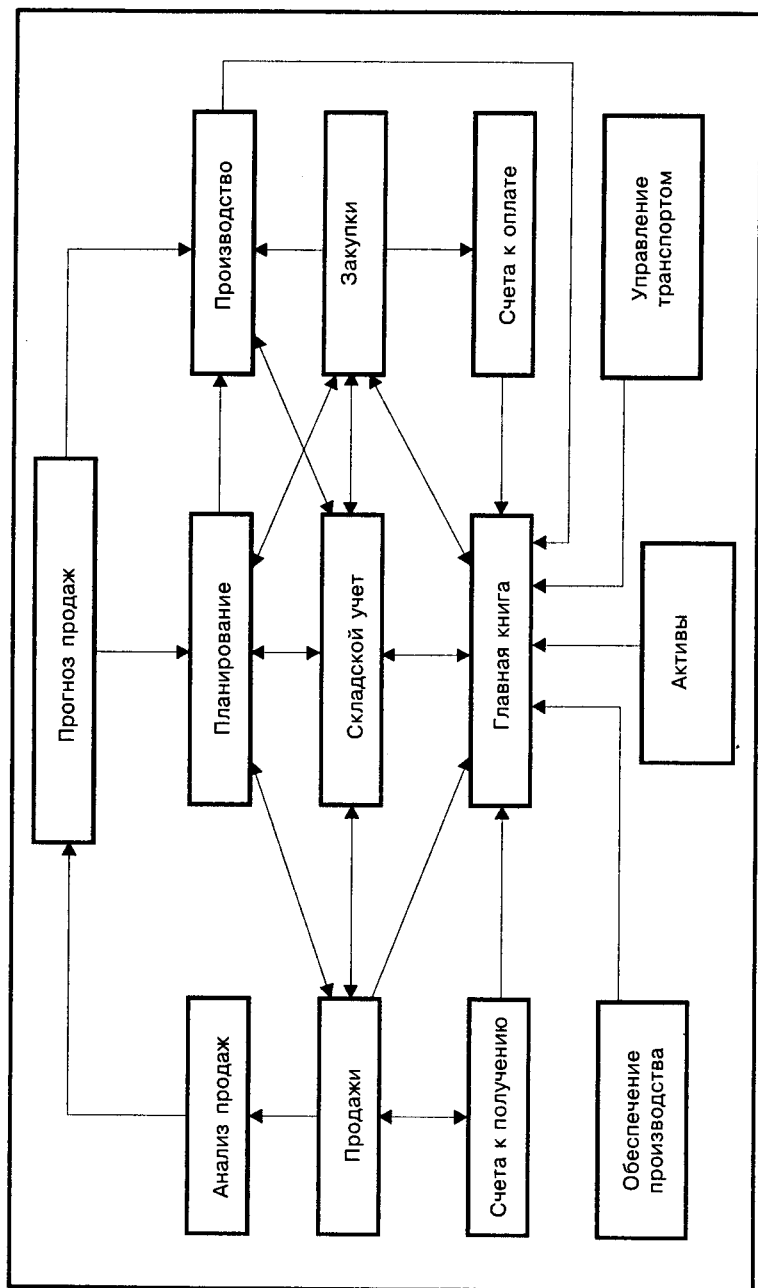


Рис. 39

нятых компаниями. Кроме этого, осуществляется пилотное внедрение системы на Челябинском заводе «Теплоприбор» и в Подмосковном филиале МГУ им. М.В. Ломоносова.

Система Renaissance CS представляет собой клиент-серверное решение, поддерживается также использование дополнительного сервера приложений или web-сервера.

Архитектуру серверной части можно представить следующим образом (табл. 13):

**Таблица 13**

Renaissance CS — собственно приложение
GEMBASE — среда разработки, инструмент, утилиты связи между сервером и клиентом, между приложением и СУБД
СУБД — одна из следующих: Oracle 7 (Universal, Enterprise and Workgroup-based servers) Sybase Oracle Rdb (Digital-based platforms only) SQL-Server (version 7.0/2H98)
Платформа — возможны следующие варианты: HP 9000 (HP-UX), Alpha (DEC-UNIX, OpenVMS, NT), VAX (OpenVMS), RS/6000 (AIX), Window-based servers (NT), Fujitsu DS-90 (UNIX), Siemens Nixdorf (SINIX)

### Требования к клиентской части

<b>ЦПУ</b>	Intel 80486- или Pentium
<b>ОЗУ</b>	16 MB
<b>Дисковое пространство:</b>	от 150 до 300MB (минимум — 15 MB для инсталляции)
<b>Монитор:</b>	14» монитор (цветной или ч/белый с оттенками серого VGA)
<b>Операционная система:</b>	Windows 3.11, DOS 5.0+, Windows 95, Windows NT
<b>Сетевой протокол:</b>	TCP/IP DECnet для Pathworks систем
<b>Сетевая карта:</b>	Ethernet (10/100 base-T)

Как видно из табл. 13, для сетевого функционирования системы необходимо устанавливать Gembase (и на сервере, и на клиенте, естественно, в различной конфигурации, причем клиентское место может быть достаточно «тонким»).

На всех платформах (кроме NT) персональные компьютеры могут быть использованы в режиме эмуляции терминала, в этом случае требования к PC будут меньше.

Основные задачи, решаемые Renaissance CS:

- планирование объемов производства,
- учет готовой продукции,
- хранение и поиск управленческой информации (поставщики, материалы, оборудование и т.д.),
- организация и планирование производственного процесса,
- управление финансами и контроль взаиморасчетов с поставщиками и потребителями,
- анализ и прогноз продаж,
- контроль за использованием кредитов,
- планирование и анализ бюджета предприятия и его подразделений,
- бухгалтерский учет на предприятии и его подразделениях,
- расчет, анализ, обобщение и прогноз финансовых показателей предприятия,
- расчет денежных потоков на основе бухгалтерских отчетов,
- расчет затрат, калькуляция себестоимости продукции,
- обеспечение электронных платежей,
- ведение электронного архива предприятия,
- учет кадров, управление персоналом,
- учет трудозатрат и расчет заработной платы.

