

В. В. БАЛАГИН

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИ- ЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Допущено Министерством
народного образования БССР
в качестве учебного пособия
для студентов вузов, обучающихся
по специальности 22.02
«Автоматизированные системы
обработки информации и управления»

МИНСК
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»
1991

ББК 65.050.9(2)я73
Б20

Рецензенты: кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Белорусского политехнического института и зав. отделом операционных систем Института кибернетики АН УССР, д-р техн. наук, проф. *А. И. Никитин*

Б $\frac{0605010201-008}{М 304(03)-91}$ 3—90

ISBN 5-339-00343-4

© В. В. Балагин, 1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из профилирующих дисциплин при подготовке инженера-системотехника является курс «Теоретические основы автоматизированного управления». Его цель — сообщить основные сведения по существующему опыту автоматизации управления, осветить сущность, проблематику и принципы построения АСУ как необходимых условий дальнейшего совершенствования организационно-технологического управления и повышения эффективности производства. Роль данного курса повышается в связи с проводимой в настоящее время информатизацией отраслей народного хозяйства страны. Информатизация — мировой процесс. Промышленный прогресс, определявший характер первой половины нашего столетия, привел к стремительному наступлению новой эры информации, которая сокращает дистанции, уплотняет время и расширяет доступ к обширным областям знаний.

Происходящая перестройка советского общества ставит задачу коренного изменения сложившейся практики информатизации, эффективного использования информационных ресурсов. Информатизация должна быть направлена на широкомасштабное применение новых информационных технологий для повышения качества информационного обслуживания, накопления и активного использования информации и знаний во всех сферах жизни общества с целью интенсификации экономики, развития культуры, подъема жизненного уровня, совершенствования социальных отношений.

Несмотря на большое число публикаций, а также ряд учебников, учебных пособий и справочников, весьма полезных для студентов, изучающих автоматизацию управления, следует признать, что фундаментальные учебные пособия и учебники проблемного характера еще не созданы. Потребность в них очень велика не только для студентов, но и для специалистов различного профиля, работающих в сфере автоматизации управления и не получивших систематической подготовки. На наш взгляд, в имеющейся литературе слабо освещены методологические основы построения АСУ.

В читаемом в МРТИ на факультете «Автоматизация управления» курсе автор уделяет указанной проблеме должное внимание. На основе лекций этого курса и подготовлено данное учебное пособие, которое посвящено методологии и общим вопросам математического обеспечения АСУ: математическим моделям и методам. Здесь рассмотрены функциональные аспекты АСУ и виды

их обеспечения (техническое, программное, информационное и математическое).

В предлагаемом читателю пособии сделана попытка сформировать системно-кибернетический взгляд на АСУ, раскрыть их сущность в более широком понимании, а также сформулировать основные требования к инженеру-системотехнику, который, на наш взгляд, должен быть и кибернетиком.

При подготовке рукописи большую помощь оказали сотрудники кафедры АСУ Минского радиотехнического института и МНПО «Центрсистем», а некоторые разделы написаны совместно с д-ром техн. наук А. И. Смирновым, канд. техн. наук М. Б. Утевским, А. Б. Долгим, канд. техн. наук Ю. М. Кротюком. В оформлении рукописи принимала участие Е. Н. Фатеева. Всем им автор приносит глубокую благодарность.

Особую признательность автор выражает д-ру техн. наук, проф. А. И. Никитину, д-ру техн. наук, проф. В. И. Панасюку и сотрудникам руководимых ими коллективов за внимательное рецензирование рукописи и высказанные замечания, во многом способствовавшие ее улучшению.

Все замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 220048, Минск, проспект Машерова, 11, издательство «Вышэйшая школа».

Автор

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПД — аппаратура передачи данных
АСУП — АСУ предприятиями
АСУТП — АСУ технологическими процессами
БС — большая система
БУ — бухгалтерский учет
ВЦКП — вычислительный центр коллективного пользования
ГАП — гибкое автоматизированное производство
ГПС — гибкая производственная система
ГСВЦ — государственная сеть вычислительных центров
ГСП — генеральная спецификация показателей
ЕСКК — единая система классификации и кодирования
ИБ — информационная база
ИВС — информационно-вычислительная система
ИВЦ — информационно-вычислительный центр
ИО — информационное обеспечение
ИСОД — интегрированная система обработки данных
КПН — календарно-плановые нормативы
КТС — комплекс технических средств
ЛПР — лицо, принимающее решение
МИМ — метаинформационная модель
МТС — материально-техническое снабжение
НЗП — незавершенное производство
НСИ — нормативно-справочная информация
ОАСУ — отраслевая АСУ
ОГАС — общегосударственная автоматизированная система
ОГСПД — общегосударственная система передачи данных
ОКП — общесоюзный классификатор продукции
ОПС — организационно-производственная система
ОРММ — общепромышленные руководящие методические материалы
ОУОП — оперативное управление основным производством
ППП — пакет прикладных программ
ПТС — производственно-техническая система
РВП — равномерный выпуск продукции
РП — рабочий проект
РР — равномерная работа
СБР — сбыт и реализация продукции
СИБС — структурная информационно-временная схема
СКС — сложная кибернетическая система
СНТ — спецификация нормативных таблиц
СПУ — сетевые методы планирования и управления

СС — сложная система
ТАК — таблица анализа и конструирования организации
ТЗ — техническое задание
ТП — технический проект
ТПП — техническая подготовка производства
ТПР — типовые проектные решения
ТЭИ — технико-экономическая информация
ТЭП — технико-экономическое планирование
УКП — управление качеством продукции
УТ — управляющий текст
ФСБ — функциональный стандартный блок
ФСКО — формула структуры кода обозначения объекта
ЦКП — целевая комплексная народнохозяйственная программа
ЦОД — центр обработки данных
ЧПУ — числовое программное управление

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап НТР характеризуется комплексным лавинообразным и скачкообразным развитием науки и техники, оказывающим огромное влияние на все стороны жизни человеческого общества. Огромный рост и резкое усложнение производственно-хозяйственной деятельности человека произошли за сравнительно малые промежутки времени.

По имеющимся данным, число только крупных производственных организаций в промышленности и в сельском хозяйстве Советского Союза уже в 1980 г. составляло более 100 тыс., из которых примерно 50 тыс. предприятий, 30 тыс. колхозов, 15 тыс. совхозов. К 1987 г. создано более 5 тыс. производственных объединений. Каждая из этих организаций имеет в своем составе тысячи элементов, перерабатывает большое число комплектов ресурсов и выпускает огромное число изделий, номенклатура которых составляет более 12 млн. наименований.

Для эффективности повышения управления как производством, так и техническим прогрессом большое значение имеют изменения структуры науки и техники, носящие характер закономерностей: дифференциация, перераспределение значимости различных направлений, быстрая сменяемость техники (развитие ЭВМ). Это особенно характерно для математики. Те ее направления, которые ранее рассматривались как абстрактные (теория множеств и отношений, математическая логика, теория графов), превращаются в популярные прикладные дисциплины (математическая логика).

С процессами дифференциации научных знаний диалектически связаны многообразные процессы интеграции, обусловленные запросами практики. Для многостороннего описания множества все усложняющихся объектов (больших (БС) и сложных (СС) систем) сформировались новые обобщающие дисциплины: кибернетика, общая теория систем, системотехника, системный анализ, исследование операций. Эти дисциплины имеют первостепенное значение для разработки технических и организационно-технологических человеко-машинных систем во всех отраслях народного хозяйства, а также для решения проблем управления этими системами.

Для разработки, исследования, эффективного использования БС и СС в народном хозяйстве возникла необходимость в подготовке нового специалиста — инженера-системотехника.

В связи с необходимостью поиска и разработки методов и средств решения многочисленных проблем управления всеобщее признание

получила *кибернетика*. В своем становлении и развитии кибернетика не приобрела характер целостной четко очерченной дисциплины. В настоящее время под кибернетикой понимается специфическое научно-методологическое направление по исследованию общих закономерностей управления в процессах, системах различной природы и сложности, включая технические, организационно-технологические, биологические, социально-экономические и другие, объединенные наличием целей, а также функций управления. Это направление содержит более узкие дисциплины, такие, как теория информации, теория автоматов, теория автоматического управления, теория распознавания образов и др.

Вопросы структурной организации систем большой размерности, сложного (стохастического) поведения с разнообразными взаимодействиями, создаваемых человеком и предназначенных для выполнения определенных целей и задач, изучает *системотехника*.

При создании АСУ кибернетический и системотехнический подходы увязываются, дополняют друг друга и образуют единый системный подход. Взаимосвязь кибернетического и системного подходов осуществляется с помощью системного анализа; методология разумного упрощения систем и теория их моделирования разрабатываются на базе общей теории систем. Очевидно, что все указанные интеграционные науки тесно связаны с математизацией и развитием вычислительной техники.

Таким образом, инженер-системотехник в области АСУ должен быть одновременно и кибернетиком, и системным аналитиком, обладать знаниями в области моделирования системы. АСУ нуждается в творческой личности, способной видеть за частным общее, умеющей синтезировать и анализировать системы наиболее рациональным способом, знающей объекты управления со всеми специфическими их особенностями.

1. УПРАВЛЕНИЕ И СИСТЕМЫ

1.1. УПРАВЛЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Понятие *управления* является одним из наиболее фундаментальных и всеобъемлющих в повседневной практике всех ячеек общества и организаций различных типов и уровней, общественно-государственной деятельности и особенно в современных системно-кибернетических науках, приближаясь по своей значимости к философским категориям. Вместе с тем не существует его строгого определения, видимо, в силу многообразия и различной полноты его как процесса для субъекта, который управляет теми или иными объектами. Под *субъектом* можно понимать: конкретные лица, управляющие системы (органы) коллективов, организаций, предприятий, ведомств, государства и т. п.

Объектом управления называют ту часть окружающего мира, состояние которой представляет интерес для субъекта в данной ситуации и на которую он может воздействовать целенаправленно.

Поскольку множества субъектов существуют одновременно, взаимодействуют, развиваются, находятся в определенных отношениях, то им всегда присущи множества различных целей.

Под *целями* будем понимать желаемые результаты: а) взаимодействия субъектов с внешней средой; б) удовлетворения их потребностей; в) поддержания состояния или направленного развития, тесно связанных с субъектом множеств объектов. Обобщенно цель можно рассматривать как модель будущего. Имеет место взаимодействие субъективных целей индивидуумов с объективными целями, вытекающими из законов и планов общественного развития, и иногда их противопоставление. Следовательно, цели и задачи необходимо обосновывать и ранжировать, сопоставлять, взвешивать возможности и целесообразность их достижения, оценивать требуемые для этого способы, средства и время. Для того чтобы объекты достигли поставленных целей, субъект должен осуществлять управляющие воздействия, приводящие к желаемым изменениям управляемых параметров в объектах, обусловленные целями или заданной программой. Цели, план (стратегия), программа (алгоритм) управления и управляющие воздействия формируются в управляющей системе. Для реализации управляющих воздействий могут быть предусмотрены специальные задающие блоки и исполнительные органы (ИО). Итак, *управление* — процесс, направленный на достижение определенных целей на основе имеющейся информации.

В этом процессе можно выделить два множества элементов: решения и воздействия, упорядоченные в соответствии с определенным алгоритмом (программой) управления.

Формально управление можно представить как результат работы алгоритма A_y в зависимости от целей Z^* и полноты информации I в виде $U = A_y(I, Z^*)$.

Приведем ряд определений управления в виде словесных высказываний, по-разному раскрывающих его основные аспекты и содержание. Управление представляет собой воздействия, направленные на поддержание или улучшение функционирования управляемого объекта в соответствии с имеющейся программой или целью управления. В этом определении акцент сделан на исполнительскую сторону управления. Иногда под управлением понимается целенаправленный процесс переработки информации, основой которого является целеполагание как завершающий акт этапа формирования целей действий. Однако для производственно-технологических систем (ПТС)* более подходит определение управления как процесса организации такого целенаправленного воздействия на объект, в результате которого объект переходит в требуемое (целевое) состояние. Организация, способ и вид воздействия U_a на объект связаны с определенной структурой управляющей системы S_y . Тогда

$$U = A_y(I, S_y, U_a, Z^*).$$

Что касается сложных организационно-производственных систем (ОПС), то можно подчеркнуть, что управление содержит процессы переработки и использования информации для достижения целей, а также наиболее ответственные процессы — выработки и реализации управленческих решений, составляющие ядро управления. Еще одно определение: под управлением ОПС будем понимать многофазный процесс переработки информации, принятия решений, а также выработки и реализации управляющих воздействий для запланированного и координируемого достижения поставленных целей. Или короче: управление — процесс переработки и использования информации для выработки решений при формировании и достижении целей.

Все приведенные определения представляют собой высказывания с определенной долей истинности, образующие подмножество $M_{в1}^{(y)} \subset M_{в}^{(y)}$ где $M_{в}^{(y)}$ — возможное множество высказываний об управлении в рамках определенной теории и типов объектов. Теперь можно дать самую краткую (формальную) запись понятия управления:

$$U = \parallel M_{в1}^{(y)} \subset M_{в}^{(y)}.$$

По характеру объектов процессы управления в ОПС и других сложных системах (СС) многообразны и многофазны. Их разделяют на следующие типы: технологическое, организационное и организационно-технологическое управление. К первому типу относят-

* Понятие системы и их классификация даны ниже.

ся, например, станки (автоматы, универсальные или с числовым программным управлением (ЧПУ), роботы-манипуляторы, агрегаты, технологические установки и процессы, автоматические линии, транспортные средства цехов, включая автоматизированные и роботизированные, вплоть до гибких автоматизированных производств (ГАПов) в целом). Во втором случае под объектом управления рассматриваются производственные коллективы и подразделения предприятия, цеха, участка и т. п. На современных предприятиях и организациях все большее внимание уделяется комплексности и интеграции многообразных процессов управления и в связи с этим — совместному организационно-технологическому управлению объектами обоих типов. Указанные типы управления присущи не только чисто производственным организациям, но и строительным, транспортным, связи, торговым, бытовым, оборонным, а также проектным, научно-исследовательским и др. В управлении, особенно в организационном, важным является понятие *функции управления*.

Под функцией понимается вид деятельности, работы, процесса, реализуемых системой в соответствии с ее назначением на множестве элементов. Последовательность функций (работ) во времени порождает целенаправленные процессы функционирования и главные функции ОПС. Они образуют упорядоченное множество $\Psi_c = \langle \Psi_i \rangle$. В области управления такие функции включают длительные и многократно повторяющиеся, а также особо ответственные процессы, работы, операции, задачи и действия, регламентированные определенными правилами, например правилами учета и контроля материальных, людских и денежных ресурсов, подготовки производственных процессов, решения различных задач планирования, распределения работ (частных функций) между исполнителями в коллективах, производственными подразделениями и видами оборудования.

В большинстве источников к общесистемным функциям организационного управления относят: планирование, учет (сбор данных), контроль, организацию и координацию, анализ деятельности и оперативное управление.

Обозначим перечисленные выше функции символами Ψ с соответствующими индексами: $\Psi_n, \Psi_{уч}, \Psi_{к}, \Psi_o, \Psi_{кр}, \Psi_a, \Psi_{оп}, \Psi_p$. В зависимости от значимости функций для различных объектов и условий можно ввести между ними отношение доминирования ($>$):

$$\Psi_i > \Psi_j \quad (\forall ij = \overline{1, C}).$$

Так как в рамках некоторой системной функции ψ_i реализуются и отдельные фазы, и этапы управлений, включая работы $\{a_j\}$, связанные с подмножеством элементов ОПС N_j , алгоритмом $A_j^{(i)}$ и информацией I_j , то формально

$$\Psi_i = A_j^{(i)}(\{a_j\}, N_j, I_j, Z_j).$$

Другими словами, Ψ_i — это наборы частных функций (работ, операций) и отношения между ними.

Исходя из структуризации организационного управления по функциям, целесообразно дать его определение как совокупности упорядоченных системных функций планирования, организации и координации, контроля и анализа, оперативного управления, а также учета, переработки и использования информации для выработки и реализации управленческих воздействий. Его формально можно представить через коротеж функций управления:

$$U = (\langle \Psi_{\text{п}}, \Psi_{\text{о}}, \Psi_{\text{кр}}, \Psi, \Psi_{\text{а}}, \Psi_{\text{оп}}, \Psi_{\text{уч}} \rangle \rightarrow \Psi_{\text{р}}, U_{\text{а}}).$$

С точки зрения лица, принимающего решение (ЛПР), операции и задачи, входящие в системные функции, можно разделить на две группы: чисто управленческие и исполнительские. К функциям, составляющим основную часть управленческого труда, относится планирование, организация, координация и контроль. В ряде случаев необходимая доля управленческого труда снижается и заменяется исполнительской работой (реагирование на текущие события), решением или анализом отдельных технических задач, так как способность решать такие задачи часто рассматривается как показатель таланта ЛПР. Однако увлечение исполнительской деятельностью в ущерб организаторско-управленческой может привести к резкому снижению эффективности функционирования СС; например, при планировании не будут заблаговременно предотвращены критические ситуации, предусмотрены последствия заранее непредвиденных просчетов, ошибки и неполнота учета факторов.

Рассмотрим содержание системных функций управления. Принятие решений — это по существу совокупность фаз и процессов, изучаемых в системном анализе. Принятие решения не сводится к единовременному акту или целостному однообразному процессу, охватывающему определенные промежутки времени. Его составляющими являются также глубокий логико-эвристический анализ проблем, альтернатив, риска, выигрыша и потерь, ситуаций и ресурсов, синтез вариантов структур, стратегий и программ, ведущих к целям и на основе формальных методов математического моделирования, и на основе опыта, интуиции и творческого озарения.

Процессы принятия решений имеют место в той или иной степени в каждой из перечисленных выше функций управления. Наиболее полно они проявляются при планировании. С учетом этого функцию принятия решений можно представить как комплекс элементов решений в составе других функций в виде предиката

$$\forall (\Psi_i \in \Psi_c) \exists (\varphi_{pj} \in \Psi_i) \rightarrow U_j \varphi_{pj} = \Psi_p.$$

Согласно формуле, функция $\Psi_{\text{р}}$ доминирует над другими, например:

$$\Psi_{\text{р}} \geq \Psi_{\text{п}}; \Psi_{\text{р}} > \Psi_{\text{уч}}.$$

Планирование — это процесс заблаговременной подготовки решений о том, что, кем, когда и сколько должно быть выполнено, включая обоснование и формирование целей.

Функция планирования является первичной, наиболее сложной и ответственной функцией организационного управления; включает обоснование целей и их декомпозицию, сроков и средств их достижения и определение взаимосвязанных оптимальных совокупностей, работ, планов.

Содержание функции планирования определяется в литературе по-разному. Часто в ее состав включены следующие компоненты: 1) определение целевого назначения и функциональных обязанностей, а также характера работ на перспективу; 2) прогнозирование выполнения работ; 3) постановка целей; 4) программирование или формирование плана действий по достижении целей; 5) разработка графика — в виде временной последовательности работ по достижению целей и реализации программы; 6) составление бюджета, т. е. расчета объема затрат, и распределение ресурсов по работам; 7) формирование общих правил действий — составление руководящих документов и выработка принципиальных решений; 8) формирование целесообразных и ситематизированных методов выполнения работ.

Этот перечень работ свидетельствует о серьезном внимании к планированию в крупных фирмах (ОПС) передовых капиталистических стран.

Однако ряд работ, перечисленных в п. 3, 7, 8 и частично в п. 1, скорее относится к функции организации. Вместе с тем к функции планирования можно отнести ряд задач по созданию, расчетам и коррекции нормативов (кроме задач, относимых к функции контроля).

В планировании необходимо различать две стадии: перспективное, или стратегическое, и текущее, или тактическое. Наиболее ответственное — *перспективное* планирование (на пять и более лет), которое находится в компетенции высших звеньев в иерархической структуре органов управления, включает выбор и обоснование главных целей ОПС, способов и средств их достижения, определение потребного времени и ресурсов. Производится также укрупненная декомпозиция главных целей — разработка дерева целей, оцениваются перспективы развития организаций, изменения структуры производства и управления в условиях комплексной автоматизации, технологии производства, внедрение достижений науки и техники (например, использование ГАПов, новых поколений вычислительной техники и т. п.).

В интересах внедрения новейших достижений НТР на уровне отраслей и всего народного хозяйства страны важнейшей задачей перспективного планирования является разработка целевых комплексных народнохозяйственных программ (ЦКП). ЦКП — директивный документ, представляющий собой увязанный по ресурсам, исполнителям и срокам осуществления комплекс социально-экономических, производственных, научно-исследовательских, организационно-хозяйственных и других заданий и мероприятий, направленных на решение народнохозяйственных проблем наиболее эффективными путями в установленные сроки.

Более детальное определение промежуточных целей и задач, проработка способов и средств их достижения в течение календарных отрезков времени до 1—2 лет относят к текущему планированию. Сюда же входят задачи по планированию использования производственных мощностей, ресурсов, номенклатуры, объемов производимой продукции и т. п.

При обосновании решений на всех этапах планирования для повышения эффективности функционирования ОПС и предотвращения ошибок, критических ситуаций и связанных с ними потерь должны использоваться методы математического моделирования.

Функция организации — это заблаговременное создание условий для выполнения планов и достижения целей. Это прежде всего создание организационной структуры СС (ОПС, ПТС и т. п.), подбор и расстановка кадров, определение функций ее подразделений и установление порядка и условий их функционирования, прав, обязанностей и ответственности должностных лиц. Кроме того, к этой функции можно отнести задачи объединения и централизованного распределения различных ресурсов для рационального использования и маневрирования ими, а также классификацию и разделение работ на операции и группы, удобные для контроля и управления. В сложных организационных системах при их взаимодействии все большее значение приобретают функции координации и мотивации.

Функция координации обеспечивает управление по стыкам организаций. Сущность функции координации состоит в распределении заданий и возложении ответственности за конкретные работы на соисполнителей. Эта функция приобретает особую важность при разработке и реализации комплексных целевых программ при решении глобальных народнохозяйственных проблем. Ее значимость возрастает также и в ОПС, выпускающих малосерийную продукцию и уникальное оборудование, в производственном цикле которых кооперируются сотни предприятий, а также продукцию, пользующуюся широким спросом в Советском Союзе и за рубежом.