Основными модулями Renaissance CS являются:

- Renaissance CS Financial — управление финансами компании
- Renaissance CS Distribution — управление закупками и продажами,
- Renaissance CS Manufacturing — управление производством,
- Renaissance CS Maintenance — управление эксплуатацией оборудования,
- Renaissance CS Human Resources/Payroll — управление персоналом и расчет заработной платы,
- Renaissance CS Materials Management — управление закупками,
- Renaissance CS Transportation Manager — управление перевозками и транспортными расходами,
- Renaissance CS DSSuite — средство поддержки принятия решений,
- Renaissance CS SAM — средство моделирования и описания бизнес-процессов, обучения и ведения собственной базы знаний.



### *Renaissance CS Financial*

Данный модуль позволяет осуществлять эффективное управление финансами компании, прогнозировать затраты и формировать бюджет; совместно с производственным модулем дает возможность моментально предоставить менеджерам нужную им информацию, интегрируя все информационные ресурсы корпорации; в сочетании с системой поддержки принятия решений Renaissance CS DSSuite общий репозиторий системы образует полный набор средств для анализа финансовой ситуации и контроля за расходами.

### *Renaissance CS Distribution*

Данный модуль не только автоматизирует прием заказов и управление поставками, но и предлагает обширный арсенал средств для анализа, прогнозирования и планирования продаж. Концепция, заложенная в основу этой системы, предполагает, что рабочий цикл компании начинается с планирования продаж, а заканчивается сбором статистических данных по продажам и их анализом. Результаты анализа служат основой для планирования продаж на следующий период.

### *Renaissance CS Manufacturing*

Модуль Renaissance CS Manufacturing ориентирован на поддержку производственных процессов и автоматизирует следующие аспекты деятельности промышленных предприятий:

- планирование производства,
- расчет потребностей производства в сырье и прочих ресурсах
- организация снабжения,
- перемещение материалов и продукции по предприятию,
- работа с информацией о различных свойствах сырья и условиях производства,
- использование различных технологий (рецептов) при производстве различных сортов продукции,
- контроль за соблюдением требований, обеспечивающих качество продукции,
- контроль за соблюдением требований (в том числе установленных законодательством) по охране окружающей среды,
- контроль за соблюдением условий эксплуатации оборудования,
- контроль за использованием опасных и ядовитых материалов.

### *Renaissance CS Maintenance*

Модуль управления эксплуатацией имущества позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы на основе точной информации обо всем имуществе организации, рационально использовать гарантийные обязательства и контракты на обслуживание оборудования, осуществлять контроль за наличием на складе необходимых запчастей и расходных материалов, планировать проведение ремонтных работ и организовывать электронный документооб-

борот для всех документов, сопровождающих процесс эксплуатации оборудования на протяжении всего жизненного цикла.

#### *Renaissance CS Human Resources/Payroll*

Модуль Renaissance CS Human Resources автоматизирует все операции, связанные с управлением персоналом: ведение базы данных по сотрудникам, учет рабочего времени, начисление зарплаты и т. д.; позволяет контролировать все аспекты взаимоотношений организации и сотрудника с момента приема последнего на работу. Кроме того, имеющийся в системе механизм построения формул расчета зарплаты делает возможным использование Renaissance CS Human Resources практически в любых организациях.

#### *Renaissance CS Materials Management*

Модуль Renaissance CS Materials Management позволяет организовывать и контролировать сбор заявок на приобретение материалов, формирование, утверждение и прохождение заказов поставщикам, прием товаров на склад и учет склада.

#### *Renaissance CS Transportation Manager*

Данный модуль представляет собой корпоративное решение, предназначенное для управления перевозками и оптимизации транспортных расходов. Он охватывает весь процесс доставки от погрузки товаров до получения их заказчиком.

#### *Renaissance CS DSSuite*

В состав DSSuite входят:

- BusinessObjects (фирма BusinessObjects) — OLAP-система формирования и распространения интерактивных отчетов;
- Media EIS (фирма Speedware) — средство для анализа больших объемов данных, расчета показателей-индикаторов и анализа «что если»;
- The Advisor Series (фирма SRC Software) — ПО для формирования и планирования бюджета.

#### *Renaissance CS SAM*

Одним из компонентов системы является средство моделирования бизнес-процессов Strategic Application Modeler (SAM), сертифицированное в соответствии с требованиями стандарта ISO 9000. Вместе с репозитарием знаний о бизнес-процессах ROK (Ross Online Knowledge), содержащим описания шаблонов более 1400 процессов, и технологией быстрого внедрения FrontRunner этот инструмент существенно облегчает внедрение системы, обеспечивая экономию времени, денег и сил. SAM также позволяет клиентам ROSS Systems управлять развитием прикладной системы и бизнес-процессов во время всего жизненного цикла, формировать базу знаний предприятия.

SAM обеспечивает моделирование предприятия, фиксирующее его структуру и способы взаимодействия между его составными

частями, которое помогает идентифицировать бизнес-процессы и бизнес-функции в терминах «кто», «что», «когда», «где», «почему» и «как». Подобные модели могут быть построены как для автоматизируемых, так и для ручных процессов с указанием стоимости и времени выполнения каждого из них и спецификаций деятельности персонала, ответственного за их выполнение. Построенные модели могут затем использоваться как для внедрения системы, так и для реорганизации бизнес-процессов, стратегического планирования, обучения и сертификации персонала, документирования организационной структуры. В состав модуля SAM включена обучающая система, фиксирующая в собственной базе данных ход обучения.

### **Практика внедрения в России**

Весной 1998 г. заключено соглашение между компанией Ross Systems и фирмой Интерфейс Ltd. (г. Москва) о совместном продвижении системы Renaissance CS на российском рынке. Проводятся работы по локализации системы для России и стран СНГ. При внедрении Renaissance CS в России компанией Interface Ltd предлагается выполнение системного анализа с целью определения объемов изменений в бизнес-процессах заказчика и в системе, а также для определения состава используемых модулей и последовательности их внедрения в эксплуатацию («step-by-step»).

### **Система управления БОСС компании АйТи**

Компания АйТи работает на отечественном рынке с 1990 г., предоставляя своим клиентам весь спектр услуг и осуществляя все виды работ в области разработки, внедрения и сопровождения интегрированных информационных систем для любых сфер деятельности.

В число основных направлений деятельности компании АйТи входят:

- услуги в области консалтинга,
- реализация комплексных систем управления предприятием,
- создание сетевых и телекоммуникационных комплексов,
- внедрение систем безналичных расчетов,
- создание систем безопасности и жизнеобеспечения,
- авторизованное обучение в области информационных технологий,
- техническая поддержка, сопровождение информационных систем,

Система качества компании АйТи применительно к проектированию, построению и сопровождению интегрированных информа-

ционно-вычислительных комплексов имеет сертификат соответствия ИСО 9001 Госстандарта России и включена в Государственный Регистр Систем Качества.

В основных подразделениях компании АйТи работает около 600 сотрудников. Помимо Москвы, в крупнейших промышленных центрах нашей страны — Санкт-Петербурге, Уфе, Волгограде, Казани, Красноярске и Иркутске — действуют представительства АйТи.

Постоянными клиентами компании АйТи являются крупнейшие промышленные государственные и коммерческие предприятия, банки, государственные учреждения и ведомства, расположенные как на территории России, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

### ***Продукты серии БОСС***

Реализация компанией АйТи концепции создания для своих заказчиков высокоэффективных комплексных решений во многом определяется наличием собственных программных разработок — системы управления предприятием БОСС.

Функциональные возможности комплексной интегрированной системы управления БОСС охватывают все основные бизнес-процессы как государственной бюджетной организации, так и коммерческого предприятия:

- управленческий и бухгалтерский учет,
- финансовый менеджмент,
- управление персоналом,
- логистика,
- маркетинг и продажи,
- управление производством,
- информационно-защищенное делопроизводство и документооборот.

Система БОСС создает единое информационное пространство, в котором работают все функциональные и региональные организации. На рис. 40 схематично изображена архитектура функционала.

Одновременная интегрированность и модульность архитектурного построения системы позволяют создавать систему предприятия поэтапно, начиная с того функционального подразделения, автоматизация которого наиболее актуальна в данное время для данного предприятия.

Система состоит из отдельных, полностью самостоятельных и в то же время интегрированных продуктов (см. рис. 41).

**БОСС-КОРПОРАЦИЯ** — полномасштабная система управления финансово-хозяйственной деятельностью, разработанная для крупных корпораций и торговых государственных объединений, органи-