В *функцию мотивации* включается ряд организационно-воспитательных работ и задач: обучение и воспитание кадров, создание условий и побудительных стимулов у исполнителей к сознательному, добросовестному отношению к труду, своим обязанностям, сохранению социалистической собственности, экономии ресурсов, дисциплинированности, взаимопомощи и ответственности за цели первичного коллектива и ОПС в целом.

Остановимся несколько подробнее на *функции контроля* в связи с неоднозначным истолкованием в литературе ее значимости и содержания. Например, в некоторых учебниках по основам построения АСУ функция контроля вообще не упоминается. Однако необходимость контроля выполнения запланированных работ очевидна. Так как операции по контролю связаны с созданием и поддержанием условий и гарантий для фактического выполнения планов и достижения целей, то их влияние на эффективность функционирования СС и качество работы и исполнителей, и руководителей велико. Если планирование содержит основу для выполнения работ,

а организация и координация обеспечивают их выполнение должным образом, то эффективный контроль должен дать необходимую и своевременную оценку состояния и перспектив развития работ в рамках данной организации по возможности при минимальных затратах времени, сил и ресурсов. Следовательно, работы и задачи по контролю должны быть в свою очередь хорошо организованы и увязаны с другими функциями.

В функцию контроля включают два вида работ: 1) измерение параметров и создание уточненных нормативов на контролируемые параметры запланированных работ; 2) определение наличия, состояния ресурсов, работоспособности элементов ОПС и т. п. Основное содержание функции контроля — измерение параметров работ и исполнение принятых решений.

Для оценки и измерения результатов работ необходимо сравнивать текущие параметры и достигнутые результаты с плановыми и нормативными значениями. Поэтому для реализации функции контроля необходимо знать, что и как контролировать, учитывать и оценивать, как часто и полно, какими средствами, с какой точностью. Таким образом, работы по контролю связаны с функцией учета и прежде всего с учетом таких основных групп, как время, ресурсы, количество и качество продукции, оборудования.

Кроме того, при контроле необходимо учитывать ситуационные параметры, отражающие взаимосвязь и взаимодействие процессов и материальных потоков на стыках элементов ОПС, а также с объектами внешней среды. Именно на стыках наиболее вероятны нарушения хода работ и процессов функционирования.

Понятие *норматива* охватывает не только требуемые уровни (допуски) на физические параметры процессов и элементов ОПС, нормы на расценки работ, расхода материалов, нормы выработки, а также требуемые значения и пределы показателей и критериев экономического, информационного, вероятностно-временного характера, принятые в системном анализе, теориях эффективности, информации, надежности, исследовании операций и других науках. К нормативам можно отнести и логические, качественные критерии, связанные с существующим законодательством, решениями директивных органов, ГОСТами, ЕСКД, ЕСТД и т. п. Не имея нормативов, нельзя судить о степени и полноте достижения промежуточных и основных целей, о ценности работ и возникающих ошибках и потерях.

Сопоставление нормативных значений параметров запланированных работ, ресурсов, оборудования с фактическими их значениями позволяет зафиксировать и понять причины отклонения, значимость и влияние на планы, промежуточные и основные цели. При этом возникают задачи, которые можно отнести также к *функции анализа*. Можно считать, что функция анализа присуща всем другим функциям и задачам управления, где вырабатываются и принимаются решения, в частности, при оценках: а) альтернативных вариантов планов и целей; б) текущих и критических ситуаций в смысле риска и потерь; в) эффективности функционирования ОПС

и ее элементов в различных ситуациях и этапах; г) стратегий и деятельности органов управления; д) качества работы производственных подразделений и исполнителей; е) качества продукции; ж) достаточности и распределения ресурсов; з) причин расхождения результатов работы в ОПС с планами и т. п.

Особенности этой функции: 1) необходимость и универсальность анализа во всех сферах человеческой деятельности, не только в управлении, но и в синтезе и проектировании систем, изделий, их производстве, строительстве сооружений, научно-исследовательской работе, военном деле и др.; 2) органическая связь с процессами принятия решений, что позволяет их объединить в рамках единой методологии — системного анализа, охватывающего не только все аспекты понятия управления, но и не менее широкое понятие системы, которое рассматривалось выше.

Таким образом, текущий контроль позволяет принимать те или иные решения, вырабатывать и использовать известные из опыта корректирующие воздействия на элементы и звенья ОПС и организационные мероприятия по ликвидации возникших отклонений или их предотвращению.

В некоторых случаях может возникнуть необходимость в корректировке планов и изменений целей. Эти операции в основном определяют функцию оперативного управления. Эта функция наиболее тесно и непосредственно связана с функциями контроля и анализа, а также с текущим учетом и планированием. Поэтому иногда вопросы контроля и анализа включают в функцию оперативного управления.

В литературе по управлению, особенно экономического характера, много внимания уделяется методам управления. Часто в понятие методов управления вкладывают понятия способов и стиля принятия решений и их исполнения. Из множества возможных методов управления следует выделить два предельных: 1) целевое управление по заранее разработанной программе работ, ведущей к цели; 2) управление, сводящееся к реакции на текущие события без установления целей и предварительного планирования. План действий при этом формируется недостаточно четко. Сюда можно отнести так называемые метод проб и ошибок и метод «тушения пожаров». В программе целевого управления на основе современных математических методов могут быть учтены различные непредвиденные ситуации, связанные со стохастической природой процессов, производства, нестабильностью поставок сырья, подачи энергии, личными особенностями персонала, отказами оборудования и т. п. При этом, ориентируясь на конечные результаты, на каждом шаге управления тем или иным методом производится оценка текущих ситуаций ОПС, определяются расстояния их от цели, а также имеющиеся в распоряжении ресурсы, время и способы (алгоритмы) воздействия на управляемый объект. Очень большое значение для управления разработками БС и различных комплексов имеют сетевые методы планирования и управления (СПУ). В этих методах основное внимание при текущем контроле и оперативном управлении уделяется

относительно небольшой части работ, предусмотренных планом, составляющих «критический путь». Однако в практике могут применяться методы управления, основанные на накопленном опыте (метод аналогий) и интуиции.

1.2. ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Экспоненциально растут масштабы общественного производства: число систем и комплексов, номенклатура изделий, материалов, оборудования, видов технологических процессов и услуг, убыстряется их сменяемость, усиливается взаимосвязь предприятий и организаций. Потоки информации, порождаемые всеми этими факторами и подлежащие своевременной переработке при управлении производственными процессами и организациями, возрастают еще в более высокой степени.

Таким образом, сложность созидательно преобразующей деятельности человека порождает сложность управления ею. Особенно сложные и ответственные проблемы возникают при разработке перспективных планов и целевых комплексных программ в связи с многовариантным планированием и множеством стохастических взаимосвязанных факторов, координацией деятельности многих взаимодействующих организаций, сокращением времени на выработку и принятие комплексных решений, их своевременной корректировки. В связи с этим необходимо искать новые пути решения следующих общих проблем: 1) как эффективно управлять современными усложняющимися объектами, предприятиями и отраслями народного хозяйства с учетом их взаимосвязей и развития; 2) какой должна быть управляющая система у таких сложных объектов управления.

Организация сложной системы управления, позволяющей надежно и регулярно получать достаточно полную, объективную и оперативную информацию о состоянии и поведении множества технических и организационно-производственных объектов различных типов с коллективами людей, вырабатывать и принимать на ее основе чрезвычайно ответственные решения, представляет собой комплекс проблем системно-методологического, структурно-организационного, экономического, социально-психологического, технического и информационно-программного характера. От адекватности моделей и обоснованности критериев и целей зависит выбор путей построения и развития таких чрезвычайно дорогостоящих систем. Проблемы методологического и структурно-организационного характера возникают в связи с необходимостью и сложностью: а) разработки и четкой постановки целей и задач организаций с учетом их развития; б) разработки принципов, путей и методов построения и реорганизации ОПС; в) обоснования критерием оценки их функционирования; г) разработки математических моделей и методов исследования ПТС, ОПС и их частей (ГАПов и т. п.) как целостных кибернетических систем оптимальной структуры.

Проблемы технического и информационно-программного характера связаны с необходимостью обеспечения полноты, своевременности, надежности и достоверности информационных процессов, организации, хранения и корректировки, переработки, передачи и использования огромных потоков информации при автоматизации решения методологических, организационно-экономических и других проблем, а также при выработке управленческих решений путем оптимального комплексирования и применения разнородных типов ЭВМ, терминальных и прочих устройств с минимумом бумажных носителей. Наблюдающийся в последние годы рост управленческого аппарата и наличие многоуровневых систем управления являются подтверждением остроты проблем управления. Возникшие проблемы управления являются многоаспектными и многосторонними. Они должны рассматриваться и в структурном, и в функциональном разрезе как позадачные, подсистемные и системные. Различают также психологические и правовые аспекты проблем управления. Таким образом, можно видеть, как некоторые глобальные проблемы порождают «деревья» и кортежи частных проблем и задач управления, которые должны быть в поле зрения инженера-системотехника.

Резкое возрастание масштабов и сложности производственной деятельности приводит к истощению ресурсов и нарушению экологического равновесия в природе. Это в еще большей степени усугубляет сложность и взаимозависимость проблем управления, повышает их размерность и степень неопределенности. Поэтому не случайно проблемы управления многоотраслевым народным хозяйством страны, ее отраслями, организациями и производственно-технологическими процессами стали в настоящее время ключевыми.

В. И. Ленин еще в первые годы Советской власти разработал положение о руководстве строительством экономических основ социализма, известное в науке об управлении как содержащее ленинские принципы управления народным хозяйством в социалистическом обществе. Такими принципами являются: научность; демократический централизм; плановость; сочетание материальных и моральных стимулов в труде; сочетание единоначалия и коллегиальности; учет и контроль хозяйственной деятельности; правильный подбор и рациональная расстановка кадров по их деловым и моральным качествам.

Наличие новых экономико-математических методов, появление в 1970 г. достаточно совершенных ЭВМ как средств управления, разработка в теории управления ряда методологических принципов позволили поставить на практическую основу вопрос о массовом создании АСУ в системах управления различного уровня. К 1989 г. накоплен большой опыт создания АСУ различных уровней, особенно в вопросах правильного понимания возможностей ЭВМ, значимости математических методов и методологии построения АСУ в целом. В сферу разработки АСУ включилось большое число организаций и специалистов. Все это позволило объективно оценить

различные аспекты создания АСУ, избавиться как от крайностей в переоценке возможностей ЭВМ в АСУ, так и от недоверия к последним. Практика подтвердила большие возможности АСУП в составлении многовариантных текущих и перспективных планов, в решении задач учета и распределения ресурсов. Управленческий персонал избавился от многих задач рутинного характера. Улучшилась загрузка оборудования и снизилась потеря из-за его простоев и несвоевременного обеспечения производства ресурсами. Во многих отраслях АСУ стали неотъемлемым источником и средством дальнейшего совершенствования планирования и комплексной автоматизации.

В процессе разработки АСУ выявилось также значительное число просчетов и недостатков, в частности нечеткое понимание глубины проблем, поверхностный подход к их решению. Мало внимания уделяется АСУ технологическими процессами (АСУТП), которые более быстро окупаются и составляют материально-производственный фундамент АСУ организационного типа на всех уровнях управленческой иерархии. Это объясняется не только относительно малой численностью АСУТП в общем числе АСУ, но и стремлением автоматизировать технологию, включающую процессы слабо поддающиеся автоматизации.

В связи с массовостью автоматизации появилась ведомственная разобщенность и дублирование разработок, стремление к собственным АСУ и приобретению дорогостоящих ЭВМ в ряде организаций без учета обоснования их эффективности. Имеет место информационная и программно-алгоритмическая несовместимость в АСУ, а также дублирование данных при позадачном принципе формирования АСУ. Наблюдается отрыв возникших собственных специфических проблем АСУ от общих проблем управления, например по дальнейшему совершенствованию структуры и методов управления в связи с переходом предприятий на хозрасчет, самофинансирование и далее к рыночным отношениям.

Комплексная автоматизация в огромных масштабах перестройки управления народным хозяйством в условиях АСУ должна базироваться на интенсивной разработке методологических проблем управления АСУ. Совершенствование управления народным хозяйством может осуществляться по следующим направлениям:

1) улучшение методов планирования, дальнейшее совершенствование системы взаимоувязанных народнохозяйственных планов, улучшение комплексного планирования на предприятиях, широкое применение программно-целевого метода планирования, повышение обоснованности прогнозов и научно-технического прогресса;

2) совершенствование организационной структуры управления, разработка и внедрение генеральных схем управления;

3) дальнейшее развитие и повышение эффективности сети АСУ всех уровней.

Дальнейшее развитие и повышение эффективности АСУ и ВЦ должно происходить с учетом возможности их объединения в обще-

государственную автоматизированную систему (ОГАС). При этом предусматривается создание сети крупных вычислительных центров коллективного пользования (ВЦКП) общей численностью 200 единиц. Опыт разработки и внедрения АСУ обуславливает 2 направления:

тактическое — по дальнейшему совершенствованию видов обеспечения уже созданных АСУ, а также структуризации входящих в них задач и подсистем;

стратегическое — по разработке методологии и теории АСУ различных уровней и назначения путей их построения в перспективе на 1990—2000 г. в комплексе с решением проблем по рациональным структурам иерархии управления, интегрированным АСУ с учетом целевых программ прогнозирования развития технологии и техники, ГАПов, в частности использования 4-го поколения ЭВМ, роботов, периферийных устройств и средств связи.

1.3. ПОНЯТИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ

При разработке методологических принципов основ построения АСУ как новой дисциплины интеграционного характера следует прежде всего уделить внимание терминологии, необходимость которой сравнивают с необходимостью компаса для корабля.

Характеризуя АСУ, целесообразно использовать основные понятия кибернетики и системотехники.

В § 1.1 давались многочисленные определения понятий управления, функции, цели. Остановимся на понятии *система*, которое также имеет более десятка определений.

Под системой обычно понимают множество взаимодействующих элементов любой природы, составляющих целостное образование. По определению Большой Советской Энциклопедии, система — объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе.

В обоих определениях системы акцент делается на наличие связей между входящими в нее элементами, их взаимодействие, т. е. дается определение через структуру системы.

Под *структурой* понимается устойчивая совокупность внутренних связей между элементами системы, выделенными на данном уровне исследования объекта, характеризующими их отношения и взаимодействия. Кратко, структура — устойчивое единство отношений и элементов в системе. Одни и те же элементы в зависимости от вида отношений и характера взаимодействий могут образовывать различные по структуре и свойствам системы. Поэтому характеристики систем со сложной структурой зависят не только от свойств элементов (элементной базы), но и в весьма значительной степени от взаимосвязей между ними. Иногда говорят, что благодаря наличию взаимосвязей (отношений) и динамического взаимодействия элементов в сложной системе появляется новое качество — эмерджентность, которое исчезает при декомпозиции СС на части. Благодаря этому система как целостное образование отличается от суммы ее

частей, имеет иные характеристики, а также выполняет функции, не свойственные составляющим ее элементам. Поэтому некоторые авторы предлагают понимать систему как целостность, определяемую некоторой организующей общностью этого целого. Укажем основные черты системности: целостность, тотальность, организованность, закономерность. Проявление целостной общности в объекте может происходить внутренними и внешними путями. Здесь исходный объект мыслится как единая нерасчлененная целостность. Благодаря присущей ей организации возможна декомпозиция ее на те или иные множества (кортежи) элементов. Такой подход к определению системы в известной мере противопоставляется теоретико-множественному (композиционному) подходу через понятие структуры.

С диалектической точки зрения оба подхода целесообразны — они дополняют друг друга, обеспечивая полноту и многосторонность исследования объектов. Выделенный из окружающей нас реальности по тем или иным признакам объект как систему с определенной структурой можно вместе с тем рассматривать как элемент более общей системы — среды. Элемент системы при данном ее рассмотрении, как правило, не подлежит дальнейшему расчленению на части. Имеющиеся связи и отношения элементов системы в системотехнике специально не определяются и считаются интуитивно ясными.

Заметим, что в литературе иногда не делается различия между системой и ее структурой. Встречается также термин *организационная структура* как синоним понятия структуры. Выше наряду с термином «система» использовался термин «организация». Под *организацией* понимается система со сложной устойчивой структурой, наделенная определенными самостоятельными функциями и целями, т. е. это организационная система. Структурные элементы организации имеют свои задачи и наделены определенными подфункциями в соответствии с общими целями.

Важными понятиями в кибернетике и теории систем являются понятия состояния, ситуации и разнообразия. Под *состоянием системы* обычно понимают совокупность основных параметров, все-сторонне определяющих ее свойства в процессе функционирования в данный момент времени. Кроме понятия состояния, часто говорят о *ситуациях* как особом подклассе состояний. Ситуация характеризуется набором параметров, определяющих в данный момент времени не только свойства, но и различные виды взаимодействия и отношений ее частей между собой и окружающей средой. Особенно важно фиксировать критические, сбойные, аварийные ситуации, приводящие к коренной перестройке структуры системы или алгоритма и целей управления.

Общее множество возможных состояний системы в процессе ее функционирования с учетом различных комбинаций параметров входов, выходов, а также элементов структуры (признаки элементов и их взаимосвязи) характеризует *разнообразие системы*. Разнообразие является характеристикой сложности систем.

Системы могут иметь в своем составе огромное число структурных единиц (элементов), каждая из которых, рассматриваемая только как «черный ящик» (без учета возможного разнообразия структур), преобразует подмножества входных параметров в подмножества промежуточных или выходных параметров. Почти все параметры являются по своему характеру вероятностными (случайными величинами или случайными функциями). С помощью методов комбинаторики можно получить астрономическое число комбинаций значений параметров и показателей таких систем; если каждый параметр имеет конечное число значений, например, если на входе элемента имеется пять параметров (видов материалов), каждый из которых принимает лишь два значения: 1 и 0 («да», «нет»), то число возможных комбинаций входов равно 2^5 . Если из этих материалов вырабатывается 10 типов изделий, то это дает по крайней мере 2^{10} возможных значений выходов. Общее число возможных состояний одного такого элемента составит $S_i = 2^5 \cdot 2^{10} = 2^{15} = 32^3 = 32\,768$.

Если учесть возможные комбинации структуры элементов (их число и связи) в системе, то получим характеристику разнообразия по суммарному числу состояний S_Σ . Разнообразие можно выразить через признаки состояний, а при введении их кодирования — в единицах количества информации (битах, байтах). Обычно разнообразие измеряется логарифмом с основанием 2 и совпадает с энтропией системы: $H_0 = \log_2 S_\Sigma$.

При этом установлено, что рост связей между элементами в системе пропорционален, по крайней мере, квадрату числа элементов. Отсюда легко видеть, что системы со стохастическими или просто с непрерывными значениями параметров элементов обладают чрезвычайно большим потенциальным разнообразием в процессе функционирования во времени, если не обеспечивается достаточно эффективное управление системой. Оно сводится к поиску наиболее рациональных путей и выдерживанию их на основе переработки информации о фактических состояниях систем в дискретные моменты времени.

1.4. СИСТЕМНЫЙ И СИСТЕМНО-КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ И АСУ. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

Сложность, многоплановость и разнообразие проблем управления и высокая эффективность их решения обусловили чрезвычайно высокую актуальность этих понятий в теории и практике совершенствования систем управления разных уровней.

Решать многочисленные проблемы управления необходимо на базе единого системного подхода как к созданию, так и к эксплуатации систем. Сущность *системного подхода* состоит во взаимосвязанном комплексном изучении сложных объектов как целостных систем с определенными системными целями и в согласовании целей системы и ее частей и подсистем в процессе функционирования.

Комплексность — необходимый признак системности подхода — одновременное рассмотрение разных проблем и сторон управления, а целостность означает рассмотрение всех их во взаимосвязи упорядоченно по месту, времени, ресурсам в рамках единого целого, выделенного из окружающей среды. Систему можно изучать и несистемно.

Использование системного подхода на практике состоит в следующем: а) выделении и представлении некоторой совокупности объектов и связей между ними в виде системы; б) правильном понимании происходящих в них явлений, взаимодействий и возникающих проблем; в) умении выделить и поставить первоочередную (главную) группу проблем и задач.

К указанным двум основным признакам системного подхода можно добавить еще такие, как многовариантность рассмотрения альтернатив и закономерность, означающая, что системность связана с учетом законов и закономерностей при ее организации и не является случайным нагромождением элементов и связей между ними. Вместе с тем при системном подходе следует учитывать, что практически все явления и процессы в природе и обществе имеют стохастический характер, поэтому и подход при исследовании их должен быть не просто системным, а системно-вероятностным.

Необходимость приведения в систему сложных явлений мира и результатов развития и использования научно-технического прогресса и породила понятие системы, ставшее в настоящее время в кибернетике и системотехнике исходным и доминирующим. Изучение системы, систематизация знаний происходили на всем протяжении развития науки и техники, но потребность в многообразной и более строгой систематизации возникла с ростом сложности искусственно создаваемых человеком объектов. Поэтому не случайно понятию системы как особой категории в настоящее время посвящена обширная литература.

В сочетании с системным подходом при построении АСУ необходимо учитывать и специфику кибернетического подхода к СС как к «черному ящику» с заданными входами и наблюдаемыми выходами, реализующего процессы их преобразования или управления (U) посредством оператора или алгоритма (A_y) без рассмотрения структуры на макроуровне. Но иногда рассматривается и структура СС при исследовании ее на микроуровне. Отметим, что при кибернетическом подходе к исследованию СС делается акцент на динамику ее функционирования во времени. В связи с этим, объединяя применительно к АСУ основные стороны системного и кибернетического подходов при их описании и исследовании, целесообразно говорить о *системно-кибернетическом подходе*.

Для понятия системы чрезвычайно важны и организационно-структурные свойства, и виды упорядоченности элементов и связей. Приведенное выше определение системы дано в смысле организации реальных объектов и явлений. Другая трактовка понятия системы состоит в понимании ее как совокупности правил, законо-

мерностей, концепций, теорий и т. п., используемых при исследовании (познании) объектов и явлений.

Исходя из двух трактовок системы, можно по типу элементов их классифицировать на физические (материальные) и абстрактные (концептуальные). К *абстрактным системам* относятся такие, в которых все элементы являются понятиями.