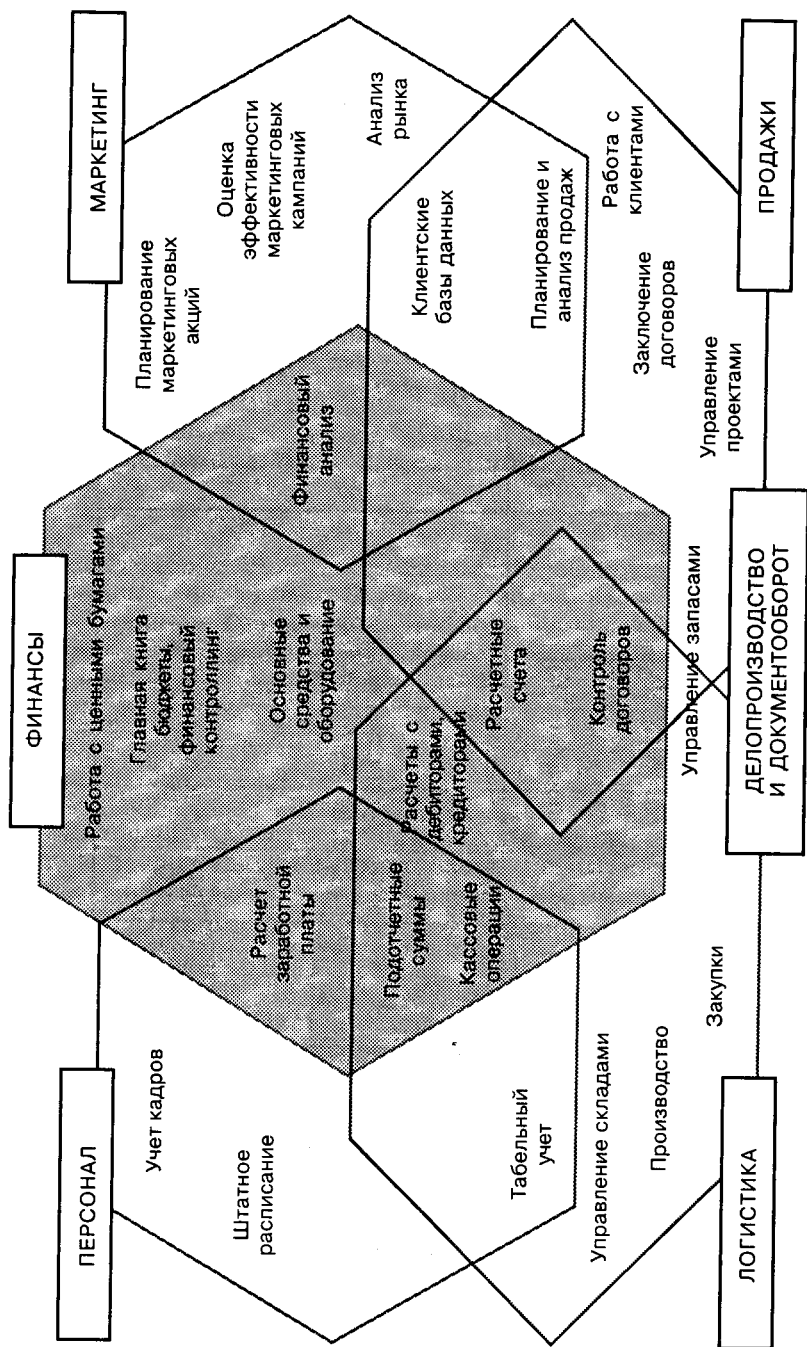


Рис. 40

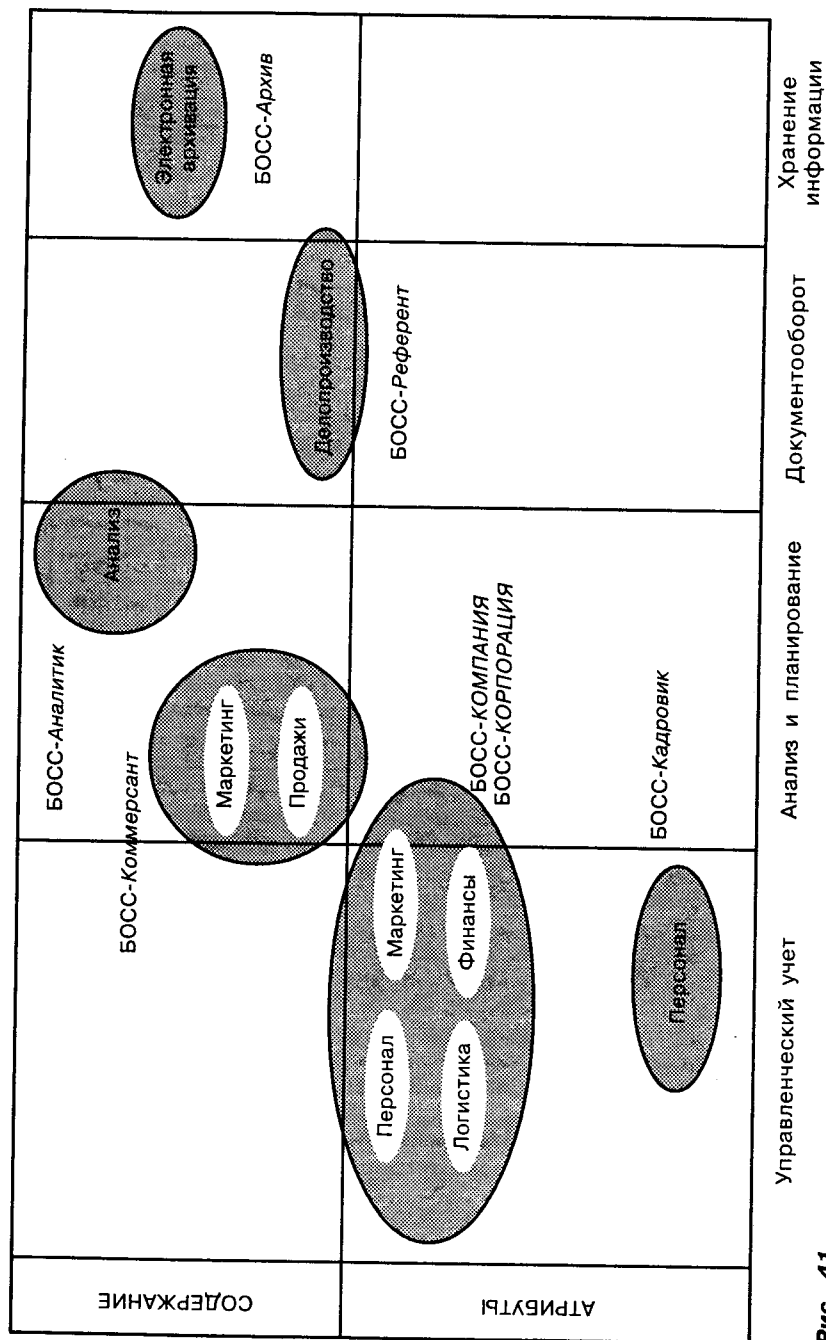


Рис. 41

заций со сложной распределительной структурой. Она включает в себя бизнес-приложения (подсистемы) по автоматизации участков бухгалтерского, оперативного, производственного учета и логистики, финансового и производственного планирования, управления персоналом.

• **БОСС-КОМПАНИЯ** — комплексная система управления финансово-хозяйственной деятельностью, разработанная для коммерческих компаний, производственных предприятий и государственных организаций;

• **БОСС-Кадровик** — система управления персоналом;

• **БОСС-Референт** — система автоматизации делопроизводства и документооборота со встроенным средством защиты информации «Верба», сертифицированным ФАПСИ;

• **БОСС-Архив** — система электронной архивации документов;

• **БОСС-Коммерсант** — система управления маркетингом и продажами;

• **БОСС-Аналитик** — система анализа и планирования со встроенными средствами многомерного анализа.

Важным преимуществом системы БОСС является использование достоинств программных платформ — Oracle, MS SQL, Lotus Notes — для автоматизации деятельности различных функциональных подразделений предприятий.

Широкие функциональные возможности, ориентация на российскую специфику и оптимальные ценовые характеристики делают эти продукты лучшей основой для создания информационной системы любого предприятия.

Система БОСС установлена на предприятиях электроэнергетики (Красноярская ГЭС, Костромская ГРЭС, Карелэнерго), металлургии — на алюминиевых заводах (Красноярском, Надвоицком, Иркутском, Саянском), нефтегазовой отрасли (Роснефть-Сахалинморнефтегаз, НГДУ Талинскнефть, ОАО Кондпетролеум, Юкос), на предприятиях рекламного и издательского профиля (Экстра-М, Открытые системы, Известия), в государственных бюджетных организациях (Московский Государственный Университет, Институт физики высоких энергий, Российский Фонд правых реформ) и т.д.

## **БОСС-КОРПОРАЦИЯ**

**БОСС-КОРПОРАЦИЯ** — включает в себя бизнес-приложения по автоматизации участков бухгалтерского, оперативного, производственного учета и логистики, финансового и производственного планирования, маркетинга и управления персоналом.

Систему БОСС-КОРПОРАЦИЯ отличают широкие функциональные возможности, простота настройки, удобная среда работы, невысокая стоимость типовых модулей, входящих в состав бизнес-приложений. Система БОСС-КОРПОРАЦИЯ, реализованная в архитектуре «клиент-сервер», предусматривает работу с удаленными филиалами и ведение консолидированного учета в реальном времени.

### **Состав системы**

Четыре взаимодействующие подсистемы (Финансы, Логистика, Маркетинг и Персонал) соответствуют четырем важнейшим управленческим направлениям. Модульность системы позволяет начать работу с решения задач, наиболее актуальных для предприятия. Функциональные возможности системы, доступные пользователям, могут быть расширены. Базовая система может дополняться новыми модулями БОСС-КОРПОРАЦИЯ или любыми другими приложениями, отвечающими потребностям заказчика.

### **Особенности подсистемы Финансы**

- Множественный учет (управленческий и бухгалтерский, российские стандарты, GAAP).
- Возможность создания территориально-распределенной системы с консолидацией учетных данных.
- Реализация финансового планирования, бюджетирования и финансового контроллинга.
- Мощные механизмы настройки учетной системы; система «сама делает» проводки по документам и операциям.
- Неограниченная глубина аналитического учета и количество планов счетов, отвечающие потребностям управленческого учета на предприятии.
- Управление взаиморасчетами предприятия, контроль дебиторской и кредиторской задолженностей.

### **Особенности подсистемы Логистика**

- Интеграция с финансовой подсистемой.
- Возможность создания территориально-распределенной системы управления запасами.
- Гибкие механизмы настройки бизнес-процессов логистики.
- Оперативное управление дебиторской и кредиторской задолженностями.
- Оперативное управление оборотными средствами.

### **Особенности подсистемы Маркетинг**

- Структурированное хранение разнообразной маркетинговой информации.
- Анализ накопленной информации на различных уровнях управления.
- Координация продаж и маркетинговых акций.
- Интегрированное планирование маркетинга и продаж.



### ***Особенности подсистемы Персонал***

- Ведение и моделирование организационной структуры.
- Все функции оперативного кадрового учета.
- Автоматизация работы с приказами.
- Автоматическая разноска результатов расчета заработной платы по проводкам и статьям затрат.
- Формирование отчетности в соответствии с законодательством Российской Федерации.
- Наличие сертификата Государственной налоговой службы РФ.

### **Преимущества системы**

#### ***Легкость настройки и адаптации***

Отразить специфику, особенности бизнес-процессов и другие уникальные потребности предприятия-заказчика позволяют изменения параметров настройки системы **БОСС-КОРПОРАЦИЯ**. Легкость настройки и возможность адаптации заменяют дорогостоящую доработку системы, что значительно снижает финансовые затраты и экономит время при ее внедрении.

#### ***Открытость***

Заказчикам передаются исходные тексты приложений, структура базы данных, CASE-модели бизнес-процессов, технологическая документация для дальнейшего развития системы и ее интеграции с собственными разработками заказчика и приложениями других производителей. Легкость интеграции **БОСС-КОРПОРАЦИИ** с любыми приложениями и полное документирование системы — это факторы, снижающие финансовый риск клиента при выборе и дальнейшем развитии системы.

#### ***Масштабируемость и высокая производительность***

Система **БОСС-КОРПОРАЦИЯ** обладает значительным запасом по производительности, что позволяет эффективно использовать ее на крупных предприятиях с большим количеством рабочих мест. Высокая производительность системы **БОСС-КОРПОРАЦИЯ** подтверждена результатами тестирования системы в Серверной лаборатории компании Intel.

#### ***Информационная безопасность и надежность***

Информационная безопасность и надежность системы **БОСС-КОРПОРАЦИЯ** обеспечивается средствами Oracle, позволяющими разграничивать и контролировать доступ к данным, гарантировать их целостность, определять индивидуальный функциональный состав приложений пользователей и устойчивость всей системы и производить другие необходимые настройки.

#### ***Ориентация на отечественную специфику учета и управления***

Система **БОСС-КОРПОРАЦИЯ** изначально ориентирована на учет особенностей российского законодательства, налогообложения, специфических схем и систем отчетности.

## Практика внедрения в России

Пример внедрения системы БОСС: ОАО Костромская ГРЭС

**Организация:** ОАО Костромская ГРЭС

**Адрес:** Костромская область, г. Волгореченск

**Проблема:** ОАО Костромская ГРЭС — электростанция федерального значения — крупнейший производитель электроэнергии в регионе Нечерноземья (94% всей производимой в регионе электроэнергии). Численность персонала ОАО «Костромская ГРЭС» — более 3000 человек.

Помимо главной задачи — производство и поставка электроэнергии на Федеральный оптовый рынок электроэнергии и мощности — ОАО «Костромская ГРЭС» продает электроэнергию непосредственно крупным предприятиям Ивановской, Нижегородской, Владимирской, Ярославской, Вологодской областей. Поэтому одной из важнейших задач управления предприятием является задача контроля расчетов с потребителями электроэнергии, включая расчеты по схеме взаимозачета, бартером, векселями.