Рассмотрим кратко классификацию только создаваемых человеком *физических систем*, имеющих цели и функциональное назначение* по наиболее важным признакам. Физические системы делятся по характеру входов и выходов — на вероятностные и детерминированные; связям — на замкнутые и открытые (последние связаны с внешней средой входами и выходами); сложностью организации — на простые, сложные и большие системы, отличающиеся степенью сложности структуры и функционирования. К простым системам относят такие, которые независимо от их масштабности можно описать с помощью детерминированных математических моделей и методов.

Сложные системы имеют: а) сложную структуру с мостиковыми, обратными, стохастическими и другими связями; б) сложное поведение; в) стохастические входы и выходы. Первопричиной их сложности является стохастичность параметров и сложность взаимодействия элементов.

Большие системы обладают теми же признаками, что и СС, но, кроме того, они имеют: цели и системы управления (самоуправления, адаптации); комплекс проблем состязательного и конкурирующего характера; большое разнообразие по возможным связям, функциям и информационным состояниям; крупные размеры; высокую степень автоматизации происходящих в них процессов.

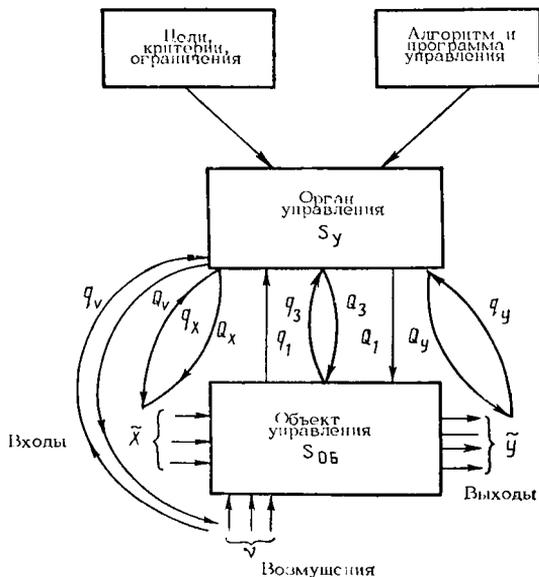
Из множества больших и сложных систем особый интерес вызывают системы с человеком-оператором и коллективами людей, а также технические. Из класса организационных систем выделим основной для данной дисциплины подкласс — организационно-производственных систем (ОПС). В свою очередь ОПС можно разделить на виды: а) производственно-технологические, перерабатывающие потоки материалов и ресурсов, в том числе ГАПы; б) управленческие, перерабатывающие информацию и использующие ее для реализации функций управления; в) информационно-вычислительные (ИВС), собирающие, обрабатывающие и хранящие информацию, а также являющиеся ее производителями и поставщиками.

Сложные кибернетические системы рассматриваются в единстве как объект и орган управления. При комплексной автоматизации ОПС можно рассматривать как СКС и ИВС. Практически все существующие организационные системы, а также живые организмы можно представить в виде кибернетических систем различной сложности. Перечислим важнейшие признаки любой кибернетиче-

* Такие системы, как солнечная, атомно-молекулярные, клеточно-биологические, а также человек как целеустремленная система, в данную классификацию не входят.

Рис. 1.1. Принципиальная схема кибернетической системы:

q_x, q_y, q_3, q_1 — информационные потоки о входах объекта и выходах по каналам обратной связи; Q_x, Q_y, Q_3 — директивные информационные потоки при управлении по входам, структурам и выходам



ской системы (рис. 1.1): наличие объекта $S_{об}$ и органа управления S_y , связанных обратными и прямыми информационными каналами, образующими замкнутые контуры; целей, критериев эффективности K_0 и ограничений; стратегии, плана, алгоритма (инструкции) и программы управления.

При отклонении объекта управления от заданной программы информация по каналам обратной связи поступает от объекта в орган управления. Поступившая информация разрабатывается и сопоставляется с информацией, характеризующей программу (план) достижения цели, определяется рассогласование соответствующих параметров. В управляющем органе вырабатывается и принимается управленческое решение по устранению рассогласований и отклонений, которое в виде управляющих воздействий подается на объект управления (иногда через специальные исполнительные устройства). Наличие всех необходимых признаков кибернетической системы обеспечивает устойчивость их функционирования.

В общем случае в кибернетической системе управление объектом осуществляется по входам \bar{X} и выходам \bar{Y} , по структуре и целям, параметрам внешней среды, если указанные источники информации снабжены специальными средствами сбора, передачи и преобразования информации, а также каналами обратной и прямой связи с объектом управления (см. рис. 1.1). В заключение заметим, что все организационные системы, ОПС, СКС и другие являются динамическими функциональными системами.

1.5. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СЛОЖНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

На принципиальной схеме кибернетической системы (см. рис. 1.1) показано многообразие информационных потоков в зависимости от вида источника информации и соответствующих каналов обратной связи. Здесь изображены также связанные с объектом управления ($S_{об}$) входы \bar{X} и выходы \bar{Y} , представляющие собой ма-

териальные потоки, перерабатываемые объектом. Например, если объектом является завод железобетонных изделий (ЖБИ), то входами $(\bar{X}) = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ являются материалы (щебень, цемент, песок, вода), энергия, люди и другие ресурсы, всего m наименований (имен), и выходами $(\bar{Y}) = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ — панели, колонны и другие изделия, идущие на строительство объектов — всего n наименований (имен). Каждый компонент материального потока характеризуется совокупностью параметров и переменных*, образующих множества информационных признаков, составляющих информационные потоки.

Например, на рис. 1.1 потоки q_x, q_y, q_z, q_1 формируются из документов, содержащих значения параметров, полученных по результатам их измерений в процессе контроля за состоянием входов, выходов и объекта в некоторые моменты времени. Эти потоки являются выходными для объекта $S_{об}$ и входными для органа управления S_y (руководства завода), поступающими в S_y по каналам обратной связи. В результате переработки этой информации в подразделениях управляющего органа принимается решение, которое в виде директивных документов, образующих потоки Q_x, Q_y, Q_z , передается по каналам прямой связи на объект $S_{об}$ и реализуется в виде управляющих воздействий.

Таким образом, формируются контуры управления L_x, L_y, L_z , которые в свою очередь могут быть представлены в виде нескольких подконтуров в зависимости от разбиения потоков информации по периодичности ее поступления (текущая, оперативная); по видам и характеру информации (виды ресурсов, кадры, финансы, материалы), продукции, технологии, оборудования, специализации подразделений предприятия и т. п. Все эти потоки информации в свою очередь можно организовывать и различать по различным количественным и качественным признакам, а также детализировать или укрупнять их при использовании на различных уровнях управленческой иерархии.

Для более детального изучения сложных систем (типа завода) в кибернетическом аспекте можно произвести декомпозицию «черных ящиков» $S_{об}$ и S_y первичной модели (см. рис. 1.1) в виде двух наборов элементарных «черных ящиков» (ЭЧЯ) внутри каждого из них, отражающих основные структурные элементы объекта и органы управления: элементы оборудования производственных линий, механизмов, станков, роботов-манипуляторов, устройства приема и переработки информации, средства и каналы связи и т. п. (в S_y), а также персонал. Взаимодействующие ЭЧЯ в составе $S_{об}$ и S_y соединяются функционально-информационными параметризованными (и при необходимости структурными) связями, образующими локальные специализированные потоки и контуры управления. При

* В динамических производственных процессах функционирования систем их свойства являются функциями переменных и параметров элементов и операций, зависящих от времени. Для простоты будем называть параметрами переменные (аргументы).

этом исходные «черные ящики» $S_{об}$ и S_y «светлеют» и становятся «серыми», так как в них образуются определенные структуры из ЭЧЯ в соответствии с логическими отношениями отображаемых ими элементов кибернетической системы. Например, элементы, работающие в системе по схеме «И», образуют последовательные структуры. Взаимодействие между группами ЭЧЯ может носить весьма сложный характер, так как оно осуществляется через коррелированные стохастические параметры. При этом входами последующего ЭЧЯ являются выходы одного или нескольких предшествующих ЭЧЯ по ходу их совместного функционирования. С учетом изложенного рассмотрим более детально принципиальную схему сложной кибернетической системы типа завода ЖБИ в ДСК (или тресте), осуществляющем поточное возведение строительных объектов (рис. 1.2).

Здесь структуры S_y и $S_{об}$ обоих исходных «черных ящиков» представлены как совокупности структурно связанных ЭЧЯ — микроструктура, отображающая управляющие и производственные подразделения завода, которые в свою очередь связаны элементарными перекрещивающимися информационными контурами (штриховые линии на рис. 1.2). Входы в $S_{об}$ являются выходами из предшествующих ЭЧЯ — складов материалов, а выходы из $S_{об}$ служат входами в строительно-монтажный «черный ящик», в котором ЭЧЯ — отдельные стройки. Орган управления заводом является объектом управления вышестоящего органа (руководства ДСК). Промежуточные «черные ящики» представляют собой транспортные средства и средства механизации производственного процесса, которые могут иметь свой специализированный орган управления ($S_y^{(ч)}$).

Чтобы построить СС и БС, необходимо прежде всего:

1) выявить все необходимые функции и подфункции системы, реализующие поставленные задачи;

2) найти хотя бы один реальный вариант выполнения каждой функции и подфункции, т. е. осуществить подбор соответствующих структурных элементов СС;

3) найти модель или схему для совместного выполнения этих функций и общих целей. При этом редко возникает необходимость в создании совершенно новых компонентов СС. Синтез СС сводится в основном к новым сочетаниям компонентов.

Для успешного анализа и синтеза сложных схем организационно-производственных кибернетических систем целесообразно изучить типы ЭЧЯ как исходных частей, которые будем называть *функциональными стандартными блоками* (ФСБ). Установлено, что число типов исходных ФСБ невелико.

Простейший блок СС имеет три элемента, один вход, одну операцию (элементарный процесс) и один выход (рис. 1.3). Отсутствие входа или выхода превращает его в сток или источник. Сложные типы ФСБ из m входов и n выходов практически являются композицией простейших ФСБ. Таким образом, блоки различных видов можно интерпретировать и по-иному: рассматривать входы и выходы или как энергию, или как объект, или как ресурсы в це-

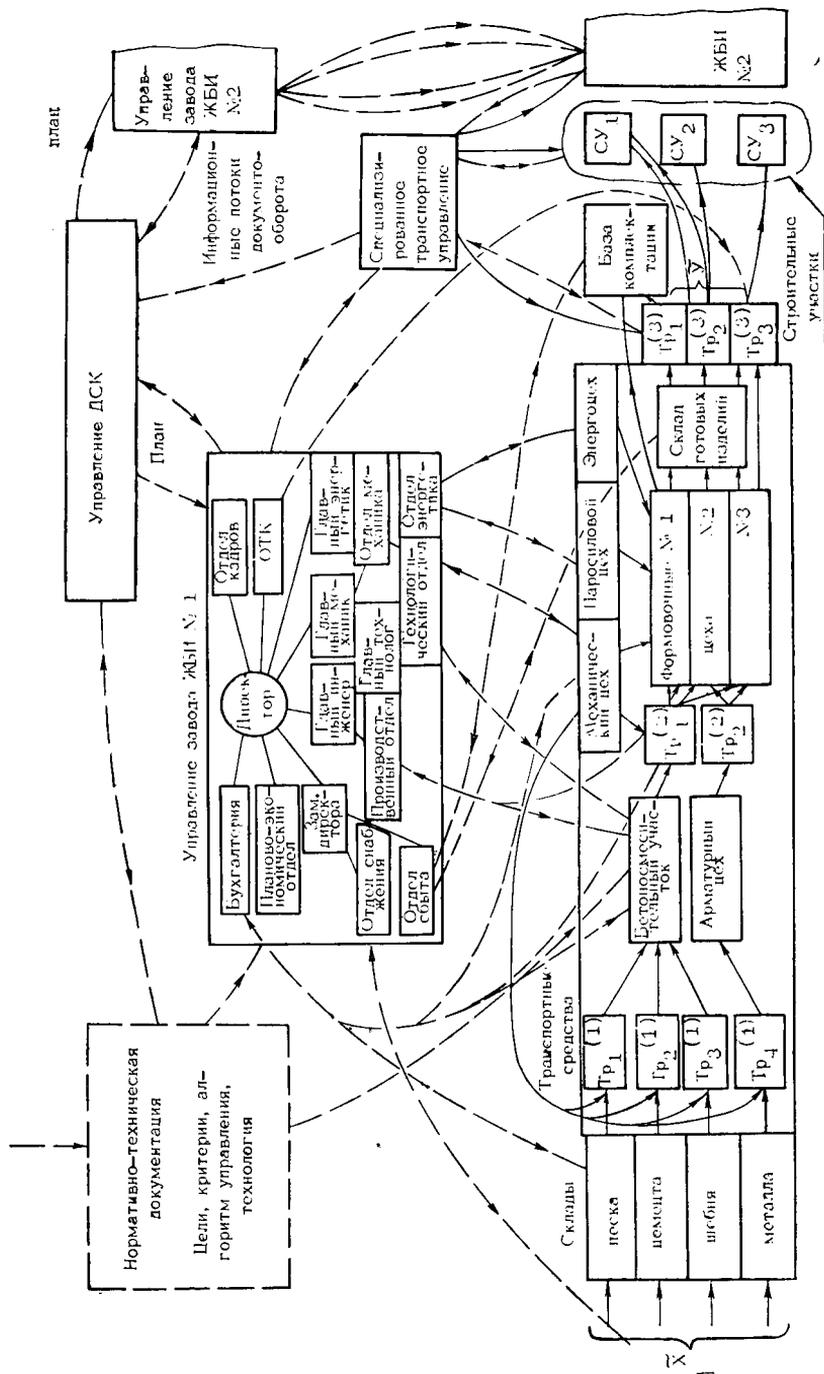


Рис. 1.2. Структурированная схема завода ЖБИ как сложной кибернетической системы

лом, а особенно «ящик» как операцию (процесс) над входом для его изменения. В этом случае блоки отражают различные общие функции: носителя, преобразователя, объединителя, разделителя. Например, носителем энергии является провод, объекта — транспортное средство, информации — перфокарта; объединителем — производственный процесс, конвейер, программа ЭВМ, т. е. эти функции могут осуществляться для объектов, энергии, а также для

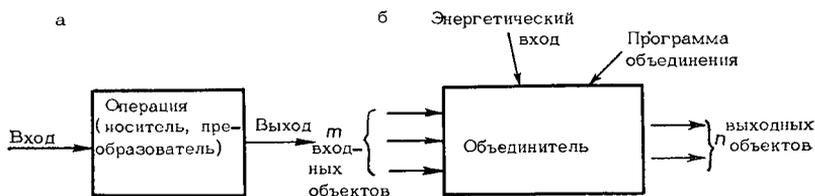


Рис. 1.3. Типы функциональных стандартных блоков

носимой ими информации. На рис. 1.3, а схематично представлены блоки первых двух видов, на рис. 1.3, б — третьего вида. В последнем случае необходима программа объединения и затраты энергии (через энергетический вход).

Целесообразно выделить некоторые специфические виды объединителей, осуществляющие: а) сравнение, например, решений, используемых в управлении, с контрольными величинами; б) установление различия; в) вычисление. Операции сравнения с контрольной величиной — основа измерений и функции контроля в системах управления, особенно в АСУ.

Установление различия и сходства является очень важной формой обработки информации и особенно важной операцией для оценки количества и качества входов. Особенно важное значение имеют блоки различия при автоматическом распознавании образов. При этом вместо программы объединения (рис. 1.3, б) должна быть введена программа различения (например, при поиске нужных массивов информации).

Вычисление — специфическая форма объединения двух входов для получения искомого результата. Например, в ЭВМ реализуются основные арифметические и логические операции объединения. Все возможные логические операции (И, ИЛИ, ЕСЛИ ..., ТО) являются операциями объединения.

Операция разделения и ее разновидность — операция выбора — чрезвычайно распространены в практике производства и управления, например при сортировке объектов, первичной информации и т. п.

Таким образом, при синтезе сложных кибернетических систем используется сравнительно небольшое количество типов ФСБ в ресурсно-энергетическом или информационном аспектах. Однако число различных задач исследования при этом может быть большим. Даже для простейшего ФСБ (рис. 1.3, а), имеющего три элемен-

та — вход, выход, операцию (систему), — существует восемь видов задач (2³), так как каждый элемент может быть задан или не задан. «Дерево» вариантов задач изображено на рис. 1.4.

К постановкам некоторых из этих задач мы вернемся в дальнейшем. Заметим, что первый вариант, кажущийся тривиальным, может представлять интерес и решаться как задача о согласовании

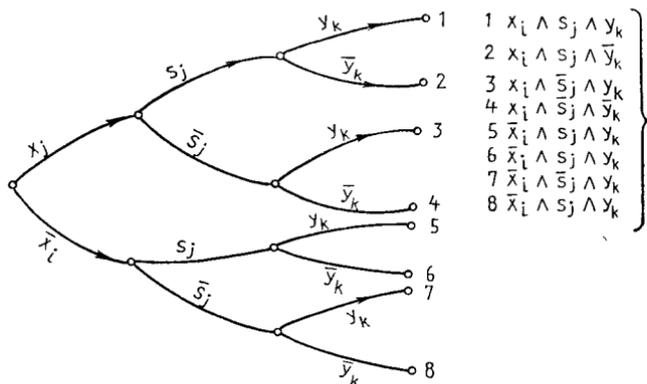


Рис. 1.4. «Дерево» вариантов задач

ресурсов, мощностей предприятий и выпускаемой продукции в изменяющихся условиях внешней среды или с учетом стохастичности отдельных элементов. Входы, выходы и операции могут быть не только благоприятными, но и вредными, например, с экологической точки зрения. Поэтому с учетом этих признаков число задач в элементарной системе возрастает с 8 до 4³ = 64.

1.6. ПРИМЕРЫ АСУ

Познакомимся с некоторыми действующими в различных отраслях и разрабатываемыми системами, которые дают представление о современном уровне развития АСУ в стране (см. табл. 1.1. и 1.2). Разрабатываемая *общегосударственная автоматизированная система сбора и обработки информации* должна явиться взаимосвязанной на принципах организационного, методологического и техниче-

Табл. 1.1. Создание автоматизированных систем управления (в среднем за год)

Автоматизированные системы управления	1966—1970 гг.	1971—1975 гг.	1976—1980 гг.	1981—1985 гг.
АСУ предприятия	30	168	78	80
АСУ технологическими процессами производства	34	113	261	300
АСУ территориальными организациями	12	126	81	90
АСОД (автоматизированные системы обработки данных)	3	22	27	15

Табл. 1.2. Усредненные показатели АСУ, созданных в IX и X пятилетках

Показатели	IX пятилетка	X пятилетка
Научно-технический уровень АСУ, баллы	6,8—7,1	8,0—8,6
Количество подсистем	4—5	6—8
Количество задач в системе	29	35
Затраты на одну АСУ, тыс. руб.	910	794
в том числе предпроизводственные	326	254
Годовой экономический эффект от внедрения АСУ, тыс. руб.	303	462
Коэффициент эффективности капитальных вложений, в том числе:		
АСУП		0,7
АСУТП		0,97
информационно-поисковые системы		1,97
АСУ непромышленных объектов		1,3
Удельный вес выходной информации по уровням управления, %:		
предприятие		58,8
цех		29,6
участок		8,4
рабочее место		3,2
Удельный вес задач по функциям управления, %:		
учетные	44,1	41
анализа, контроля регулирования	4,3	21
планирования, в том числе	35,8	28
оптимизации и прогнозирования	1,5	5,0
инженерные	4,0	7,0
прочие	11,8	3,0
Распределение задач по периодичности решения, %:		
раз в пятилетку		0,5
раз в год		14,1
раз в квартал		15,6
раз в месяц		34,2
раз в декаду		5,3
раз в сутки		21,0
по запросу		8,1
в режиме реального времени		1,05
Количество ЭВМ на одну АСУ		1,05
Количество периферийных технических средств на одну АСУ		16
Удельный вес ЭВМ III поколения, %	11	67
Количество АСУП на базе ВЦКП, %		10—15

ского единства комплексной системой функционирования автоматизированных систем управления центральных общегосударственных органов (Госплана СССР, Госнаба СССР, ЦСУ СССР и др.), АСУ отраслей, республик, объединений, предприятий и организаций. Это не «надстройка» к существующим органам управления и не новый экономический орган, а механизм, обеспечивающий совместную работу многих АСУ. ОГАС позволит всем государственным учреждениям автоматически получать и выдавать через ВЦ своих АСУ необходимую информацию при рассмотрении межотраслевых и межведомственных задач.

Чтобы в ближайшей перспективе обеспечить функционирование первой очереди ОГАС, предусмотрено создание единой государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ) и общегосударственной системы передачи данных (ОГСНД), обработка на этой основе проектных решений и технических средств для обеспечения в ближайшей перспективе функционирования первой очереди ОГАС.

В результате усовершенствования действующих, ввода новых АСУ центральных функциональных органов, а также территориальных АСУ и организации их взаимодействия в XI пятилетке подготовлена платформа к их последовательному объединению в ОГАС. Ввод ОГАС позволит снизить себестоимость хранения и обработки информации в стране в 2—2,5 раза, повысить загрузку ЭВМ на 30 %, ГСВЦ и ОГСЦД на принципах коллективного использования вычислительной техники экономяет в целом по стране 24—26 млрд руб. капитальных вложений на создание индивидуальных вычислительных центров.

Созданы первые очереди автоматизированных систем управления в ряде союзных республик. Сейчас функционирует более 3150 вычислительных центров, свыше 2600 автоматизированных систем управления предприятиями и объединениями (АСУП). В отраслевых АСУ рассчитываются многие варианты годовых и пятилетних планов. Наибольший эффект в этих системах достигается за счет решения оптимизационных задач.

В 1982 г. принята в эксплуатацию вторая очередь АСУ Государственного Комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий. Годовой экономический эффект от ее внедрения за счет снижения себестоимости обработки информации составляет около 300 тыс. руб. В автоматизированной системе обработки информации (АСОИ) Государственного Комитета Совета Министров СССР по ценам (первая очередь) решается 57 задач по расчету и экспертизе преискурантов оптовых цен на продукцию, контролю временных цен на товары народного потребления.