В состав электростанции входит девять энергоблоков. На основе учетных данных по затратам на эксплуатацию каждого энергоблока определяется себестоимость произведенной электроэнергии, которая является главной составляющей при формировании цены на нее. Необходимо на основе финансово-экономических показателей контролировать эффективность функционирования каждого энергоблока.

Существующая система автоматизации ОАО «Костромская ГРЭС», создавалась в начале 90-х годов, решала узкий круг локальных задач бухгалтерского учета и не соответствовала требованиям, предъявляемым к системе управления предприятием, работающим в условиях рыночной экономики.

**Задача:** Создание автоматизированной системы управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия

**Решение:** Внедрение комплексной системы автоматизации на базе продуктов серии БОСС

**Использованное оборудование и ПО:**

- Система управления предприятием БОСС-КОРПОРАЦИЯ
- Система документооборота БОСС-Референт
- СУБД Oracle 7 Server, Oracle Designer, Oracle Developer
- Lotus Notes

**Реализация**

Анализ существующего положения с автоматизацией в ОАО «Костромская ГРЭС» и осознание потребности в оперативной информации для принятия решений потребовали создания комплексной автоматизированной системы управления предприятием.

Корпоративную информационную систему ОАО «Костромская ГРЭС» решено было построить на основе продуктов серии БОСС: БОСС-КОРПОРАЦИЯ — система управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия на базе Oracle и БОСС-Референт — система документооборота на базе Lotus Notes.

В конце 1997 г. специалистами ОАО «Костромская ГРЭС» по методикам АйТи проведено обследование и моделирование ИС предприятия. По итогам обследования был сделан вывод о возможности внедрения базовой версии системы управления БОСС-КОРПОРАЦИЯ и реализации доработок, связанных со спецификой деятельности ОАО «Костромская ГРЭС»:

- разработка специальных форм выходных документов, рекомендованных Price Waterhouse для всей РАО ЕЭС России;
- интеграция с АСУТП «Живучесть», проводящей диагностику состояния основных средств на электростанциях РАО ЕЭС России.

Проект автоматизации ОАО «Костромская ГРЭС» предусматривает внедрение более 80 рабочих мест системы БОСС-КОРПОРАЦИЯ и более 50 рабочих мест системы БОСС-Референт.

Специалистами компании АйТи реализуются необходимые доработки в системе и проводятся консультации по внедрению. Внедрение системы БОСС-КОРПОРАЦИЯ проводится специалистами отдела АСУ ОАО «Костромская ГРЭС» численностью 6 человек.

Начало работ по проекту ОАО «Костромская ГРЭС» — июнь 1998 г. Ноябрь 1998 г. — в промышленную эксплуатацию принята подсистема «Персонал», декабрь 1998 г. — подсистемы «Финансы» и «Логистика» в части автоматизации бизнес-процессов «Расчеты с потребителями», «Расчеты с поставщиками топлива», «Учет хранения топлива». Завершение проекта — июль 1999 г.

## Список литературы

1. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М., АН СССР, 1960.
2. Математические методы в планировании отрасли и предприятий. М., «Экономика», 1973.
3. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Линейное программирование. М., Физматгиз, 1963.
4. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ф. Дискретное программирование. М., «Наука», 1969.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций. М., «Наука», 1980.
6. Глушков В.М. Введение в АСУ. Киев, «Техника», 1974.
7. Козлова О.В., Дудорин В.И. Автоматизированная система управления. М., «Мысль», 1972.
8. Думлер С.А. Управление производством и кибернетика. М., «Машиностроение», 1969.
9. Типовые проектные решения автоматизированных систем управления предприятиями. М., «Статистика», 1975.
10. Соломатин Н.А., Дудорин В.И., Ларионов А.И. и др. Автоматизированные системы управления предприятиями и объединениями. М., «Экономика», 1985.
11. Лычагин М.В., Маркова В.Д., Мироносецкий Н.Б. Оптимизация планов производства. Новосибирск, «Наука», 1987.
12. Португал В.М., Подчасова Т.П. и др. Планирование производства в условиях АСУ: Справочник. Киев, 1984.
13. АСУП на базе пакетов прикладных программ/Под ред. Бунякова В.Ю. М., «Статистика», 1978.
14. Бенецкий Э.М., Морозов Г.А., Оболенский Л.А., Черноиванов В.А. Внедрение автоматизированной системы управления производством на базе пакетов прикладных программ. М., «Статистика», 1980.
15. Завельский М.Г. Оптимальное планирование на предприятии. М., «Наука», 1970.
16. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством. М., «Наука», 1975.
17. Голенко Д.И. Статистические методы в управлении производством. М., «Статистика», 1973.

18. Планирование и управление в автоматизированном производстве/ Под ред. Шкурбы В.В. Киев, «Наукова думка», 1985.
19. Португал В.М., Семенов А.И., Кубликов В.К. Организационная структура оперативного управления производством. М., «Наука», 1986.
20. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством/Под ред. Соломатина Н.А. М., «Машиностроение», 1984.
21. Парамонов Ф.И. Автоматизация управления групповыми поточными линиями. М., «Машиностроение», 1973.
22. Парамонов Ф.И. Моделирование процессов производства. М., «Машиностроение», 1984.
23. Беллман Р. Динамическое программирование. М., Издательство иностранной литературы, 1960.
24. Бигель Дж. Управление производством. М., «Мир», 1973.
25. Бир Ст. Кибернетика и управление производством. М., «Наука», 1965.
26. Вагнер Г. Основы исследования операций. М., «Мир», 1972.
27. Таха Х. Введение в исследование операций. В 2-х книгах. М., «Мир», 1985.
28. Конвей Р., Максвелл В., Миллер Л. Теория расписаний. М., «Наука», 1975.
29. Календарное планирование/Под ред. Головинского В.В. М., «Прогресс», 1966.
30. Макмиллан У. Японская промышленная система. М., «Прогресс», 1988.
31. Мондем Я. «Тойота»: Методы эффективного управления. М., «Экономика», 1989.
32. Искусственный интеллект: Применение в интегрированных производственных системах. М., «Машиностроение», 1991.
33. Интегрированные системы управления предприятиями. ИПУ РАН, 1996.
34. Гаджинский А.М. Логистика. М., ИВЦ «Маркетинг», 1998.
35. Альтшулер И. Мировые концепции управления производством. — Компьютерная неделя, 1997, № 20.
36. Монахова Б., Альтшулер И. Что такое APICS? — Компьютерная неделя, 1997, № 20.
37. Баронов В., Титовский И. Методы построения систем управления. <http://www/economics/ru/avt-urp/metod/ttt/htm>.
38. Отоцкий Л., Савин А. Тернистый путь к современной технологии управления. — Открытые системы, 1998, № 2.

39. Петрова Ю. Менеджеру информационных систем. [http://ftp.infoart.ru/it/press/cwm/23\\_96/erp/htm](http://ftp.infoart.ru/it/press/cwm/23_96/erp/htm).
40. Казанский Д.Л. К вопросу формализации понятий «бизнес-система», «бизнес-процесс», «бизнес-функция». — Информационные технологии, 1997, № 2.
41. Казанский Д.Л. Оценка эффективности ERP-систем. [http://www/topsmask.ru/press/pub\\_013/html/](http://www/topsmask.ru/press/pub_013/html/).
42. Казанский Д.Л. Система ERP: основные задачи и область применения. — Сети и системы связи, 1998, № 2.
43. Одинцов А.В., Норенков Ю.И., Горин О.Д. Динамическое моделирование предприятия. — Информационные технологии, 1997, № 2.
44. Churchman C.W. Systems Approach. New York: Dell, 1969.
45. Gaither N. The Adaptation of Operations Research Techniques by Manufacturing Organizations. — Decision Sciences 6, October, 1975, 797—813.
46. Boverman B. Time Series Forecasting. Boston: Duxbury, 1986.
47. Wheelwright S., Makridakis S., McGee V. Forecasting Methods and Applications. New York, Wiley, 1983.
48. Fox M. Integrating Forecasting and Operation Driven Companies. — P&IM Review, February, 1988, 42—51.
49. Georgoff D., Murdick R. Manager's Guide to Forecasting. — Harvard Business Review 64, January-February, 1986, 110—123.
50. Buffa E., Dyer J. Management Science/ Operation Research: Model Formulation and Solutions Methods. New York: Wiley, 1981.
51. Gallagher G. How to Develop a Realistic Master Scheduler. — Management Review, April, 1980, 19-25.
52. Chung C., Krajewski L. Planning Horisonts for MPS. — Journal of Operations Management 4, 1984.
53. Wight Oliver W. Production and Inventory Management in the Computer Age. Boston, Cahnners Books, 1974.
54. Vollman T. OPT as an Enhancement to MRPII. — Production and Inventory Management 27, no 2, 1986, 38-47.
55. Proud I. Controlling the Master Schedule. — Production and Inventory Management, no 2, 1981, 78-90.
56. Silver E., Peterson R. Decision Systems for Inventory Management and Production Planning. New York, Wiley, 1985.
57. Tersine R. Principles of Inventory and Materials Management. New York, North-Holland, 1987.

58. Fogarty D., Hoffman T. Production and Inventory Management. Dallas, South-Western Publishing, 1983.
59. Plossi G., Wight O. Material Requirements Planning by Computer. Washington, APICS, 1971.
60. Capacity Planning and Control. APICS, 1979.
61. Gaither N. Near Optimal Lot-Sizing Model for Material Requirements Planning Systems. — P&IM, 22, 1981, 75-89.
62. International Business Machines Corp. COPICS, Publications G320-1974 through G320-1981.
63. International Business Machines Corp. PICS, Publication GE20-0280-2.
64. Johnson S. Optimal Two-Stage and Three Stage Production Schedules with Setup Times Included. — Naval Research Logistics Quarterly 1, March, 1954, 61-68.
65. Oral M., Malouin I. Evaluation of the Shortest Processing Time Scheduling Rule with Functional Process. — AII Transaction 5, December, 1973, 357-365.
66. Day J., Hottenstein M. Review of Sequencing Research. — Naval Research Logistics Quarterly, 27, 1970.
67. Baker K. The Effect of Input Control in a Simple Scheduling Model. — Journal of Operations Management 4, February 1984, 99—112.
68. Schonberger R. Some Observation on the Advantages and Implementation Issues of JIT Production Systems. — Journal of Operations Management 2, November, 1982, 1-12.
69. Lee S., Schwendiman G., eds. Management by Japanese Systems. New York, Praeger, 1983.
70. Limprecht I., Hayes R. Germany's World Class Manufacturers. — Harvard Business Review, no 6, 1982, 137-145.
71. Monden Y. Toyota Production System, Practical Approach to Production Management. Atlanta, Industrial Engineering and Management Press, 1983.
72. Levin G., Kirkpatrick C. Planning and Control with PERT/CPM. New York, Mc.Graw-Hill, 1966.
73. Harrison F. Advanced Project Management. New York, Halsted, 1981.
74. Miller I., Phillips C., Davis E. Project Management with CPM and PERT. New York: Reinhold, 1983.
75. Smith L., Gupta S. Project Management Software in P&IM. — P&IM Review, June, 1985.
76. APICS Dictionary 6<sup>th</sup> ed. VA: APICS, 1987.
77. APICS Bibliography 11<sup>th</sup> ed. APICS, 1987.