Составной частью АСУ «Сельхоз» является формируемый банк нормативной информации. В систему нормативов войдут и закупочные цены на продукцию земледелия и животноводства, цены и тарифы на потребляемые промышленные продукты, топливно-энергетические ресурсы и услуги отраслей промышленности. Для создания такой системы целесообразно подготовить развернутые методические положения и утвердить комплекс единых расчетных номенклатур потребляемых ресурсов, выпускаемой продукции, видов сельскохозяйственных и других работ, типовых объектов в сельском строительстве. Это позволит при анализе динамики и тенденций изменения удельных показателей эффективности расходования ресурсов шире пользоваться средствами электронно-вычислительной техники.

Уже сейчас в некоторых областях Прибалтики, УССР и РСФСР для нормирования отдельных видов ресурсов и расчетов привлекаются математические методы. Например, в Каргалыкском районе Киевской области работники райсельхозуправления совместно с Институтом народного хозяйства им. Д. С. Коротченко и ЦСУ СССР сформировали массив исходных нормативов и программу расчета на ЭВМ сбалансированных затрат по растениеводству. Нормативные показатели разрабатывались по условным эталонным гектарам, труду и его оплате, горючему, электроэнергии, семенам, удобрениям, ядохимикатам, гербицидам, амортизации, текущему ремонту, страховым платежам и видам работ.

По мере формирования банка нормативной информации АСУ «Сельхоз» удельные показатели потребности в ресурсах все больше будут становиться фундаментом плановых и аналитических расчетов. При этом создаются необходимые условия для внедрения в практику управления сельским хозяйством программно-целевого метода. Конкретные формы его реализации связаны с математическим моделированием сложных агротехнологических и экономических процессов, учитывающих особенности организации и виды сельскохозяйственного производства.

Разработка такого типа экономико-математической модели, отражающей всю совокупность взаимосвязей расширенного воспроизводства сельскохозяйственной продукции, ведется во Всесоюзном научно-исследовательском институте экономики сельского хозяйства. Сделаны первые шаги по применению программно-целевой схемы планирования в практике производственно-хозяйственной деятельности колхозов и совхозов, межхозяйственных предприятий. Руководить хозяйством по-новому легче и эффективнее там, где хорошо налажены учет и планирование опираются на применение нормативных показателей.

АСУ «Морфлот» охватывает управление одной из транспортных отраслей. Эта отрасль активно взаимодействует со многими другими отраслями. Особенности функционирования отрасли являются непрерывный характер производственного процесса, высокая степень изменчивости и непредсказуемости внешних факторов и др. Вероятностный характер многих процессов в отрасли обуславливает

необходимость практически непрерывного корректирования ранее составленных планов, в основном на относительно малые отрезки времени. Перечисленные особенности и ряд других учитываются при разработке структурных функциональных подсистем АСУ «Морфлот».

Структурные подсистемы охватывают уровень министерства (высшее звено), уровень пароходства (среднее звено) и уровень портов и судоремонтных заводов; функциональные (сквозные) задачи, решаемые на всех уровнях системы управления. Научное руководство осуществляет Институт проблем управления Академии наук и Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР. Головным разработчиком выступает научно-исследовательский и проектный институт «Союзморинпроект» Министерства морского флота СССР.

При проектировании АСУ «Морфлот» выдвинут принцип непрерывности оперативного планирования и регулирования работы флота и портов. На АСУ «Морфлот» разработаны техническое задание, эскизный проект, положения по решению важнейших задач, технические задания на создание всех подсистем и решение основных комплексов задач.

АСУ «Морфлот» включает комплексную систему непрерывного планирования, представляющую собой взаимосвязанную по министерству в целом систему. Основой ее служат непрерывные графики работы флота пароходства (НГРФ), непрерывные планы-графики работы портов и судоремонтных заводов. Непрерывные графики призваны обеспечить улучшение использования провозной способности флота и пропускных способностей портов. Достигается это путем повышения качества оперативного планирования и регулирования работы флота, портов и судоремонтных заводов. С внедрением подсистемы появляется возможность предвидеть и оценивать в процессе ведения графиков условия работы судов за пределами времени, охватываемого текущими рейсами: оптимизировать выбор назначения рейсов, маневрировать в условиях меняющейся обстановки, регулировать подачу судов в отдельные порты с учетом прогнозируемой их загрузки.

НГРФ — главный документ, регламентирующий работу каждого судна, хозяйственных эксплуатационных групп судов и деятельности пароходства в целом. Все хозяйственные эксплуатационные группы судов, службы, отделы и подразделения пароходства обязаны строить свою работу по эксплуатации и ремонту флота, обеспечению бесперебойной работы судов (их техническому обслуживанию, снабжению топливом, навигационными материалами, продовольствием), по укомплектованию кадрами, планированию замены экипажей и предоставлению отпусков морякам в строгом соответствии с НГРФ.

Внедрение НГРФ позволяет решать следующие задачи: оперативное (квартальное и месячное) планирование перевозок, осуществляемых транспортным флотом во всех видах плавания; планирование и регулирование движения судов и их обработки в портах; получение информации для составления и выдачи рейсовых заданий судам; составление оперативной отчетности о бюджете времени флота в ходе выполнения плана перевозок отдельными судами, группами судов и пароходства в целом; повседневный контроль и анализ хода выполнения плана перевозок; оперативное регулирование поставок судов на заводской ремонт, контроль за выполнением плана заводского ремонта судов; получение информации для организации технического обслуживания, снабжения судов топливом, навигационными материалами, продовольствием, решения вопросов укомплектования судов кадрами, планирования замены экипажей и предоставления отпусков морякам, организации встреч моряков с семьями. Кроме того, решаются вопросы, связанные с отфрахтовыванием судов для перевозки грузов иностранных фрахтователей.

Первоначально составленный НГРФ в последующем ведется непрерывно. В настоящее время подсистема НГРФ внедрена в Балтийском и Черноморском морских пароходствах. С помощью НГРФ оперативно планируется и регулируется работа морских судов пароходства на срок до 120 дней. В качестве технических средств в системе используется ЭВМ серии ЕС (ЕС-1040) и сеть видеотерминалов, расположенных в производственных подразделениях пароходства и позволяющих работать с системой в диалоговом режиме. Базовым (системным) программным обеспечением в данной системе служат операционная система ОС ЕС и система управления банком данных ИНЭС-2М.

АСУ железнодорожного транспорта содержит комплекс задач «Учет отказов устройств сигнализации, централизации и блокировки», решаемых в АСУ, типич-

ных для большинства учетных систем с перспективным анализом. Входная информация поступает по телеграфным каналам связи, ее объем и частота неустойчивы. Перфоленты имеют установленный формат, не подлежащий изменению. Разнообразная справочная информация занимает значительный объем. Частота обновления невелика. Выходная информация имеет отчетную периодичность (ежедневную, месячную, квартальную, годовую). Общее количество выходных форм достигает 200.

АСУ «Сирена» — первая в стране автоматизированная система управления продажей билетов, бронирования мест на авиалиниях. Она разработана коллективами Института проблем управления, Научно-исследовательского института управляющих вычислительных машин, Центрального научно-исследовательского института комплексной автоматизации Минприбора СССР совместно с коллективами Главгосагентства воздушных сообщений Министерства авиации СССР.

Система позволила максимально автоматизировать наиболее массовые операции при определении реализации мест, что более чем в 2 раза ускорило продажу билетов, существенно повысило культуру обслуживания пассажиров, привело к значительной экономии их времени. Общий экономический эффект от внедрения системы составил 3,12 млн руб. в год.

Центр обработки данных, первоначально реализованный на ЭВМ второго поколения, в 1982 г. модернизирован с использованием малых ЭВМ третьего поколения. Специально разработанная операционная система реального времени позволила значительно расширить объемно-функциональные характеристики системы, доведя их производительность до такого уровня, который обеспечивает обслуживание до 20 млн пассажиров в год.

Взаимодействие кассиров и операторов различных технологических служб системы с центром обработки данных осуществляется с помощью серийных видеотерминальных устройств, оснащенных печатающими устройствами. Видеотерминальные устройства установлены в Москве и в 46 городах страны от Владивостока до Тбилиси. Сеть связи, первоначально имевшая радиальную структуру, в настоящее время перестраивается на базе использования разработанных в Институте проблем управления узлов коммутации сообщений. Применение таких узлов позволяет за счет оптимизации структуры сети связи значительно сократить ее стоимость.

С 1981 г. начинают вступать в строй центры обработки, расположенные в различных городах страны. Уже действуют центры системы «Сирена» в Ростове-на-Дону и Риге. В XI пятилетке планируется ввести в эксплуатацию 8 центров, которые будут взаимодействовать между собой с помощью сети связи, образуя общесоюзную автоматизированную систему управления продажей билетов и бронированием мест на авиалиниях. С вводом в строй центров общее число видеотерминальных устройств, взаимодействующих с системой, превысит 1000 шт., что позволит обслуживать более 35 млн пассажиров, вылетающих из 100 городов страны.

Целью внедрения *АСУ «Автовокзал»* является повышение эффективности управления и качества обслуживания пассажиров в результате сокращения времени, затрачиваемого на приобретение билетов, и улучшение сервисного и информационного обслуживания пассажиров. В результате внедрения *АСУ «Автовокзал»* часть функций, выполняемых ранее в подразделениях вокзала вручную, автоматизирована.

Функции, подлежащие автоматизации, следующие: продажа билетов, получение справок о наличии свободных мест на данный рейс, составление всевозможных ведомостей и отчетов о работе различных служб, связанных с работой автовокзала, создание информационного табло наличия свободных мест по рейсам на данный и последующий дни в автоматизированном режиме.

АСУ «Обмен» (Москва) решает следующие задачи: выпуск на ЭВМ бюллетеня по обмену жилыми помещениями, подбор прямых вариантов обмена, выдача справок о наличии предложений, удовлетворяющих спрос клиента. Входным документом в систему является карточка по обмену жилыми помещениями. Она заполняется инспектором бюро обмена при предъявлении паспорта квартиросъемщика и квитанции об уплате посреднических услуг. Клиент, обратившийся в бюро обмена, по своему усмотрению может выбрать любую из предлагаемых бюро обмена услуг или несколько из них. Это может быть взятие клиента на учет в

ручную и автоматизированную картотеку, публикация объявления в бюллетене, подбор прямых вариантов обмена, выдача справок о наличии предложений, удовлетворяющих спрос клиента.

Информация с карточки по обмену жилыми помещениями вводится в ЭВМ, а сама карточка помещается в ручную картотеку. Первая используется для создания автоматизированной картотеки в памяти ЭВМ. В эту картотеку постоянно добавляется информация о клиентах, совершивших обмен или вышедших из системы по истечении срока обслуживания. Все дальнейшие операции по выпуску бюллетеня, подбора прямых вариантов обмена, выбора справок по запросам выполняются ЭВМ на основе данных автоматизированной картотеки. Для выпуска бюллетеня ЭВМ выбирает из автоматизированной картотеки данные о площадях, предлагаемых клиентами к обмену и спросу, организует из них группы обмена, составляет текст объявления, редактирует его и размещает на странице бюллетеня. Обработанная таким образом информация записывается на магнитную ленту, которая передается в типографию, где с нее методом фотонабора печатается тираж бюллетеня. Благодаря такой беззаборной технологии удалось увеличить более чем в 1,5 раза число объявлений в одном номере бюллетеня, довести количество выпускаемых номеров в год до 104 вместо 60, сократить срок ожидания выхода объявления в среднем с трех месяцев до трех недель.

Для подбора прямых вариантов обмена ЭВМ просматривает все разделы автоматизированной картотеки, где могут быть предложения, удовлетворяющие спрос клиента и входящие в соответствующую группу прямого варианта обмена. Из этих предложений выбираются такие, для которых подбирается прямой вариант обмена. По выбранным предложениям для каждого клиента, заказавшего справку по прямому варианту обмена, составляется ее текст. Он редактируется и печатается на ЭВМ. Заказав справку, клиент получает полную информацию о наличии для себя прямых вариантов обмена. Максимальное число прямых вариантов, подбираемых с помощью ЭВМ, определяется самим клиентом, заказывающим справку. Оно может быть ограничено пятью, десятью, двадцатью или не ограничено. При этом минимальное количество прямых вариантов обмена в справке определяется их действительным наличием в системе. Подбор прямых вариантов обмена с помощью ЭВМ позволяет освободить клиента от трудоемкого поиска в ручной картотеке.

Выдача справок о предложениях, соответствующих спросу клиента, вне зависимости от того, по какому из вариантов обмена представлены данные площади, позволяет клиенту или инспектору бюро обмена с помощью последовательно заказываемых справок подобрать многократные варианты обмена. Эта функция автоматизированной системы намного расширяет существовавшие ранее возможности. Такая справка позволяет ответить на вопрос, существует ли в системе обмена в данный момент времени площадь, идеально удовлетворяющая спрос клиента, и что требуется взамен для ее владельца. Она помогает клиенту правильно оценить свои притязания, и если они не превышают возможности, подобрать себе по таким справкам многократный вариант обмена.

АСУ «Издательство» характеризуется наличием малого количества входных и большого количества выходных документов. Последние представляют собой различные аналитические таблицы, содержащие информацию по республиканским издательствам. В качестве основного входного документа используется «Информационный бланк», в котором имеется полная характеристика рукописи, подготавливаемой к выпуску. Остальные входные документы являются корректирующими и дополняющими «Информационный бланк».

Подсистема «Абитуриент АСУ ВУЗ» представляет собой совокупность ручных и автоматизированных процедур обработки данных приемной комиссии на этапах приема документов, проведения вступительных экзаменов и зачисления на первый курс института. Пакет прикладных программ подсистемы «Абитуриент» обеспечивает автоматизацию большинства видов деятельности технического персонала приемной комиссии и подготовку проектов основных решений руководства института в ходе проведения приемной кампании. В рамках функционирования системы решаются следующие задачи: учет и анализ контингента абитуриентов; подготовка технической документации для сотрудников приемной комиссии; учет и анализ фонда задач, предлагаемых на вступительных экзаменах; проведение вступительных экзаменов с помощью ЭВМ, включающее формирование вариантов

и проверку письменных работ абитуриентов; автоматизированное зачисление на первый курс института; обеспечение сотрудников приемной комиссии требуемыми справками об абитуриентах.

Классификатор предприятий и организаций используется в работе аппарата управления министерства, когда возникает необходимость в выполнении поисковых операций по определению объектов или группы объектов по некоторой совокупности их признаков. Такие операции реализуются по множеству предприятий и организаций отрасли. По краткому наименованию объекта надо определить, в какой республике он расположен, к какому промышленному объединению он относится, строящийся это объект или действующий и т. п. Классификатор предприятий и организаций министерства содержит все предприятия и организации и некоторые их характеристики.

С помощью *информационно-поисковой системы (ИПС) «Анализ отказов»* по результатам испытаний и эксплуатации оценивается качество выпускаемой продукции. Она позволяет автоматизировать процесс обработки результатов испытаний. Разработка системы в полном объеме будет способствовать автоматизации всего процесса отчетности, ведению оперативного учета проводимых предприятием испытаний изделий, автоматизации отчетности ОТК. Задачи, решаемые на базе ИПС, можно ориентировочно разделить следующим образом: сводки отказов изделий (выборка при различных условиях); анализ отказов по реквизитам в различных аспектах; анализ отказов в ретроспективе; статистический анализ исполненности в ходе исследования причин отказов; сводки изделий, находящихся на испытаниях; совместный анализ распределения отказов и испытаний в различных разрезах.

Подсистема «Управление службой контрольно-измерительных приборов и аппаратов» охватывает следующие функции управления: учет средств контрольно-измерительных приборов и аппаратов на предприятии по типам, видам измерения и поверки, структурной принадлежности в натуральном и стоимостном выражении; учет поступления новых средств контрольно-измерительных приборов и аппаратов на баланс технологических цехов; учет резервных и запасных приборов в цехах предприятия; оптимальное планирование ремонтных и поверочных работ; планирование потребности в новых средствах измерения, регулирования и диаграммной бумаге; отчетность о выполнении ремонтных и поверочных работ; расчет статистических оценок надежности работы средств контрольно-измерительных приборов и аппаратов и корректировка норм их эксплуатации; прогнозирование состояния службы по техническим и экономическим показателям. Реализация перечисленных функций управления достигается решением 22 расчетных задач.

В прошлой пятилетке планировалось завершить первый этап создания *Государственной автоматизированной системы научно-технической информации (ГАСНТИ)* и сдать в эксплуатацию сеть автоматизированных информационных центров, охватывающих всесоюзные институты информации и информационные центры таких ведущих отраслей, как энергетика, химия, приборостроение, электротехника, строительство и сельское хозяйство в шести союзных республиках — РСФСР, Украине, Белоруссии, Казахстане, Азербайджане, Армении. При этом органы научно-технической информации, участвующие в решении данной проблемы, оснащаются ЭВМ единой серии и современной передающей аппаратурой.

Информационная совместимость автоматизированных систем обеспечивается на базе единой магнитно-ленточной службы и распространения первоисточника на носителях. Особое внимание уделено телефонным (для поиска в базах данных) и телеграфным (для запросов первоисточников) сетям. В 1981—1982 гг. в основном завершены проектирование и техническое оснащение таких информационных центров. Многие из них в режиме опытной эксплуатации перешли к формированию абонентских систем удаленного доступа пользователей к банкам данных. В конце 1982 г. межведомственная комиссия приняла в опытную эксплуатацию абонентскую систему обслуживания Всесоюзного научно-технического информационного центра (ВНТИЦ). Она уже оказывает услуги абонентам Ленинграда, Киева, Минска, Таллина, Еревана, Алма-Аты, Иркутска. В текущем году будет завершено подключение к ней остальных столиц союзных республик и крупных областных центров. В этом случае появится возможность в любом конце страны найти и получить в течение 10 дней копии отчетов о научно-исследователь-

ских и опытно-конструкторских работах или диссертациях, полный фонд которых хранится во ВНТИЦ.

Информационно-вычислительная сеть по общественным наукам внедряется под руководством Института информации по общественным наукам (ИНИОН). Здесь совместно с центром академии наук Белорусской, Латвийской и Эстонской ССР проведены интересные работы по организации удаленного доступа к базам данных по экономике, философии, современной истории, социологии и демографии. Причем речь идет не об экспериментах, а о реальном удовлетворении запросов конкретных потребителей. Кроме того, ИНИОН совместно с Институтом технической кибернетики АН Белорусской ССР опробовал режим передачи по телефонному каналу связи факсимильных изображений — полных текстов статей или других документов, что открывает новые возможности обеспечения их копиями абонентов, находящихся за тысячи километров.

Принципиально важные результаты в разработке и внедрении сетевых методов доступа к базам данных по естественным наукам и технике с локальных и удаленных терминалов пользователей достигнуты во Всесоюзном институте научной и технической информации (ВИНИТИ). Кроме создания абонентской сети теледоступа, которая в настоящее время охватывает 11 ведущих институтов и научных центров Академии наук СССР, в ВИНИТИ решен ряд общесистемных вопросов построения сети автоматизированных центров страны и создания распределенного банка данных и документов по научно-технической информации. На этой основе в государственной системе информации будут использоваться возможности создаваемой в академиях наук СССР и союзных республик информационно-вычислительной сети коллективного пользования.

В настоящее время формируется *централизованный автоматизированный банк данных по естественным наукам и технике, строительству, сельскому хозяйству и медицине*. Уже в 1983 г. он начал обслуживать не только советских, но и зарубежных клиентов, главным образом из стран СЭВ. Сейчас ведущие органы информации страны активно приступили к промышленному освоению диалоговых методов доступа к автоматизированным базам данных.

Создание баз данных по различным видам научно-технической информации является не только важнейшим условием внедрения сетевой технологии информационного обслуживания, но и определяющим этапом перехода органов информации на ресурс- и материалосберегающие, высокоэффективные автоматизированные методы работы. Как показывает опыт обмена информацией на магнитных лентах, накопленный в течение 1981—1982 гг., такой способ обеспечивает значительную экономию затрат при вводе информации в автоматизированные системы. Появляются реальные предпосылки для формирования распределенного автоматизированного банка данных по различным видам и тематике опубликованных и неопубликованных документов с учетом информационных потребностей различных отраслей и регионов.

Анализ и проверки функционирования автоматизированных информационных систем в 1986—1987 гг. показывают, что хорошо эксплуатируются автоматизированные системы научно-технической информации (АСНТИ) по общественным наукам (Академия наук СССР) и по патентной информации (Госкомизобретения), а также отраслевые системы в Министерстве нефтяной промышленности СССР, Министерстве энергетики и электрификации СССР, Министерстве здравоохранения СССР, республиканские АСНТИ в Белоруссии, Эстонии и в других регионах страны.

Значительные резервы повышения качества работы отраслевых и республиканских систем научно-технической информации заключены в развитии их взаимодействия и кооперации, в сборе, обработке и распространении данных. В программе это направление отражено в заданиях, связанных с созданием тематических и региональных объединений АСНТИ.

Объединение АСНТИ позволяет без дополнительных трудовых и капитальных затрат не только резко увеличить объем и расширить тематику и виды обрабатываемой информации, но и масштабы информационного обслуживания за счет абонентов тематически связанных отраслей (например, 10 строительных министерств) и соседних регионов.

Программно-информационное обеспечение бригадной организации труда внедрено на головном заводе вильнюсского производственного объединения «Сигма».

Данную АСУП предусмотрено дополнить 24 задачами по 5 подсистемам для бригад: управление технической подготовки производства, технико-экономическое планирование, оперативное управление основным производством, материально-техническое снабжение, управление качеством. Каждая бригада теперь зарегистрирована в отделе стандартизации завода, и изменение номеров может производиться только в официальном порядке. Данные о бригадах тут же передаются на ИВЦ.

Создание первой подсистемы началось с закрепления деталь-операций за бригадами, на основе чего банк данных был дополнен новыми реквизитами. Разработана задача «Выполнение расчетов и подготовка информации для определения номенклатуры изготавливаемых деталей, сборочных единиц по бригаде», при этом выдается информация о номенклатуре деталей по каждой бригаде. Параллельно можно решать вопросы формирования по бригадам состава изделий по укрупненной номенклатуре. Укрупненная номенклатура, как правило, имеется в сборочных цехах, где сборочные единицы связаны по конструкторско-технологическому признаку.

Основная задача подсистемы технико-экономического планирования — это определение производственной программы бригады на год с разбивкой по кварталам, на базе которой определяется необходимая производственная мощность и выводится коэффициент загрузки. В случае невозможности развития производственных мощностей уточняется прикрепленная номенклатура и производится повторное решение — корректировка плановой производственной программы.

Плановая производственная мощность бригады служит критерием для разработки организационно-технических мероприятий, изменения плановой численности бригады, определения напряженности месячных планов и оценки их выполнения. В данной подсистеме ведется расчет коэффициентов ритмичности и выполнения плана бригады в нормо-часах.

Дополнение банка данных сведениями о бригадах-изготовителях дает возможность формировать бригадные календарно-плановые нормативы. С помощью подсистемы оперативного управления основным производством решаются задачи перехода от поучасткового планирования к составлению оперативных планов непосредственно в бригадах. Месячные планы по номенклатуре для бригад рассчитываются механизированным путем на основе циклов производства и опережения запуска, исходя из выпуска готового изделия. С помощью номенклатурных планов производства определяются объемы плановых заданий бригад в нормо-часах в стоимостном выражении. Полученные данные сравниваются с плановой производственной мощностью бригады. На базе бригадных календарно-плановых нормативов на ИВЦ выдаются маршрутные карты для запуска деталей в производство, формируются комплектующие ведомости для бригад сборочных цехов.

2. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ АСУ

2.1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУ

Накопленный опыт создания АСУ в различных отраслях народного хозяйства дал существенные положительные результаты и вместе с тем вскрыл немало серьезных недостатков принципиального характера, связанных с эмпирическим подходом к построению первых АСУ.

Новизна и необычность АСУ, огромная масштабность и сложность, большая стоимость, трудоемкость и продолжительность работ, многоплановость возникающих в процессе ее построения проблем требуют регламентации и упорядочения этого процесса в соответствии с определенной системой принципов построения АСУ. Эти принципы можно рассматривать как наиболее общие требования к АСУ.

Для АСУ организационного типа принципы построения сформулированы и достаточно полно описаны В. М. Глушковым. Для АСУТП такие принципы предстоит еще разработать.

Проанализируем лишь основные принципы построения АСУ, уделив внимание их ранжированию, упорядочению и взаимосвязи. В связи с тем что принципы построения систем рассматриваются как своеобразные методологические требования при их синтезе, они в определенных аспектах будут расширены.

Доминирующим принципом построения АСУ, наиболее полно отражающим ее сущность, будем считать принцип системного подхода к проектированию. Сущность этого принципа состоит в том, что проектирование АСУ должно основываться на системном анализе как объекта, так и органа управления в процессе их совместного функционирования. При этом выявляется весь комплекс вопросов во всех аспектах (экономическом, технологическом, организационном) и по всем видам функциональных и обеспечивающих подсистем, которые рассматриваются во взаимосвязи.

Заметим, что при построении АСУ очень важный и распространенный в организации производства и сетевом планировании управления принцип «узких мест» утратил свою значимость в значительной мере в связи с тем, что при создании АСУ должны решаться не отдельные задачи и расширяться не отдельные «узкие места», а целые комплексы, связанные с коренной перестройкой всей традиционной управляющей системы, видов обеспечения АСУ, доку-

ментооборота, с системным рассмотрением комплексов задач в подсистемах. Принцип «узких мест» не следует полностью игнорировать, он может быть использован в рамках этого подхода.

Принцип системного подхода должен проявляться также и при разработке различных видов обеспечения. В математическом обеспечении он выражается наличием совокупности взаимосвязанных моделей: а) общих, имитирующих функционирование АСУ (объекта или органа управления или обоих вместе); б) частных, вскрывающих отдельные стороны и задачи в АСУ. В связи с этим модели, разрабатываемые для решения оптимизационных задач, следует рассматривать как субоптимизационные.

В программном обеспечении системный подход выражается в единообразной структуре его построения, программной совместимости, наличии операционных систем, стандартизации программ, использовании пакетов прикладных программ, их типовых свойств и модульности.

В техническом обеспечении системность подхода предусматривает применение взаимосвязанных по различным каналам совместимых ЕС и СМ ЭВМ и построенных по модульному принципу, а также периферийных устройств, сопрягаемых с ними.

В информационном обеспечении системный принцип отображается в частных принципах автоматизации документооборота в единстве информационной базы, единой системе классификации и кодирования технико-экономической информации, в использовании унифицированной системы документации.

В связи с реализацией системного подхода большое значение имеют выбор и обоснование системы согласованных критериев, определяющих эффект от деятельности людей и коллективов в условиях АСУ, а также направленность, полнота, своевременность организационно-управляющих и стимулирующих мероприятий при функционировании объектов АСУ. В литературе приводится ряд примеров противоречивости и несогласованности критериев в органах управления различных уровней и производственных предприятий.

С принципом системного подхода непосредственно связаны другие принципы: новых задач; первого руководителя; человеко-машинный; разумной типизации; непрерывного развития системы; совместимости; автоматизации документооборота; единства информационной базы. К ним надо добавить также принципы экономической целесообразности, высокой эффективности и надежности, адаптивности, помехоустойчивости и помехозащищенности и др.

Принцип новых задач означает, что в условиях АСУ не следует стремиться автоматизировать в первую очередь сложившиеся традиционные задачи и методы управления, а искать такие задачи и ставить их в такой постановке, при решении которых благодаря наличию вычислительной техники с ее высокой производительностью по переработке информации и другими возможностями достигается полнота, своевременность и оптимальность решений, сле-

довательно, обеспечивается высокая эффективность АСУ. В соответствии с этими возможностями должны пересматриваться организационная структура, принципы и метод управления организациями. Этот принцип требует проведения тщательного анализа управленческих задач и функций, выявления при этом потерь, происходящих в объектах управления (простой, нерациональная загрузка оборудования и т. п.). В соответствии с результатами системного анализа организации должен быть выявлен перечень задач, не решаемых или ограниченно решаемых ранее (без АСУ) примитивными методами.

Зачастую многие задачи оптимизационного типа, известные ранее, еще ждут своего решения в связи с ожидаемым внедрением новых технических средств, реализующих, например, режим диалога, специальные языки моделирования на ЭВМ (СИМУЛА-67, ЛИСП и т. д.), а также из-за отсутствия достаточно развитых моделей и адекватных математических методов.

Действие принципа новых задач распространяется на все функции управления, включая рутинные задачи учета, которые поставляют необходимую исходную информацию для решения сложных задач планирования и оперативного управления в оптимальные периоды с учетом своевременной коррекции информационных массивов. Особенно существенно, что разработанные модели оптимизационных задач должны показывать, какая учетная информация в АСУ может содержаться и возобновляться с той или иной циклическостью. В этом проявляется черта системности принципа новых задач.

Для различных типов и условий их функционирования существуют наборы наиболее эффективных задач оптимизационного типа. В строительных организациях к таким задачам относятся задачи технической подготовки производства (например, комплектации ЖБИ), текущего планирования и др.

В ОАСУ к числу наиболее важных задач оптимизации относят: составление производственного плана предприятия, составление расписания сроков поставок ресурсов и изделий и управления поставками, прогнозирование и развитие отраслей и др.

Реализация системного принципа и принципа новых задач для своевременности их постановки, решения и внедрения результатов, формирование функциональных и обеспечивающих подсистем при создании АСУ немыслимы без непосредственного руководства соответствующими мероприятиями со стороны первого руководителя. Опыт показывает, что даже при решении комплексов частных задач АСУ самоустранение руководителя организации от их разработки и внедрения часто приводит к перерасходу средств, затягиванию сроков ввода, подмене их другими, менее эффективными задачами, срыву и выхолащиванию организационно-технических мероприятий, направленных на перестройку существующей системы управления, устранение дублирования, перестройку коллективов и формирование новой социологической среды в аппарате управления.

Принцип первого руководителя состоит в том, что он, глубоко понимая сущность и важность АСУ в целом, а также ее подсистем и задач, разумно взвешивает возможности вычислительной техники, сроки и качество разработок АСУ и блоков задач, непосредственно вникает и руководит перестройкой существующей организационной структуры в условиях АСУ с учетом перспектив и многоэтапности ее развития, перераспределением функций и задач коллективов и ведущих исполнителей, их обучением, формированием нового отношения людей к своим задачам и стилю работы.

Человеко-машинный принцип тесно связан с предыдущим принципом и заключается в необходимости сочетания и тесного взаимодействия аппарата управления с комплексом технических средств (КТС) и банками данных в АСУ и в связи с этим с реализацией диалогового режима управления в АСУ с использованием автоматизированных рабочих мест и терминалов. По мере разработки и углубления оптимизационных задач, рационализации алгоритмов, появления новых поколений ЭВМ и решения проблем искусственного интеллекта все большая доля задач управления должна переходить в класс обыденно-рутинных, алгоритмизируемых, способствуя тем самым дальнейшему, все более глубокому проникновению человека в область формализации управленческих проблем и пониманию механизмов выработки и принятия управленческих решений руководителем в сложных и критических ситуациях. Человеко-машинный принцип — это по существу принцип запрета на разработку полностью автоматических систем организационного управления в отрыве от оценки возможностей техники и вместе с тем принцип гармонического сочетания в АСУ возможностей человеческого интеллекта и все более совершенствующихся КТС и ИВС, а также эволюционный переход на человеко-машинные методы управления.

Принцип типовых проектных решений (ТПР) при разработке АСУ формулировался ранее как принцип максимальной типизации — создания ТПР во всех подсистемах АСУ, особенно в части технического, программного и математического обеспечения, пригодных для многих заказчиков АСУ. Это должно привести к экономии средств и ускорению создания и внедрения многочисленных АСУ в народное хозяйство и строительство.

Однако жесткая типизация, насаждаемая без учета специфических особенностей организаций и объектов управления, может привести к противоречию с принципом новых задач и оптимальных решений. Оказалось, что приспособливание ТПР к конкретным условиям зачастую требует много усилий, средств и времени, сопоставляемых с разработкой специальных блоков программ. Поэтому типизация разработок в области АСУ должна быть разумной, с возможным учетом решений уже полученных ранее при разработке других систем и подобных задач. Различные подсистемы и виды обеспечения АСУ имеют различный уровень типизации. Он наиболее высок для КТС и внутреннего программного обеспечения. Счи-

тается, что разумный набор ТПР в АСУ позволит существенно снизить трудоемкость разработки АСУ, особенно высоких уровней управления, достигающую нескольких тысяч человеко-лет. Однако к этому вопросу нужно подходить осмотрительно, учитывая, что процесс построения АСУ в высшей степени творческий, а само понятие степени типизации относительно и нуждается в дальнейшем обсуждении.

Это связано также с тем, что в ходе современной НТР идет непрерывное бурное развитие науки и техники, а следовательно, методов и средств исследования проблем синтеза БС, в том числе АСУ и проблем управления. Поэтому в ТПР АСУ могут оказаться морально устаревшие проектные решения, необдуманное использование которых может принести вред.

В связи с этим принцип разумной типизации должен рассматриваться, на наш взгляд, в тесном единстве с принципом *обеспечения непрерывного гибкого развития АСУ*, ее частей и подсистем. Последний требует такого гибкого построения АСУ, чтобы в ее структуре без существенных потерь ресурсов и задержек могли быть модернизированы и доработаны информационная база, КТС и различные функциональные подсистемы. Предпосылкой такой гибкости и адаптивности АСУ является разработка глобальных моделей, отражающих совместное функционирование органа и объектов управления, и в связи с этим разработка дедуктивных путей построения АСУ.

Принцип совместимости состоит в учете всеобщей совместимости всех элементов и связей, входящих в структуру АСУ. Не случайно в литературе предусматриваются формулировки технической, программной, математической, информационной совместимости — по видам обеспечения АСУ. Например, программная совместимость АСУ заключается в возможности использования единых программ в АСУ различных уровней и различного функционального назначения. Понимая под совместимостью взаимную бинарную пригодность и совместную работоспособность объектов и средств в АСУ, можно также говорить о совместимости людей и техники в АСУ в эргономическом смысле, о психофизиологической совместимости людей в коллективах, технико-экономической и чисто технической совместимости вычислительной техники, например ЭВМ, каналов связи, устройств ввода-вывода (по пропускной способности, интерфейсу и т. п.). Очевидно, что реализация требований по совместимости в значительной степени обуславливает возможности реализации других принципов.

Без выполнения в АСУ требований совместимости нельзя обеспечить достаточно высоких уровней их эффективности, надежности, а также трудно говорить об экономической целесообразности.

В части построения информационного обеспечения АСУ непосредственным следствием принципа системного подхода являются хорошо известные *принципы автоматизации документооборота и единства информационной базы*. Суть первого состоит в том, что весь поток документов, которыми обмениваются орган и объект

управления в условиях АСУ, проходит через ИВС (или ВЦ). Необходимые сведения и справки об объекте управления управленческий аппарат получает из ВЦ по запросам. В виде выходных документов, распечатанных на АЦПУ, представляются также решения тех или иных управленческих задач с установленной периодичностью. Непосредственное использование ЭВМ аппаратом управления для решения отдельных задач управления (в режиме «микрокалькулятора») вне связи с объектом является не правилом, как в первые годы создания АСУ, а исключением. При таком режиме работы ВЦ аппарат управления имеет возможность творческой деятельности в системном анализе систем и объектов, более четкой постановке целей и задач, построении динамических моделей процессов их функционирования, выборе критериев эффективности и путей их достижения в условиях АСУ.

Принцип единства информационной базы исключает неоправданное дублирование информации, имевшее место при построении АСУ в виде комплекса разобщенных задач. В этом случае обеспечивается возможность формирования базы данных, подчиненной определенным логическим взаимосвязям, отражающим объекты или процессы во всей сложности и многообразии их свойств, признаков.

На других принципах построения АСУ, имеющих более частный характер и очевидный смысл, здесь останавливаться не будем.

Так как на уровне АСУТП большое значение имеет технико-технологический и аппаратный аспект АСУТП, а задачи оптимального управления и планирования являются более определенными (локальными), то принцип системного подхода в значительной степени выражается в комплексности автоматизации объекта и органа управления, а также в формировании интеграционной АСУ, объединяющей АСУТП с АСУП, а принцип новых задач конкретизируется и дополняется требованием включения в рассмотрение задач адаптационного управления и учета в задачах вероятностной природы входов и внешних условий. По-видимому, принцип разумной типизации в АСУТП сохраняет свою значимость в большей степени, чем в АСУ организационного типа, а принцип непрерывного развития теряет ее. При этом отпадает принцип автоматизации документооборота.

В связи с интеграцией вопросы совместимости, гибкости, блочности в АСУТП в составе АСУП будут иметь важное значение и специфическую форму реализации.

Так как основные источники эффективности АСУ находятся в сфере действия производственных процессов и управления ими, то возрастают значимость требований и принципов обеспечения высокой надежности, эффективности, ритмичности, помехоустойчивости процессов, точности и информационной достоверности используемого оборудования датчиков и КТС, а также требования к адекватности моделей, отражающих процессы функционирования и формирующих исходные данные для информационного обеспечения АСУТП.

2.2. ОСНОВНЫЕ СТАДИИ СОЗДАНИЯ АСУ

Независимо от назначения конкретной АСУ существуют типовая последовательность стадий (этапов) разработки и внедрения систем и общие рекомендации по организационному обеспечению, регламентируемые общетраслевыми руководящими методическими материалами (ОРММ) по созданию АСУ.

В ОРММ устанавливаются следующие этапы создания АСУ: предпроектный анализ, включающий обследование предприятия и разработку технического задания (ТЗ) на проектирование; разработка технического проекта (ТП); разработка рабочего проекта (РП); ввод в эксплуатацию.

Можно отметить ряд принципиальных особенностей проектирования и внедрения АСУ (наряду с обычной последовательностью стадий создания любой новой системы):

проектирование АСУ ведется для конкретного предприятия, а техническая система чаще всего достаточно универсальна и предназначена не для одного конкретного пользователя;

АСУ создается в единственном экземпляре, что исключает возможность проведения натуральных испытаний и, следовательно, повышает роль математических методов (аналитических и имитационных) на этапе системного проектирования;

при проектировании закладывается возможность дальнейшего развития АСУ, т. е. предусматривается возможность постепенного добавления новых функций, что еще больше усиливает роль первых этапов проектирования, когда тщательно прорабатывается перспективное сопряжение функционирующей части АСУ с последующими очередями ее развития;

ввод в эксплуатацию АСУ производится поэтапно — от решения отдельных задач первой очереди, часто незначительных по объему, и дублирующих задач, решаемых в существующей системе управления предприятием, к дальнейшему наращиванию функциональных возможностей подсистем АСУ в течение ряда лет эксплуатации;

значительное количество решений в АСУ принимается человеком, этим вызывается необходимость при проектировании предусматривать переработку информации людьми, т. е. учитывать взаимодействие в системе человек — техника;

при создании АСУ важно учитывать, что объект управления, представляющий собой элемент многоуровневой иерархической системы управления, функционирует в условиях стохастических воздействий внешней среды;

затраты на разработку программного и информационного обеспечения АСУ могут в несколько раз превысить стоимость технических средств, которые выпускаются серийно.

Особенности организации и проведения работ по созданию и внедрению АСУ определяются следующими условиями:

АСУ создается для действующего предприятия без проведения

его серьезной реконструкции, наращивания мощностей по выпуску продукции и расширения номенклатуры выпускаемых изделий;

АСУ создается одновременно с реконструкцией предприятия и расширением производства;

АСУ создается для вновь строящегося предприятия.

Последние два условия позволяют получить максимальный эффект от внедрения системы.

Разделение процесса создания АСУ на этапы объясняется спецификой работ, выполняемых на каждом из этапов, и технологией их выполнения. Под *технологией проектирования АСУ* понимается совокупность средств и методов проектирования, организационных приемов, используемых технических средств, имеющихся людских ресурсов и их квалификация.

Работы по созданию и внедрению АСУ должен возглавить руководитель предприятия или его заместитель (принцип первого руководителя).

Приказом по предприятию создается специальное структурное подразделение, занимающееся разработкой АСУ, независимо от того, ведется разработка сторонней организацией или силами самого предприятия.

На предпроектной стадии создания АСУ проводится анализ существующей системы и разрабатывается техническое задание проектируемой системы, в котором дается характеристика объекта управления; формулируются цели создания АСУ и критерии эффективности функционирования объекта в условиях автоматизированного управления; определяется перечень выполняемых функций, необходимых для достижения цели; выдвигаются требования к качеству реализации этих функций; даются технико-экономические показатели АСУ; определяются состав, содержание и организация работ по созданию АСУ, а также порядок приемки АСУ в эксплуатацию.

Разработка технического проекта направлена на подробную проработку всех положений и требований технического задания. На этой стадии проводится детальный анализ существующей системы и синтез новой системы управления, включающий разработку функциональных подсистем и обеспечивающих звеньев АСУ, организационной структуры и структуры комплекса технических средств, информационной базы, программного обеспечения; разрабатывается проектная документация на систему; определяется эффективность синтезированной структуры.

На стадии *рабочего проекта* основная работа связана с программированием комплексов алгоритмов автоматизируемых функций, разработкой документации по монтажу и наладке комплексов технических средств, выполнению работ по монтажу и наладке КТС. Этап рабочего проекта должен заканчиваться сдачей системы в опытную эксплуатацию.

На стадии внедрения проводится опытная эксплуатация функциональных подсистем АСУ и сдача их в промышленную эксплуатацию. При разработке проектов АСУ должны быть решены во-

просы взаимодействия ее с отраслевыми АСУ (ОАСУ) и АСУТП, функционирующими или создающимися на предприятиях.

Для единообразия проектной документации необходимо соблюдать единую методологическую основу проектирования.

Рассмотрим более подробно основные этапы проектирования АСУ.

Предпроектный анализ — это комплекс исследований, выполняемых для выявления тенденций развития производства и разработки плана мероприятий по совершенствованию системы управления предприятием.

Обследование предприятий ведется как до начала проектирования (укрупненное предпроектное обследование), так и на этапе разработки ТП (более детальный анализ). Качество проекта АСУ зависит главным образом от объема и качества обследования объекта управления. Проведение обследования предприятия требует высокой квалификации и достаточно больших затрат ресурсов. При проектировании АСУ для вновь строящегося предприятия необходимо провести обследование родственных действующих предприятий.

В ходе обследования предприятия анализируются структура аппарата управления и связи ее звеньев, выясняются информационные потоки между звеньями, создается информационная модель управления предприятием. Анализ материалов обследования позволяет разработать предложения по изменению структуры аппарата управления и методов управления.

При проведении предпроектного анализа предприятия необходимо выполнить следующий комплекс работ:

проанализировать организационную структуру предприятия с целью ее совершенствования;

произвести анализ функциональной структуры предприятия, который заключается в изучении функций управления структурных подразделений для выработки рекомендаций по упорядочению последовательности выполнения и содержания функций управления;

определить информационные потоки между подразделениями и внутри их для выработки рекомендаций по установлению избыточности информации, совершенствованию структуры документированной информации, уточнения используемой терминологии и обеспечения смыслового единства информации;

провести анализ существующих на предприятии методов управления с целью определения целесообразности их реализации в условиях АСУ;

сформулировать критерии эффективности функционирования объекта;

выбрать состав автоматизируемых функций и задач управления по подразделениям предприятия;

определить технико-экономические показатели, которые должны быть достигнуты в результате создания АСУ, указать максимально допустимую сумму единовременных затрат;

по итогам анализа результатов выработать рекомендации по

совершенствованию управления предприятием на основе использования средств вычислительной техники;

составить отчет о проведенном обследовании предприятия.

По литературным данным, на исследование, описание и анализ процессов управления и информационных потоков приходится до 30—40 % времени, затрачиваемого на проектирование АСУ. Один из путей сокращения затрат времени на этапе предпроектного анализа при одновременном повышении качества проектных решений — внедрение формализованных методов представления результатов анализа и проектирования.