78. Bermudez G. Advanced Planning and Scheduling Systems: Just a Fad or a Breakthrough in Manufacturing and Supply Chain Management. AMR, Inc., The report on manufacturing, December, 1996.
79. Petri Nets: General Models and their Properties. — Advances in Petri Nets, 1986, Part 1, Springer, 1987.
80. Gaither N. Production and Operations Management. The Dryden Press, 1991.
81. Бозм Б. Инженерное проектирование программного обеспечения. Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1985.
82. Зиглер К. Методы проектирования программных систем. Пер. с англ. — М.: Мир, 1985.
83. Фокс Д. Программное обеспечение и его разработка. Пер. с англ. — М.: Мир, 1985.
84. Липаев В.В. Управление разработкой программных комплексов. М.: Финансы и статистика, 1993.
85. Липаев В.В. Надежность программных средств. М.: СИНТЕГ, 1998.
86. Липаев В.В. Отладка сложных программ. М.: Энергоатомиздат, 1993.
87. Липаев В.В. Документирование и управление конфигурацией программных средств (методы и стандарты). М.: СИНТЕГ, 1998.
88. Гейн К., Сарсон Т. Системный структурный анализ: средства и методы. Пер. с англ. — М.: Эйтекс, 1992.
89. Марка Д.А., МакГоуэн К. Методология структурного системного анализа и проектирования SADT. Пер. с англ. — М.: Метатехнология, 1993.
90. Jackson M.A. A Principles of Program Design. N.Y.: Academic Press, 1975.
91. Hatley D., Pirbhai I. Strategies for Real-Time System Specification. N.Y.: Dorset House, 1987.
92. Martin J. Information Engineering. N.J., Prentice Hall, 1990.
93. Orr K.T. Structured Systems Development. N.J.: Yourdon Press, 1977.
94. Ward P., Mellor S. Structured Techniques for Real-Time Systems. N.J.: Yourdon Press/Prentice Hall, 1985.
95. Yourdon E. Modern Structured Analysis. N.J.: Yourdon Press/Prentice Hall, 1989.
96. Yourdon E., Constantine L.L. Structured Design. N.J.: Yourdon Press/Prentice Hall, 1979.
97. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения. Пер. с англ. — Киев: Диалектика, 1992.



98. Шлеер С., Меллор С. Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях. Пер. с англ. — Киев: Диалектика, 1993.
99. Martin J., Odell J. Object-Oriented Analysis and Design. N.J.: Prentice Hall, 1993.
100. Coad P., Yourdon E. Object-Oriented Design. N.J.: Prentice Hall, 1992.
101. Rumbaugh J., Blaha M. Object-Oriented Modeling and Design. N.J.: Prentice Hall, 1991.
102. Jacobson I. et al. Object-Oriented Software Engineering — A Use Case Driven Approach. N.Y.: Addison-Wesley Reading, 1992.
103. Case A. Information Systems Design: Principles of Computer-Aided Software Engineering. N.J.: Prentice Hall, 1988.
104. Chikofsky E. Computer-Aided Software Development. Los Alamitos CA: IEEE Computer Software Press, 1989.
105. Fisher A.S. CASE: Using Software Development Tools. N.Y.: J.Wiley & Sons Inc., 1988.
106. Lewis T.G. CASE: Computer-Aided Software Engineering. N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1991.
107. McClure C. CASE in Software Automation. N.J., Prentice Hall, 1989.
108. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1998.
109. Калянов Г.Н. CASE: структурный системный анализ (автоматизация и применение). М.: ЛОРИ, 1996.
110. Новоженков Ю.В. Объектно-ориентированные технологии разработки сложных программных систем. М., 1996.
111. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса. М.: Финансы и статистика, 1997.
112. Робсон М., Уллах Ф. Практическое руководство по реинжинирингу бизнес-процессов. Пер. с англ. — М.: Аудит, 1997.
113. Хаммер М., Чампи Д. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе. Пер. с англ. — СПб.: С.-Петербургский университет, 1997.
114. Hammer M., Steven A.S. The Reengineering Revolution: A Handbook. N.Y.: Harper Business, 1995.
115. Hammer M., Beyond Reengineering. London: Harper Collins Business, 1996.
116. Мартин Д. Планирование развития информационных систем. Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1984.

117. Deming W.E. Out of the Crisis. Cambridge: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.
118. CMM Practices. Software Engineering Institute: CMU/SEI-93-TR-25, 1993.
119. Калянов Г.Н. Консалтинг при автоматизации предприятий (подходы, методы, средства). М.: СИНТЕГ, 1997.
120. Курс лекций Пермского ГТУ по дисциплине «Принципы построения ИСАУ», <http://asu.pstu.ac.ru/book/isau/PPISAU.HTM>.
121. Мурадян А. ТСО изнутри. — Компьютерра, 16 марта № 10 (238), Приложение.
122. Мурадян А. — Инфо-Бизнес, 13 октября 1998, № 40, стр. 30—32.
123. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ. — Москва: Дело, 1996.
124. ИнфоБизнес, № 47 (54), 1998, стр. 20.
125. Read.Me, № 8, 1998, стр. 28—29.
126. Read.Me, № 6, 1998.

*Баронов Владимир Владимирович  
Калянов Георгий Николаевич  
Попов Юрий Иванович  
Рыбников Андрей Игоревич  
Титовский Игорь Николаевич*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Редактор *Л.В. Бобылева*  
Корректор *М.В. Литвинова*  
Компьютерная верстка *С.М. Майоров*  
Художественное оформление «Издательство МАКЛАЙ»

ЛР № 070824 от 21.01.93

Подписано в печать 25.11.99.  
Формат 60×90/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,0.  
Тираж 3000 экз. Заказ № 14.

Издательский Дом «ИНФРА-М»  
127214, Москва, Дмитровское ш., 107.  
Тел.: (095) 485-70-63; 485-71-77.  
Факс: (095) 485-53-18. Робофакс: (095) 485-54-44.  
E-mail: books@infra-m.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ОАО «Ярославский полиграфкомбинат».  
150049, г. Ярославль, ул. Свободы, 97.