В настоящее время используются различные методы формализованного представления результатов работы на предпроектной стадии: в виде стандартной системы документов (таблиц), графовой модели (схемы) структурно-функциональных связей, структурной информационно-временной схемы (СИБС), оперограмм, «таблицы решений». Основные стадии разработки АСУ на предпроектном этапе и наиболее часто используемые формы документации обследования предприятия приведены в табл. 2.1.

Табл. 2.1. Формы документации, заполняемые для обследования предприятия

Стадия разработки	Формы документации
Изучение структуры, целей и ограничений существующей системы управления предприятием	Описание предприятия Структурная схема предприятия Таблица функций предприятия Описание функций подразделений Описание информационных потоков Структурная схема подразделений Таблица функций подразделений Обобщенная структурная информационно-временная схема
Изучение и анализ информационных потоков в существующей системе управления	Характеристики документов Описание документов Характеристики массивов Описание массивов Характеристики задач Описание задач Схема детального анализа задачи

Наибольшие успехи в формализованном представлении результатов предпроектного анализа достигнуты при анализе информационных потоков и документооборота. Основой такого анализа является представление информационных процессов в виде графа $G(X, \Gamma)$, вершинами $x \in X$ которого являются однородные информационные единицы (показатели, документы и т. д.), а отображение Γ определяется связями между информационными единицами системы. При различной содержательной интерпретации X и Γ на модели могут решаться разные задачи, в частности определение групп, не связанных между собой по формированию документов и показателей; определение набора показателей, участвующих в формировании исследуемых показателей; степень дублирования и использования показателей. Графовые модели используются и при

анализе организационной, функциональной структур, взаимосвязей.

Объекты анализируемой системы представляются в виде исходной графовой модели (схемы) структурно-функциональных связей, реально существующих в ней на данный период в рамках задач, охватываемых разрабатываемой (совершенствуемой) подсистемой АСУ. При этом отображаются основные материальные и информационные потоки с указанием их параметров (например, интенсивности, экстремальных значений, регулярности, периодичности, объема, скорости и т. п.).

Модель целесообразно выполнять в виде стратифицированного ориентированного графа (орграфа), на ряде страт которого отображаются: основные производственно-технологические подразделения (объект управления), связанные материальными потоками (производственная страта); основные управленческие подразделения различных иерархических уровней (управленческие страты в АСУП и АСУ организационно-технологического типа (АСУОТ)); основные заказчики и поставщики, а также организации, участвующие в кооперации по выпуску главных видов продукции (подстраты заказчиков и поставщиков).

Указанные подразделения отображаются, как правило, вершинами орграфа в виде кругов, прямоугольников, овалов и других фигур. В частности, на производственной страте в зависимости от уровня организации и детализации отображаются цеха, склады, энергетические, заготовительные и обеспечивающие подразделения (в АСУП, АСУОТ), технологические установки, участки, транспортные средства, манипуляторы и т. п. (в АСУ цехов, АСУТП, АСУОТ).

Вершины производственной страты связаны между собой дугами (двойные линии), отображающими материальные потоки (межзаводские, межцеховые, внутрицеховые и т. п.) следующих видов: материалы и сырье, полуфабрикаты, оборудование, продукция, людские и денежные ресурсы. Регулирование потоков при возникновении различных ситуаций осуществляется информационными потоками через узлы принятия решений, которые изображаются на материальных потоках в виде вентилях. Информационные потоки, входящие (или исходящие) в узлы, разделяются по виду информации на три основные группы, отображающие текущую (фактическую) информацию: поток f_{ij} соединяет i -ю вершину (от отправителя) с j -й вершиной (получателя); плановую информацию P_{ki} от k -го управленческого подразделения или ИВЦ к i -му производственному подразделению, директивно-управленческую информацию d_{li} — от l -го управляющего органа к i -му производственному подразделению. Целесообразно машинно-документированные потоки плановой и распорядительной информации концентрировать и замыкать на ВЦ.

Дополнительно указываются числовые характеристики параметров материальных потоков (Q_{ij} — среднее количество деталей изделий, топлива, энергии и т. п. за единицу времени) и информаци-

онных потоков (q_{ij} — количество информации в документах, буквенно-цифровых знаках, байтах и т. п.).

Структурно-функциональная модель организации в виде стратифицированного графа обладает таким преимуществом перед обычными схемами, как наглядность отображения связей и управляющих воздействий, видов информации.

Представленная в виде орграфа модель позволяет путем эвристических имитационных экспериментов выявить недостатки, узкие места существующей организации и системы управления ею. На основе анализа и эвристических имитационных экспериментов на стратифицированном орграфе намечаются и отрабатываются предложения по изменениям в структурно-функциональной схеме организации и условиях АСУ.

Наглядным способом представления информации о существующей системе управления на этапе предпроектного анализа является использование СИВС, которые представляют собой отображение процесса обработки данных и принятия решений и дают достаточно полную информацию о существующем технологическом процессе обработки данных и управления.

Возможна различная степень детализации при использовании СИВС. На СИВС по горизонтали в определенном масштабе откладывается время в часах, днях, неделях и т. д., а по вертикали схема разбивается на ряд горизонтальных полос, каждая из которых соответствует подразделению предприятия. На полученную сетку наносят этапы решения задач и движение информации, используя при этом стандартные обозначения. Применение СИВС способствует выявлению противоречивости исходных сведений, делает наглядным дублирующие пути обработки данных, перерывы в работе, количество однотипных операций. При глубоком анализе на детальном уровне СИВС помогает выявить степень использования данных, действительную необходимость передачи их в то или иное подразделение, способствует получению количественных характеристик информационных потоков: объемов обрабатываемых и передаваемых данных, времени обработки и т. д.

В соответствии с существующими нормативными документами *технический проект* разрабатывается в виде документов на отдельные виды обеспечения АСУ: организационное, информационное, техническое, функциональное, математическое, программное. Номенклатура документов по видам, их вхождение в соответствующую часть (вид обеспечения) проекта установлены ГОСТ 24.101—80 «Виды и комплектность документов».

Документы в проектах АСУ комплектуют на систему или составляющие ее части: подсистему, задачу (комплекс задач), программу (комплекс программ), по виду обеспечения. Последний способ наиболее часто используется на практике.

Независимо от принятого метода проектирования и способа комплектования документов в любом техническом проекте в обязательном порядке должны быть отражены следующие разделы: обоснование проектных решений;

обоснование выбора задач, описание постановки задач и алгоритмов их реализации;

описание организационной и функциональной структуры;

описание информационного обеспечения АСУ, системы классификации и способов кодирования информации, состава входных и выходных документов;

описание выбора комплекса технических средств, включающее проектную оценку надежности комплекса, структурную схему КТС;

описание основных решений по программному обеспечению; расчет экономической эффективности АСУ.

Состав и содержание технической документации на АСУ определяются требованиями государственных стандартов, перечень которых приведен в табл. 2.2.

Табл. 2.2. Перечень государственных стандартов по АСУ

Обозначение документа	Наименование документа
ГОСТ	
24.101—80	Виды и комплектность документов
24.201—79	Требования к содержанию документа «Техническое задание»
24.202—80	Требования к содержанию документа «Технико-экономическое обоснование создания АСУ»
24.203—80	Требования к содержанию общесистемных документов
24.204—80	Требования к содержанию документа «Описание постановки задачи»
24.205—80	Требования к содержанию документов по информационному обеспечению
24.206—80	Требования к содержанию документов по техническому обеспечению
24.207—80	Требования к содержанию документов по программному обеспечению
24.208—80	Требования к содержанию документов стадии «Ввод в эксплуатацию»

Рассмотрим более подробно содержание разделов технического проекта.

Обоснование принятых проектных решений находит свое отражение в ряде документов проекта, характеризующих различные виды обеспечения. Обобщающим документом, раскрывающим суть этого раздела, является «Пояснительная записка к проекту», которая должна содержать:

обоснование для разработки АСУ на данном предприятии (наименование документов, на основании которых ведется разработка АСУ, перечень организаций, участвующих в разработке, с указанием заказчика, головного исполнителя и соисполнителей);

краткую характеристику объекта управления, его основные технико-экономические показатели;

проектные решения по АСУ (перечень научно-исследовательских

работ, используемых при разработке проекта, обоснование и краткая характеристика основных решений по автоматизируемым функциям и видам обеспечения, описание общих принципов функционирования и общий регламент функционирования, сведения об обеспечении совместимости системы с системами других уровней управления).

Рассмотрим *обоснование выбора задач, описание постановок задач, алгоритмов их реализации*. Состав задач АСУ формируется на основании данных предпроектного обследования и анализа функций управления на предприятии, возможности применения стандартных средств математического и программного обеспечения. Учитываются данные анализа аналогичных АСУ.

На каждую решаемую в системе задачу (комплекс задач) выпускается документ «Описание постановки задачи», предназначенный для описания характеристик задачи (комплекса задач), условий, необходимых для ее решения, входной и выходной информации. Важное значение имеет последовательность постановок работ. Необходимо учитывать, что многие задачи информационно увязаны между собой и в первую очередь должны решаться те из них, выходная информация которых используется при решении других.

В характеристике задачи указываются: цель, назначение, технико-экономическая (организационно-техническая) сущность задачи и обоснование целесообразности ее решения; экономический эффект от решения задачи; перечень объектов управления, а также показателей, характеризующих их состояние; описание назначения выходной информации; условия решения задачи и ее связь с другими задачами; распределение функций в процессе реализации функции управления между персоналом и техническими средствами.

Описание алгоритмов реализации задач оформляют в виде отдельного документа «Описание алгоритма» либо раздела в документе «Описание постановки задачи». Описание алгоритма содержит изложение процедур преобразования входной информации и получения выходной в виде сигналов, информационных массивов, документов, а также технологию машинной реализации постановки задачи методом определения выходных показателей по входным.

После выполнения этих работ составляется сводная спецификация задач (табл. 2.3), которую затем удобно использовать в процессе проектирования.

Табл. 2.3. Сводная спецификация задач АСУ

Наименование задачи (или комплекса задач)	Шифр или обозначение задачи	Объекты, на которые распространяются задачи	Метод сбора первичной информации	Метод отображения выходной информации	Содержание задач	
					количество выходных форм	основные расчетные показатели

В спецификации указывают задачи, решаемые для автоматизированной обработки системы, и их характеристики, а в пояснении

к таблице — характер связей между задачами по входной и выходной информации.

Организационная и функциональная структуры АСУ разрабатываются в тесной взаимосвязи. При разработке *организационной структуры* изучаются результаты анализа уже сложившейся структуры и рекомендации по ее улучшению. Определяется перечень служб и подразделений, входящих в состав каждой подсистемы АСУ, оформляется принятая в условиях АСУ схема организационной структуры, устанавливается соответствие штатов вновь созданной организационной структуре и необходимые изменения в их численности.

При разработке *функциональной структуры* уточняется состав задач и подсистем, включаемых в автоматизированную часть системы, их взаимосвязь, регламентируются функции управления по производственным подразделениям (подсистемам, службам и должностным лицам), взаимодействующим с автоматизированной частью, устанавливаются функциональные связи между подразделениями и подсистемами внутри автоматизированной части и в системе в целом.

При разработке *информационного обеспечения* изучаются способы организации, поступления, приема и выдачи информации, объем и состав информационных потоков, состояние нормативно-справочной информации, систем классификации и кодирования, а также другие аспекты обеспечения персонала информацией, необходимой для планирования производственных процессов, учета состояния объекта и принятия решения по управлению ими.

Информационное обеспечение включает описание принципов организации информационного обеспечения; способов организации сбора и передачи информации; построения системы классификации и кодирования; организации внутримашинной информационной базы; организации внемашинной информационной базы.

Информационной базой называется совокупность сведений, содержащихся в документации и массивах информации системы управления объектом. Внемашинная информационная база охватывает документируемые сведения, образующие нормативно-справочную и оперативную информацию. Внутримашинная информационная база включает сведения, содержащиеся во входных, хранимых, накапливаемых и выходных массивах.

Документация по информационному обеспечению выпускается в составе следующих документов: описание информационного обеспечения АСУ; описание организации информационной базы; описание системы классификации и кодирования; чертеж формы документа (видеограмма); описание массива информации; перечень входных сигналов и данных; перечень выходных сигналов, документов; описание технологического процесса обработки данных.

Существенную часть информационной базы составляет нормативно-справочная информация. Основное требование, предъявляе-

мое к нормативным данным,— ограничение их количества в соответствии с перечнем данных, используемых в задачах АСУ.

Обеспечение нормативно-справочной информацией предполагает: регистрацию нормативных данных, отобранных для использования в составе АСУ; кодирование нормативных данных; ввод в ЭВМ подготовленной на промежуточных носителях информации; создание массивов нормативно-справочной информации, обеспечивающих эффективное решение задач АСУ; своевременную корректировку нормативных данных на всех видах носителей информации и во всех узлах структуры вычислительной сети (при использовании распределенных баз данных).

Сложной проблемой в проектировании информационного обеспечения является разработка кодов технико-экономической информации. Трудности классификации и кодирования обусловлены большим разнообразием объектов кодирования средств производства предметов труда, а также разнообразием задач, решаемых в системах управления. В многочисленных разработках АСУ предлагаются различные подходы к выбору системы кодирования. Не выработана единая точка зрения по двум определяющим вопросам: 1) должен ли код выполнять только роль идентификатора или еще отражать при этом какие-то качества (свойства) объекта кодирования; 2) системными или подсистемными должны быть коды. Этим объясняются децентрализованная разработка кодов, различные методики.

Использование в АСУ системных кодов, содержащих определенные признаки описываемых предметов, вызывает трудности. Часть признаков должна изменяться в зависимости от уровня системы управления (например, управление предприятием или отраслью), часть должна удовлетворять требованиям систем управления всех уровней.

В настоящее время существуют следующие основные типы связей между системами кодирования в АСУ различных уровней: с независимыми и равноправными классификаторами на различных уровнях; с приоритетными классификаторами; с классификаторами-посредниками; с единым классификатором.

На решение проблемы классификации и кодирования информации в АСУ направлена разработка и внедрение «Общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции» (ОКП). В основе ОКП лежат следующие признаки классификации продукции: характер производства, физические, химические и другие ее природные свойства; производственное и потребительское назначение.

В ОКП приведен упорядоченный перечень продукции, выпускаемой в стране, с учетом действующих номенклатур. Параллельно с ОКП разрабатываются другие классификации (например, классификация изделий по ЕСКД, классификация инструмента и приспособлений и др.), которые также обязательны для применения и должны быть согласованы с ОКП.

Раздел описания выбора комплекса технических средств вклю-

чает исходные данные для проектирования КТС, принципиальные решения по технологии обработки данных, обоснование выбора структуры КТС: технические решения по обмену данными с объектом управления и техническими средствами АСУ; описание функционирования КТС; описание размещения КТС на объектах управления и производственных площадках; обоснование применения и технические требования к оборудованию; распределение устройств по подразделениям объекта; оценка надежности КТС; организационное обеспечение эксплуатации и обслуживания КТС, т. е. структура и штатное расписание подразделений.

Описание решений технического проекта по техническому обеспечению АСУ производится по следующим документам:

- описание комплекса технических средств;
- структурная схема комплекса технических средств;
- план расположения;
- перечень заданий заказчику АСУ на проектирование в смежных частях проекта, связанных с созданием АСУ;
- перечень заявок на разработку новых технических средств; (*)
- ведомость оборудования и материалов;
- технические требования к технологическому объекту управления; (*)
- проектная оценка надежности комплекса технических средств;
- принципиальная схема;
- схема автоматизации.

Необходимость разработки документов, отмеченных знаком (*), определяется конкретными условиями создания АСУ.

В основных решениях по *программному обеспечению* содержится описание структуры программного обеспечения, основных функций частей программного обеспечения; методы и средства разработки программного обеспечения; операционная система; программные средства; расширяющие возможности операционной системы.

Принятые решения на стадии технического проекта оформляются в виде документа «Описание программного обеспечения АСУ».

Описание системы программного обеспечения включает описание общего программного обеспечения и описание специального программного обеспечения. При описании *общего программного обеспечения* дается краткая характеристика выбранной операционной системы (ее конкретной версии); перечень трансляторов, которые должны быть включены в операционную систему; краткая характеристика библиотеки программ, перечень служебных программ и программ общего назначения, которые должны быть включены в операционную систему; последовательность управляющих операторов, обеспечивающих получение требуемого варианта операционной системы.

Описание *специального программного обеспечения* содержит краткую характеристику программ по созданию и обслуживанию базы данных, структуры программ функционального назначения, описание оригинальных программ ввода-вывода, не вошедших в состав операционной системы.

При использовании пакетов прикладных программ дается их краткая характеристика, указываются параметры генерации, схемы настройки, перечень блоков пользователей.

Основным источником *экономической эффективности АСУ* является сокращение производственных потерь, обеспечиваемое функциями системы. Учитываются производственные потери, влияющие на использование основных производственных фондов вследствие неполной загрузки и простоев технологического оборудования.

Расчет экономической эффективности АСУП производится в соответствии с «Методикой определения экономической эффективности автоматизированных систем управления предприятиями и производственными объединениями».

Годовой экономический эффект от внедрения АСУ определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \left(\frac{C_1 + E_n K_1}{A_1} - \frac{C_2 + E_n K_2}{A_2} \right) A_2, \quad (2.1)$$

где C_1, C_2 — полная себестоимость годового товарного выпуска продукции соответственно до и после внедрения АСУ, тыс. руб.; K_1, K_2 — среднегодовая стоимость производственных фондов (сумма основных фондов и оборотных средств, с которых взимается плата за фонды) соответственно до и после внедрения АСУ, тыс. руб.; A_1, A_2 — годовой объем товарной продукции соответственно до и после внедрения АСУ (базового и сравнительного варианта), тыс. руб.; E_n — отраслевой нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Все стоимостные показатели определяются по действующим в момент расчета оптовым ценам, тарифам и ставкам заработной платы.

Величина, вычисленная по выражению (2.1), представляет собой разность приведенных затрат до и после внедрения АСУ в расчете на 1 руб. товарной продукции, умноженную на величину годового объема товарной продукции после внедрения АСУ. Исходными данными для определения годового экономического эффекта являются существующие в момент выполнения расчета величины потерь на производстве. При разработке АСУ для вновь строящихся и проектируемых предприятий в качестве исходных данных используются показатели предприятия-аналога с наименьшей величиной производственных потерь.

Наряду с расчетом годового экономического эффекта проводится расчет коэффициента экономической эффективности E_Φ и срока окупаемости T_Φ . Коэффициент экономической эффективности создания АСУ определяется по формуле $E_\Phi = E_n + (\mathcal{E}/K_c)$, где K_c — капитальные затраты на систему, тыс. руб.

Срок окупаемости затрат на создание АСУ $T_\Phi = 1/E_\Phi$. Полученные значения E_Φ и T_Φ сравнивают с их нормативными величинами по соответствующей отрасли.

Расчет экономической эффективности АСУ других уровней управления может производиться с использованием «Методики опреде-

ления экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений».

Расчет годового экономического эффекта производится на всех стадиях разработки АСУ с необходимым уточнением данных и оформляется в виде самостоятельного документа.

В план *мероприятий по подготовке объекта к внедрению* записывается перечень мероприятий, обеспечивающих внедрение АСУ. Перечень оформляется в виде таблиц, в которых указываются сроки внедрения мероприятий, исполнители и сроки завершения работ. Мероприятия должны охватывать весь круг вопросов, связанных с технической, организационной, кадровой, психологической подготовкой функционирования АСУ.

Рабочий проект разрабатывается на основании технического проекта, с заказчиком не согласовывается и не утверждается. Рабочий проект направлен на разработку технической документации, необходимой для отладки и внедрения АСУП, проведения присмотра и испытаний и обеспечения нормального функционирования АСУП.

В рабочем проекте должны быть отражены следующие разделы: 1) общее описание АСУ; 2) описание решений, обеспечивающих сопровождение, изготовление и в дальнейшем — эксплуатацию программ (комплексов программ), в том числе программной документации используемых пакетов прикладных программ (ППП) и ТПР; 3) инструктивные материалы по эксплуатации оборудования и выполнению операций технологического процесса обработки данных; 4) схемы монтажа и наладки КТС; 5) расчет экономической эффективности.

Первый раздел оформляется в виде отдельного документа и содержит информацию о назначении АСУ, ее месте в системе управления объектом, описание основных решений, обеспечивающих выполнение поставленной цели управления.

Второй раздел оформляется в виде документов: пояснительной записки (*); описания программы (*); спецификации; руководства программиста; руководства оператора; текста программы; формуляра (*); порядка и методики испытаний (*). Необходимость разработки документов, отмеченных знаком (*), определяется исходя из специфических условий создания конкурентной АСУ.

Данная система документов должна содержать полную информацию о носителях, на которых записана программа; используемых средствах программирования; содержании и системе кодирования информации, записанной на носителе; структуре программы, параметрах ее настройки; действиях оператора в процессе запуска и эксплуатации программы; количественные характеристики программы (время выполнения, необходимые объемы памяти, режимы работы); средства контроля правильности выполнения и др.

Основу для оформления этого раздела проекта создает этап программирования постановок функциональных задач. Это один из наиболее трудоемких этапов рабочего проекта. Чтобы сократить

трудоемкость, необходимо использование универсальных и специализированных языков программирования, методов и средств организации и автоматизации процесса создания программного обеспечения; пакетов прикладных программ, методов структурного и модульного программирования, средств программной поддержки; средств автоматической генерации программ.

Третий раздел содержит инструкции по эксплуатации оборудования, технические и должностные инструкции для управленческого персонала. Они оформляются в виде отдельных документов на каждый вид оборудования отдельного исполнителя или группы исполнителей, для каждой операции технологического процесса обработки данных (инструкции по сбору, регистрации, предварительной обработке, контролю и передаче информации; ведению первичной документации; передаче информации по каналам связи; переносу информации на машинные носители и др.).

Четвертый раздел оформляется в виде документов: принципиальной схемы; схемы соединения внешних проводок; схем подключения внешних проводок; чертежа общего вида; спецификации оборудования.

На стадии рабочего проекта выполняется план мероприятий по подготовке объекта к внедрению: сдача в промышленную эксплуатацию КТС; формирование информационной базы; организация поэтапной приемки рабочих программ; обучение пользователя и персонала ИВЦ работе в условиях АСУП; уточнение плана мероприятий по подготовке объекта к внедрению; подбор и подготовка кадров; совершенствование структуры системы управления.

Рассмотрим основные работы по подготовке объекта к внедрению более подробно.

В создании *информационной базы* можно выделить четыре основных направления деятельности:

- 1) централизацию постоянной и условно-постоянной информации. Основными работами по централизации информации являются: разработка номенклатурных справочников (каталогов) объектов (изделий, материалов, инструментов, оборудования, подразделений, форм документации, поставщиков, потребителей и т. д.); создание нормативных карт и картотек, которые хранятся в отделах и цехах предприятия; создание машинных нормативных картотек (формирование информационных массивов на машинных носителях связано с перфорацией нормативной информации, вводом ее во внешнюю память ЭВМ и организацией вторичных картотек, содержащих описание информационных массивов);

- 2) разработку недостающих нормативов, что, как правило, требует больших трудозатрат;

- 3) разработку системы ведения документации. Она ведется на основе изучения существующего документооборота и базируется на детальном анализе существующих потоков информации и создании на их основе информационной модели предприятия и проектировании рациональных потоков информации в АСУ исходя из поставленной цели управления объектом и его свойств;

4) унификацию форм документов. Основные работы связаны с корректировкой существующей конструкторской и технологической документации, которая не отражает всех технологических особенностей изделий.

Информационно-вычислительный центр (ИВЦ) — это самостоятельное подразделение, подчиненное директору предприятия и реализующее технологический процесс управления предприятием. ИВЦ синтезирует и сохраняет все необходимые справочные, нормативные, плановые данные, непрерывно получает текущую информацию о ходе производственного процесса и перерабатывает ее. Для создания ИВЦ необходимо выполнить большой комплекс проектных, строительных, монтажных и организационных работ.

Для разработки и эксплуатации АСУ требуется большое количество высококвалифицированных специалистов, которых можно отнести к следующим категориям:

производственный персонал предприятия, участвующий в эксплуатации системы (работники ИВЦ — специалисты со средним техническим образованием и выпускники ПТУ или заводских курсов);

разработчики АСУ (инженеры-математики, инженеры-системотехники, инженеры-электрики и т. д. — специалисты с высшим техническим, математическим и экономическим образованием);

управленческий персонал, использующий выходные данные АСУ (руководители предприятия, заместители руководителей, главные специалисты, начальники бюро, отделов, цехов).

Для существующей системы управления предприятиями характерно наличие трехуровневой структуры управления (предприятие — цех — участок) и разделение управляющего персонала на линейный и функциональный (линейный персонал занимается непосредственно управлением, производством, а функциональный помогает линейному персоналу выполнять определенные функции управления на соответствующем уровне).

Недостатками такой структуры системы управления являются: дублирование функциональных подразделений на первом и втором уровнях (например, отдел главного технолога предприятия и технологическое бюро цеха, отдел технического контроля и бюро технического контроля и т. д.); запаздывание процесса переработки информации руководителями и функциональными отделами, следствием которого является некачественное управление производственным процессом; отсутствие четкого деления функциональных обязанностей между руководителями, многоподчиненность, неравномерность их загрузки.

Применение системного подхода к построению структуры управления предприятием, экономико-математических методов управления позволяет: оптимизировать структуру управления предприятием; обеспечить интегральный подход к обработке данных на основе применения экономико-математических методов и многократного использования одних и тех же данных для решения различных задач управления предприятием; разработать четкую систему под-

чинности органов управления и должностных лиц; регламентировать функции руководящего аппарата; обеспечить приоритетность обращения к информации, имеющейся в АСУ; добиться достоверности и своевременности переработки информации о ходе процесса производства на предприятии и выработки управляющих воздействий.

В условиях АСУ функциональные отделы освобождаются от рутинной переработки информации, которая возлагается на ИВЦ, и занимаются анализом и совершенствованием используемых методов и средств управления. Их деятельность становится более оперативной, повышается качество управления предприятием. С внедрением на предприятии АСУ на отделы возлагаются новые функции. Например, планово-экономический отдел предприятия, занимающийся совершенствованием планирования и решающий задачи перспективного развития предприятия, в новых условиях формулирует экономические задачи для ИВЦ, участвует в разработке алгоритмов управления. Планово-диспетчерский отдел контролирует выполнение суточных заданий цехами, участками и своевременность передачи и обработки данных о ходе производства, оперативное руководство всем производственным процессом на основе данных, поступающих с объекта управления и АСУ и т. д.

С внедрением АСУ происходит централизация функций технической подготовки производства, ведения технологической документации и упорядочение работы по внесению в нее изменений.

Ввод в эксплуатацию АСУ — процесс перехода от существующей на предприятии системы управления к автоматизированной системе. Ввод в эксплуатацию осуществляется поэтапно, по мере готовности технических, программных и эксплуатационных средств, обеспечивающих внедрение. На этой стадии осуществляются: издание приказа по предприятию о начале опытной эксплуатации АСУ; опытная эксплуатация задач (комплекса задач) и подсистем АСУ; приемка комплексов задач в промышленную эксплуатацию; сдача АСУ комиссии и оформление ее актом приемки.

Сдача АСУ в промышленную эксплуатацию реализуется заказчиком совместно с организацией-разработчиком.

2.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСУ

Интенсивное использование АСУ выдвигает в качестве первоочередной задачи значительное повышение эффективности *процесса проектирования АСУ*, переход от индивидуальных к индустриальным формам создания систем. Применение эффективных методов и средств проектирования, индустриальной технологии создания АСУ позволяет существенно снизить затраты и сократить сроки разработки при одновременном повышении качества создаваемых систем.

Проект АСУ — это модель будущей АСУ в терминах некоторых языков из множества возможных (языки схем, таблиц, текстов, естественных языков). На этих языках описываются структура и

функционирование управляемой системы, ее элементов и задачи управления. Формально процесс проектирования АСУ (проектная процедура) может быть представлен следующим описанием. Пусть $S = \{S_m\}$, где S_m — отдельная АСУ, $m = \overline{1, M}$ — рассматриваемое множество систем. Каждая АСУ состоит из множества подсистем, т. е.

$$S_m = \{S_{mr}\}; r = \overline{1, R}.$$

Проектирование АСУ заключается в решении ряда взаимосвязанных задач (выполнении этапов) на различных стадиях создания АСУ. Перечень этапов обозначим индексом $i = \overline{1, v}$. В этом случае проект (модель) m -й АСУ на i -м этапе проектирования в терминах используемых языков может быть представлен в виде

$$I_{S_m}(i, \bigcup_{l \in L_i} K_l),$$

где $K_l (l = \overline{1, L})$ — множество используемых языков.

Процесс проектирования (проектная процедура) заключается в переходе от модели i -го этапа к модели $i+1$ -го этапа:

$$I_{S_m}(i, \bigcup_{l \in L_i} K_l) \xrightarrow{\Pi(i, i+1)} I_{S_m}(i+1, \bigcup_{l \in L_{i+1}} K_l);$$

$$S_m \in S, i = \overline{1, v-1},$$

где $\Pi(i, i+1)$ — оператор проектирования, отражающий способ создания проекта (модели) системы в терминах соответствующих языков.

Под *методом проектирования* на i -м этапе будем понимать поддерживаемый соответствующими средствами проектирования способ реализации оператора проектирования.

Из литературы известны следующие методы проектирования (рис. 2.1): оригинальное, типовое, автоматизированное.



Рис. 2.1. Классификация методов проектирования

В составе последних двух методов можно выделить подклассы, обладающие рядом характерных особенностей (см. рис. 2.1). Каждому из методов проектирования соответствует своя степень автоматизации проектных процедур. Если при использовании метода проекты $I_{Sm}(i, \bigcup_{i \in L_i} K_i)$, $I_{Sm}(i+1, \bigcup_{i \in L_{i+1}} K_i)$, $i = \overline{1, v-1}$, сформированы в виде информационных массивов, а $\Pi(i, i+1)$ представлен в виде пакета машинных программ, то такой метод называется автоматизированным проектированием.

Рассмотрим характерные особенности методов.

Метод оригинального проектирования ориентирован на создание индивидуальных проектов, отражающих особенности только одного соответствующего проекту объекта управления. Этим методом проектирования могут создаваться также методики проведения проектных работ. В качестве средств проектирования используются библиотеки стандартных процедур, реализующих типовые операторы обработки данных. Достоинство метода оригинального проектирования заключается в детальном учете особенностей объекта управления. К недостаткам относятся: высокая трудоемкость, большие сроки проектирования, трудности, возникающие при модернизации системы в процессе ее развития.

Метод типового проектирования предполагает декомпозицию системы на множество составляющих ее компонентов (подсистем, задач, алгоритмов и т. д.) и разработку для каждого из них законченного проектного решения, используемого в дальнейшем при проектировании соответствующего вида обеспечения аналогичных систем.

В зависимости от уровня декомпозиции компонентов системы различают элементный, подсистемный и объектный методы типового проектирования.

При *элементном проектировании* декомпозиция осуществляется на уровне задач и отдельных проектных решений по информационному, техническому, программному обеспечению. Для каждого элемента, выделенного в результате декомпозиции, создаются типовые проектные решения.

Достоинствами элементного метода проектирования являются: модульность, заложенная в самом принципе выделения типовых элементов; обеспечение процесса документирования в связи с возможностью использования (с модификациями) документации на ТПР; обеспечение процесса разработки программного обеспечения в связи с возможностью использования готовых или незначительно доработанных программных модулей.

К недостаткам метода следует отнести: небольшое по сравнению с оригинальным методом проектирования снижение трудоемкости и сроков проектирования; трудности, возникающие при модернизации системы в процессе ее развития; отсутствие средств машинного ведения библиотек ТПР, их комплексирования и информационной увязки в рамках проекта.

Метод подсистемного проектирования предполагает декомпозицию системы на уровне подсистем, которые выступают в данном случае в качестве типовых элементов, для которых разрабатываются проектные решения.

Проектные решения должны обладать функциональной полнотой подсистем, минимальным количеством взаимосвязей с другими подсистемами, параметрической настройкой на конкретные характеристики объекта, альтернативными вариантами расчета показателей.

В качестве средств подсистемного метода проектирования чаще всего используются пакеты прикладных программ (ППП). ППП, как правило, охватывают соответствующую функциональную подсистему.

Достоинства подсистемного метода: модульная структура построения средств проектирования; возможность параметрической настройки компонентов применительно к особенностям объекта управления; наличие машинного документирования проектных решений; наличие отлаженных, проверенных программных средств.

К недостаткам подсистемного метода относятся: отсутствие машинной системы комплексирования отдельных ППП; довольно высокая трудоемкость проектирования (однако меньше трудоемкости элементного метода примерно на 25—30 %); необходимость приведения экономической и организационной систем объекта управления в соответствие с моделями, заложенными в используемых ППП; отсутствие средств модернизации и сопровождения в процессе эксплуатации.

Метод объектного проектирования фактически сводится к подготовке типового проекта. Элемент типизации — объект в целом, его отличительные особенности приводятся в соответствие с типовым проектом. Достоинство метода объектного проектирования заключается в значительном сокращении трудоемкости и сроков разработки и внедрения систем. Конечно, необходимым условием является соответствие типовому проекту. К недостаткам метода относятся: сложность модернизации АСУ по мере развития предприятия (объекта); необходимость проведения структурных и организационных изменений на объекте управления для приведения объекта к требованиям типового проекта; ограниченное число объектов, для которых может быть применен этот метод; повышенные требования к квалификации разработчиков типового проекта.

Метод автоматизированного проектирования (САПР) ориентирован на использование формализованных моделей и методов и применение ЭВМ для их реализации. Основные теоретические положения САПР АСУ окончательно не сформулированы. Вместе с тем накоплен определенный опыт практического использования САПР АСУ как у нас в стране, так и за рубежом.

Для создания САПР АСУ необходимо наличие в системе проектирования глобальной информационной модели объекта управления, содержащей в формализованном виде описание информационных потоков, отношений между информационными элементами,

процедур преобразования информационных элементов, их алгоритмического взаимодействия. Процесс проектирования заключается в решении ряда взаимосвязанных задач анализа и синтеза структуры системы управления, структуры КТС, информационного и программного обеспечения.

Автоматизация создания АСУ при этом осуществляется не за счет перенесения в систему готовых проектных решений, а путем автоматизации проектных процедур (операций). При этом, как и при использовании оригинального метода проектирования, возможен полный учет специфических особенностей объекта управления. К достоинствам *модельного метода* проектирования относятся: высокая степень автоматизации проектирования на всех стадиях создания систем; возможность использования процедур интерактивного взаимодействия проектировщика с ЭВМ; возможность оперативной модернизации проектных решений в процессе развития системы управления; автоматизация основной части документирования проектных работ; значительное снижение трудоемкости создания систем; высокая эффективность проектных решений.

Использование модельного метода проектирования на современном этапе затруднено. Это связано с тем, что в настоящее время не окончательно отработана общая методология создания САПР АСУ, отсутствуют формализованные модели и методы проектирования для ряда этапов проектирования, возникают трудности в связи со сложностью эксплуатации САПР АСУ, представляющих собой большие системы. Модельный метод проектирования является естественным развитием существовавших до него методов автоматизированного проектирования и может включать наиболее удачные элементы типового проектирования.

Существуют и другие методы автоматизированного проектирования, в настоящее время теоретически не сформировавшиеся.

Рассмотрим подробнее особенности, области применения и примеры использования методов оригинального, типового и модельного проектирования.

Не останавливаясь в дальнейшем на особенностях метода оригинального проектирования, опыт использования которого нашел отражение в нормативных документах, отметим, что в настоящее время, не являясь основным, он продолжает активно использоваться при разработке оригинальных проектов.

2.4. ОСНОВЫ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ АСУ

Метод элементного проектирования. Исследования в области создания АСУ и накопленный практический опыт определили возможность разработки АСУ путем расчленения ее на отдельные элементы, из которых по мере необходимости komponуется конкретный проект АСУ, т. е. путем формирования типовых элементов, пригодных для многократного использования. Типовые элементы после апробации на предприятиях были выбраны в качестве

типовых проектных решений (ТПР). Опыт использования ТПР на ряде предприятий приборостроения, станкостроения и машиностроения показал, что сокращаются сроки разработки и снижаются затраты на создание АСУП на 15—30 %. Степень использования ТПР по отдельным задачам и подсистемам в АСУП может составлять от 30 до 70 %. Использование ТПР по подсистемам технико-экономического планирования (ТЭП), оперативного управления производством (ОУП), управления технической подготовкой производством (УТПП), бухгалтерского учета (БУ), управления сбытом и реализацией продукции (УСБР) возможно не только при создании новых АСУП, но и для развития действующих систем.

Под *типовым проектным решением* понимается типовая проектная документация по математическому (алгоритмическому), программному и техническому обеспечению АСУ, позволяющая осуществлять проектирование АСУ по методу агрегатирования ее с оригинальной проектной документацией, отражающей специфику объекта.

ТПР предназначена для разработки постановок задач и их программного обеспечения, документации по организации и функционированию ИВЦ и применению периферийных средств. Основной целью при разработке ТПР и их документации является обеспечение возможности комплектования документации АСУП на базе документации ТПР с минимальными ее переделками. Состав и содержание остальных проектных документов зависят от специфики объекта, состава и структуры конкретной АСУП и разрабатываются как оригинальная часть проектной документации.

Область применения ТПР определяется степенью типичности модели задачи и гибкостью построения ее алгоритмов и программ. Модульные построения алгоритма решения, нескольких вариантов модулей для расчета одних и тех же показателей дают возможность использования различных методик расчета, учитывающих специфические свойства моделей различных предприятий.

Независимость алгоритмов и программ от структуры позволяет расширить область применения ТПР. Возможность изменения устройств ввода-вывода, формы представления исходных данных и формата логических записей, средств хранения данных обуславливают гибкость программного обеспечения ТПР.

ТПР включает рабочую документацию, которая может быть использована при проектировании АСУ или ее частей без изменения или с незначительной доработкой по привязке к конкретным условиям. Эта документация должна удовлетворять следующим основным требованиям: возможности создания проектов АСУП по методу агрегатирования, где каждое ТПР является самостоятельным блоком; наличие полного комплекта документов, позволяющих включать ТПР в проект АСУ; возможности пополнения новыми ТПР для расширения области их применения и выполняемых функций; минимальной трудоемкости при применении ТПР для конкретного предприятия.

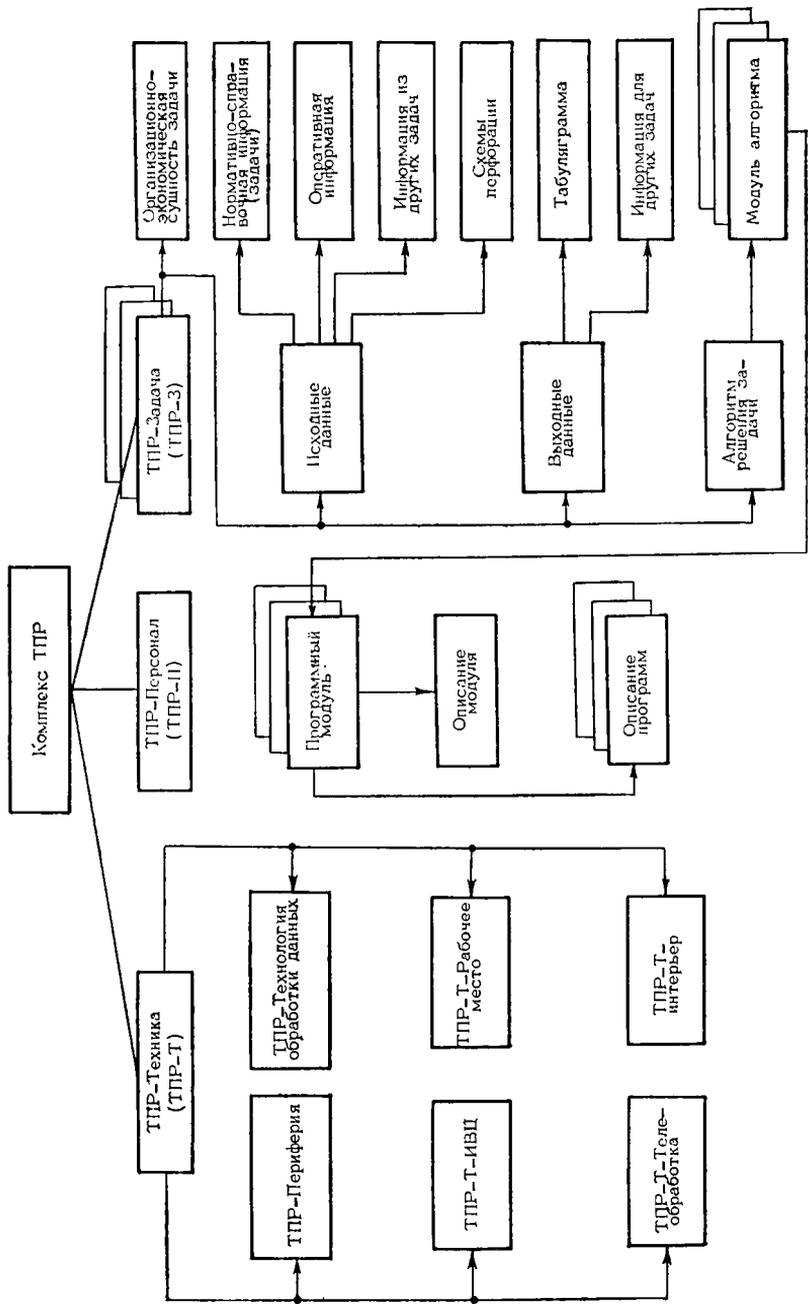


Рис. 2.2. Структурная схема ТПР

Комплекс проектных решений разделяется на три класса: техники, задачи, персонала. Структура составных частей (подклассов) перечисленных классов представлена на рис. 2.2.

Класс ТПР — Задача охватывает комплекс алгоритмов и программ, реализующих определенные функции управления в АСУП. В зависимости от реализуемых функций управления ТПР этого класса разделены на подклассы, которым соответствуют отдельные функциональные подсистемы (рис. 2.3).

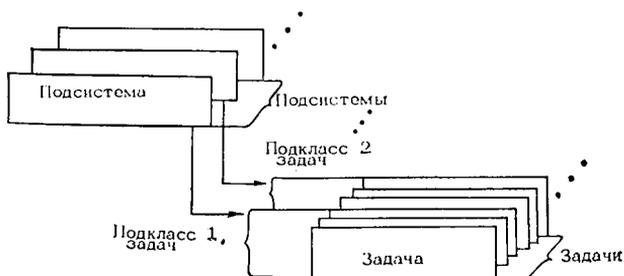


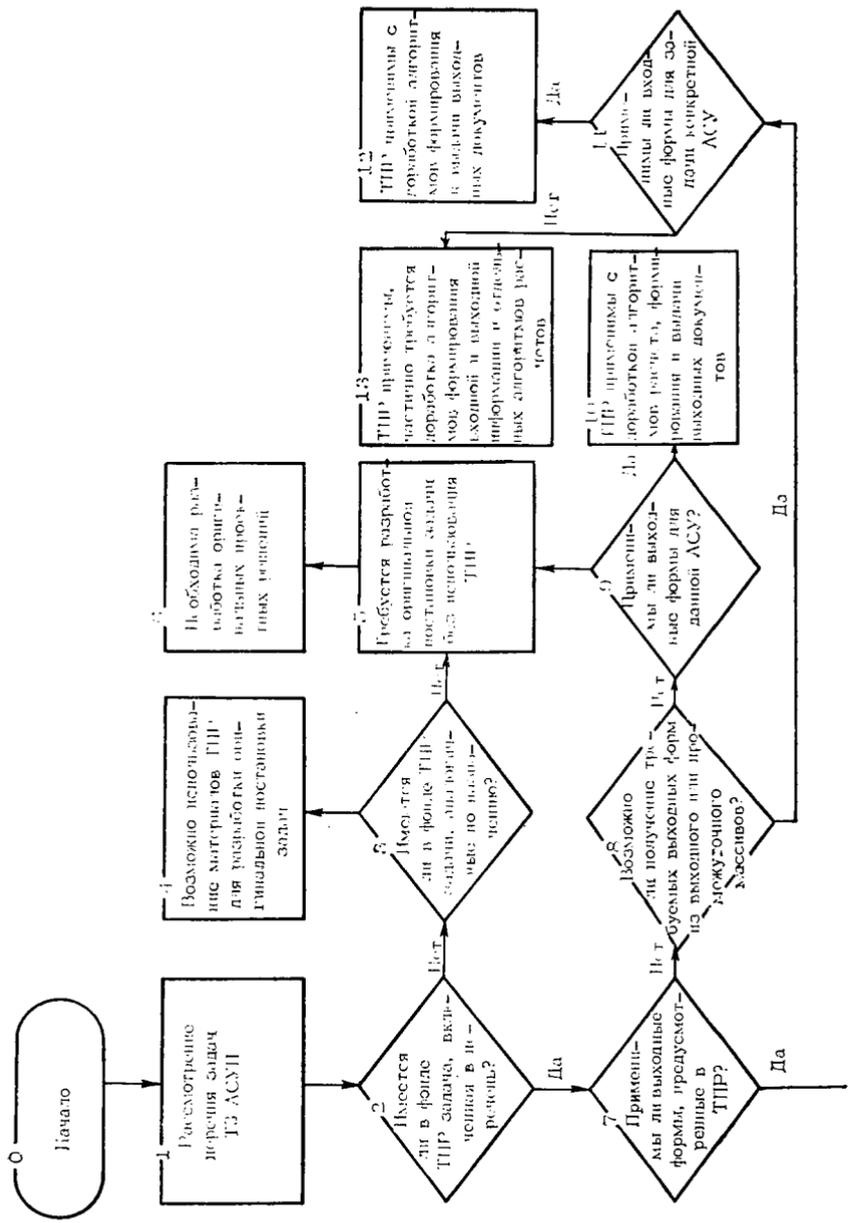
Рис. 2.3. Разделение подсистем на подклассы задач

Внутренняя структура каждого типового решения строится по модульному принципу. В зависимости от назначения различают модули алгоритма и модули программ. *Модуль алгоритма* представляет собой часть алгоритма задачи, характеризующуюся определенной степенью законченности и возможностью как многократного самостоятельного использования, так и использования в соединении с оригинальным проектным решением. *Программный модуль* — это комплекс программ, реализующий модуль алгоритма и процедуры ввода-вывода данных.

Класс ТПР — Техника определяет состав, размещение и порядок использования технических средств, предназначенных для решения задач АСУП. ТПР этого класса в свою очередь состоят из подклассов, например ТПР — Т — Периферия, ТПР — Т — ИВЦ, ТПР — Т — Телеобработка и т. д.

Класс ТПР — Персонал предназначен для регламентации действий персонала в нормальных условиях функционирования АСУ и в аварийных режимах, согласования основной деятельности управленческого персонала с его действиями по работе в АСУ, регламентации обязанностей, прав и непосредственной ответственности лиц, работающих в АСУ.

Использование ТПР без изменения возможно в случае соответствия всех составляющих: входных и выходных форм документов, алгоритмов обработки, системы классификации и кодирования и т. д. Если эти требования не выполняются, то пригодность использования ТПР в конкретном случае (проекте) определяется в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис. 2.4. Примерами реализации АСУ на базе ТПР являются подсистемы управления



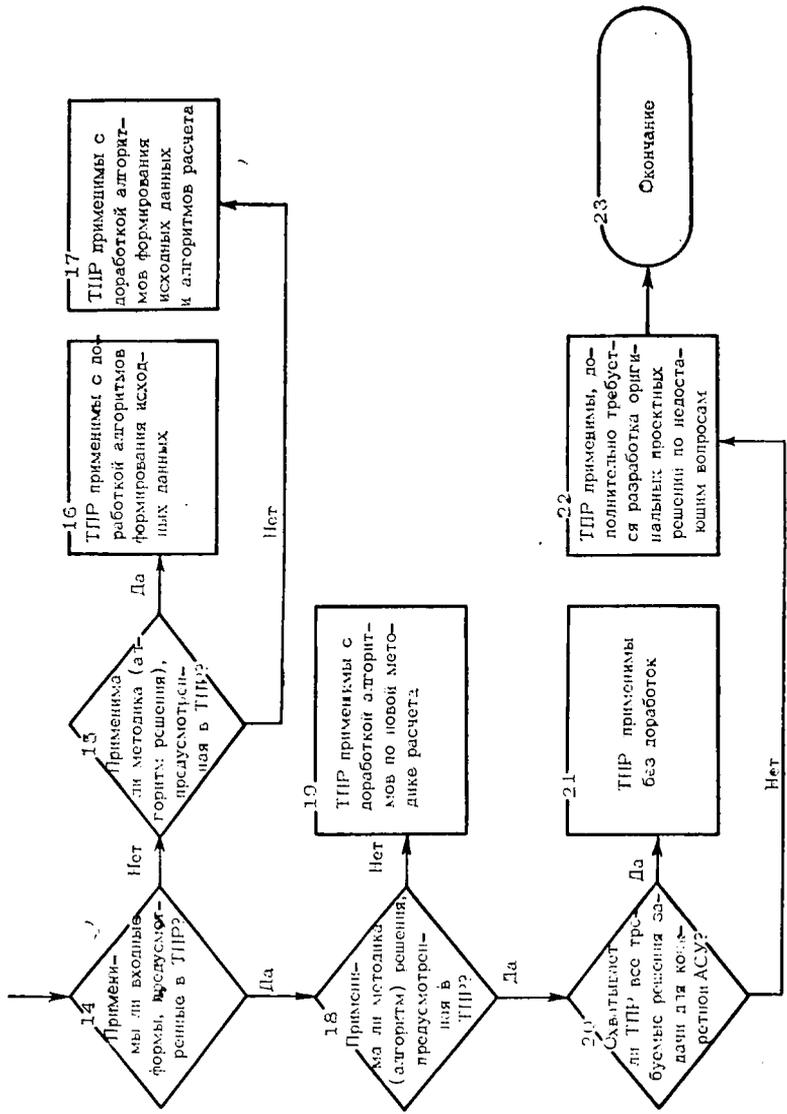


Рис 2.4. Схема алгоритма использования ТПР

сбытом и реализацией продукции, технико-экономического планирования, оперативного управления основным производством.

Рассмотрим подробнее последовательность и содержание процесса проектирования АСУ на базе комплекса ТПР.

При создании конкретной системы определяются те задачи, реализация которых целесообразна с помощью ТПР. На основе анализа функционирования различных систем выбираются задачи, наиболее подходящие для автоматизации с точки зрения универсальности возможных проектных решений, находящаяся наиболее общие математические постановки этих задач в параметрическом виде. Для каждой из задач определяются параметры P_{ij} , $j = \overline{1, n_i}$, которые изменяются в конкретных производственных условиях:

$$l_i(\rho_i) \in k_i \in \Pi_i, j = \overline{1, n_i},$$

где l_i — i -я задача комплекса задач k_i функциональной подсистемы Π_i .

Затем задачи объединяются в комплексы и функциональные подсистемы.

Реализация задачи с помощью комплекса ТПР — Задача осуществляется в два этапа. На первом этапе делается выбор модулей задачи. Алгоритмы набираются из алгоритмических модулей. Алгоритмический модуль в этом случае — независимая часть алгоритма системы, выполняющая строго определенный вид обработки информации и содержащая стандартные средства связи с другими модулями системы. Состав модулей определяется параметрами настройки задачи. Выбор алгоритмических модулей базируется на специфике организационно-экономических процедур, конкретного производства. Составными частями алгоритмических модулей являются программные модули, представляющие собой типовые процессы расчета или стандартные процедуры обработки информации.

На втором этапе производится привязка модулей к информационной базе предприятия. Учет особенностей предприятия без нарушения принципов типового проектирования предполагает инвариантность информационной базы по отношению к техническим средствам хранения информации и возможность применения различных периферийных средств сбора и регистрации данных независимо от формата сообщений, структуры кодов и т. д.

Внутримашинная информационная база, определяемая для каждой подсистемы, представляет собой совокупность выходных массивов задач и нормативно-справочных массивов. Независимая разработка задач различных подсистем может привести к дублированию информации в различных информационных массивах. Для того чтобы максимально исключить возможность дублирования информации, необходимо прежде всего установить терминологическое и информационное единство всех реквизитов предприятия и правильно распределить функции получения промежуточных данных от различных подсистем.

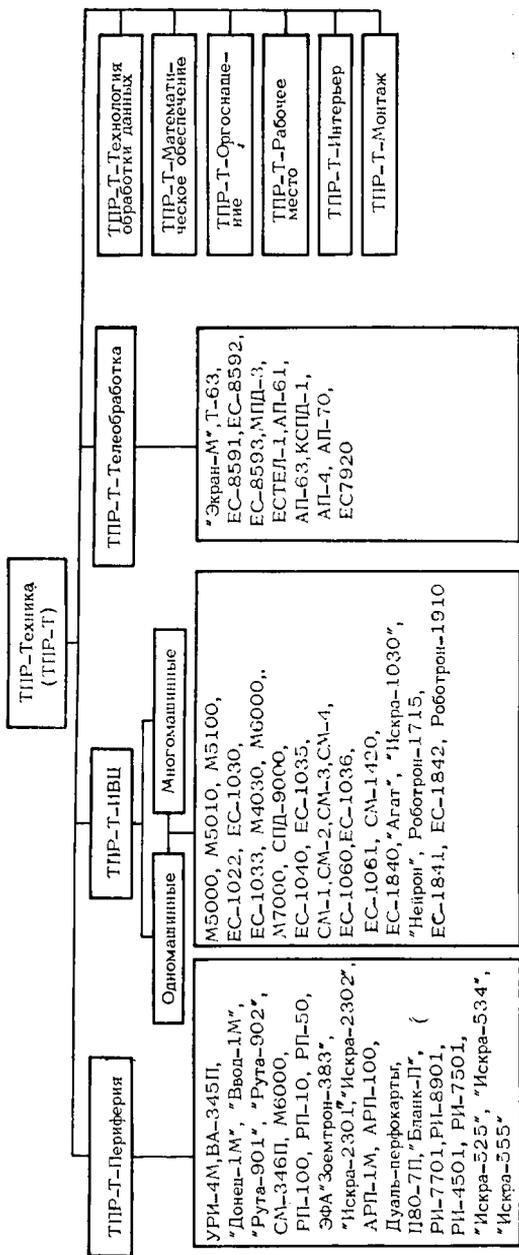
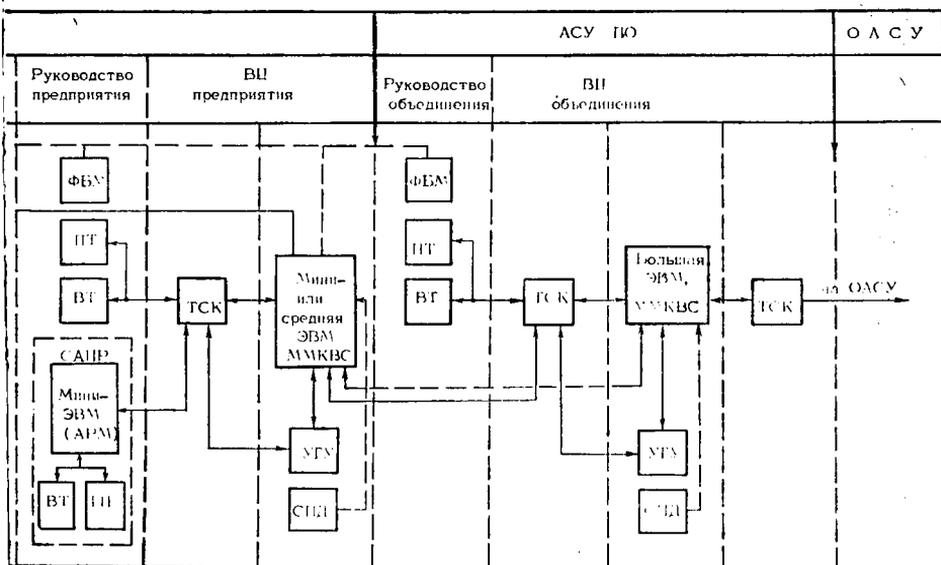


Рис. 2.5. Структура комплекса ТТР по техническому обеспечению АСУ



УРОВНИ ИИ АСУ

"ИСКРА-554" "ИСКРА-555" "ИСКРА-2100" ЕС 7934,00 АП-7251 ЕС 7927,00 АП-7252 ДМ-500 ДМ-2000 ВГА-700 ИГА-3000 ВТС-700 ВТС-2000 ЕС 7051 ЕС 7054М	МВД типа ЕС 8403 СМ-851-1 МОДИ ММ типа ЕС 8002 ЕС 8006 ЕС 8010	ЕС-1035 ЕС-1036 ЕС-1037 СМ-1 СМ-1420 СМ-1600 СПД-900М ЕС 9003 ЕС 7921	"ИСКРА-554" "ИСКРА-555" "ИСКРА-2100" ЕС 7934,00 ЕС 7927,00	МВД типа ЕС 8403 МОДИ ММ типа ЕС 8002 ЕС 8006 ЕС 8010 др. ЕС-1046 ЕС-1066 ЕС-1087 и др. ЕС 9003	ЕС-1045 ЕС-1075 ЕС-1060 ЕС-1065 ВК-2Р-45 ВК-2Р-50 ЕС 7921	МВД типа ЕС 8403 МОДИ ММ типа ЕС 8002 ЕС 8006 ЕС 8010 и др.	
--	---	---	--	---	---	--	--

структура КТС ИАСУ:

ВТ — дисплей; ГП — графопостроитель; Д — датчик; ИМ — исполнительный механизм; вычислительных средств; ПК — программируемый контролер; ПРИ — пультовый регистратор
ТСК — технические средства комплексирования; УСО — устройство связи с объектом; УГУ — ФБМ — фактурно-бухгалтерская машина

комплекса ТПР представлена на рис. 2.5, а структура КТС интегрированной АСУ (ИАСУ) — на рис. 2.6.

Внутренняя структура каждого типового решения строится по модульному принципу. При этом под модулем в этом случае понимается минимальный комплекс проектной документации на элемент КТС, имеющий самостоятельное применение при проектировании.

Рассмотрим детально ТПР по проектированию ИВЦ и периферийной техники (ТПР — Т — ИВЦ и ТПР — Т — Периферия).

ТПР — Т — ИВЦ имеет модульную структуру и содержит следующие материалы по техническому обеспечению ИВЦ:

рекомендации по применению типовых проектных решений, включающие общие рекомендации по применению ТПР; рекомендации по применению отдельных модулей ТПР; документ «Содержание и последовательность выполнения работ по проекту ИВЦ при применении ТПР ИВЦ», а также документ «Варианты КТС ИВЦ в условиях АСУП» с указанием типа ЭВМ, вариантов комплектности внешних устройств и средств перфорационного и счетно-клавишного оборудования; «Краткое описание технических средств ИВЦ» с указанием назначения и описанием функциональных возможностей технических средств ИВЦ (технико-экономические данные);

техническое задание на разработку рабочих чертежей КТС ИВЦ, включающее строительные электротехнические, санитарно-технические требования к проекту ИВЦ для размещения периферийных и технических средств ИВЦ;

технологический процесс обработки информации на ИВЦ, включающий организацию приема первичной информации, комплектование и подготовку технических носителей, обработку информации в вычислительном комплексе, контроль, размножение и выдачу выходных документов, технологические маршруты обработки данных;

организационную структуру и штаты ИВЦ, положение об ИВЦ предприятия, должностные инструкции персоналу ИВЦ.

В составе комплекса ТПР — Т — Периферия содержатся типовые решения по построению периферийного комплекса технических средств, которые включают технико-экономические характеристики используемых устройств, структурную схему (варианты) периферийного комплекса технических средств, технические параметры вариантов, рекомендации по применению, типовые решения по применению отдельных видов технических средств.

При использовании комплекса ТПР — Техника проектировщиками выполняются работы в следующей последовательности.

На проектной стадии выполнения работ (техническое и рабочее проектирование) производится уточнение исходных данных, выбор типа оборудования, определение структуры КТС, расчет загрузки технических средств; уточняется перечень ТПР соответствующим заданным областям применения; осуществляются привязки ТПР к условиям конкретной АСУ, расчет пропускной способности КТС.

Привязка к конкретной АСУ заключается в том, что определяется полный перечень модулей ТПР разных подклассов, выбранных для применения в данном проекте, возможность стыковки их в единый комплекс, степень использования отдельных модулей ТПР (частично или полностью), степень их доработки (возможно объединение некоторых из них в новое проектное решение), а также перечень оригинальных решений.

Возможность стыковки определяется из матрицы комплексирования элементов КТС иерархических систем, фрагмент которой приведен в табл. 2.4.

Табл. 2.4. Матрица комплексирования элементов КТС иерархических систем

Тип ЭВМ	ЕС ЭВМ	СМ-1, СМ-2	СМ-3, СМ-4	М-6000, М-7000
ЕС ЭВМ	УПУ, ЕС 4060 ДПУУ МНЗ ОС 6.1	471-1, ДПУУ, АПД, НМД ОС 4.0, ОС РВ, ОС 4.1, ППП ЕСМ	Модемы, МПД, БС АДС-1, А7118 Разрабатывается	А711-1, ДПУУ ОС 4.0, ДОС РВ ОС 4.1
СМ-1, СМ-2	А711-1, ДПУУ, АПД, НМД ОС РВ, ОС 6.1, ППП ЕСМ	А491-3, А153-1, А723-1 АПД, А151-2, НМД АС ПО	А71117 Не разработано	А491-3, А723-1, АПД ППП ЕСМ
СМ-3, СМ-4	БС АДС-1, модемы МПД ЕС ЭВМ, А71118 Разрабатывается	А71117 Не разработано	А71118, СМ-4501 ДОС РВ, ФОВОС, ОС РВ, ДИАМС	А7117 Не разработано
М-6000, М-7000	А711-1, ДПУУ ДОС РВ, ОС 4.0, ОС 4.1	А491-3М, А723-1, АПД ППП ЕСМ	МНЗ	А491-3, А151-1 ДОС РВ, ДОС 400

Обозначения

ДПУУ — двухканальный переключатель устройства управления; УПУ — устройство прямого управления; МНЗ — машинный носитель записи; АПД — аппаратура передачи данных; БС — блок связи; А151-1, А151-3 — каналы межпроцессорной связи; А151-2 — разветвитель сопряжения 2К; А491-3 — дуплексный регистр; А153 — канал межпроцессорной связи; А71117, А71118 — устройства сопряжения вычислительных машин; А711-1 — согласователь интерфейсов 2К/ЕС ЭВМ; ЕС-4060 — адаптер канал — канал; ППП ЕСМ — пакет прикладных программ «Организация обмена информацией между ЕС ЭВМ и УВК М-6000»; А723-1 — модуль быстрой передачи данных.

Возможны следующие варианты применения типового проекта в АСУ: без изменений, путем комплектовки проекта в целом из имеющихся модулей ТПР; с доработкой, под которой понимается изменение принципов, типа или количества технических средств обработки данных, что требует изъятия, добавления или замены отдельных модулей, причем новая совокупность модулей должна информационно-технически быть увязана между собой. Таким образом, если отдельные модули ТПР ИВЦ существующего набора не удовлетворяют конкретной АСУП, то разрабатывается индивидуальный модуль, которым может быть пополнена библиотека ТПР.

Для сравнения трудоемкости работ по проектированию КТС с использованием оригинального и элементного метода проектирования в табл. 2.5 приводятся полученные экспертным путем данные по сокращению трудоемкости выполнения проектных работ при проектировании на базе ТПР.

Метод подсистемного проектирования. Метод подсистемного проектирования характеризуется более высокой степенью интеграции типовых элементов АСУ, чем элементный. Декомпозиция АСУ при подсистемном проектировании осуществляется на уровне подсистем, при этом обеспечиваются их функциональная полнота, минимум интерфейсных связей, параметрическая настраиваемость и альтернативность схем в пределах значений входных параметров.

Табл. 2.5. Сокращение трудоемкости выполнения работ за счет использования ТПР, %

Наименование основных работ	Сокращение трудоемкости выполнения работ за счет использования ТПР, %
1	2
<i>Предпроектная стадия</i>	
Предварительное общее ознакомление с предприятием и целями при создании АСУ	—
Проведение подготовительных работ по обследованию предприятия	—
Анализ организационной структуры предприятия	—
Анализ функциональной структуры предприятия	—
Анализ материальных потоков на предприятии	—
Анализ потоков и состава информации	—
Разработка информационной модели	—
Составление краткой характеристики предприятия	—
Предварительный выбор технических средств	40
Разработка и утверждение ТЗ на создание АСУП	—
<i>Техническое проектирование</i>	
Предварительный выбор перечня используемых ТПР	—
Уточнение исходных данных для выбора КТС	10
Разработка задания на выбор КТС	25
Выбор типа вычислительного оборудования	30
Выбор типа копировально-множительного оборудования	30
Выбор типа периферийного оборудования	40
Выбор типа средств передачи данных	25
Определение структуры КТС	15
Уточнение перечня используемых ТПР	20
Расчет количества вычислительного оборудования	50
Расчет количества периферийного оборудования	30
Расчет пропускной способности КТС	40
Расчет надежности функционирования КТС	30
Уточнение структуры и состава КТС	25
Разработка технологических процессов преобразования информации на устройствах и пунктах преобразования	50
Разработка технологии преобразования информации в целом по КТС	40
Разработка структуры ИВЦ	60
Определение технико-экономических характеристик выбранного КТС	20
Составление сметы	20
Составление заявочных ведомостей	20
Разработка ТЗ на строительство зданий и помещений	30
Составление заказных спецификаций на КТС	20
Составление сводного перечня спецификаций и ведомостей	20
Разработка технических требований на новые устройства	10
<i>Рабочее проектирование</i>	
Разработка стандартных процедур работы с устройствами	60
Разработка схемы функциональных связей устройств КТС	35
Разработка схемы размещения периферийных устройств	25

1	2
Разработка чертежей размещения устройств в пунктах сбора и передачи информации	25
Разработка рабочего проекта ИВЦ	15
Разработка технического задания на проект монтажа КТС	15

В основе декомпозиции системы на подсистемы могут лежать различные принципы: функциональный, предметный, объединения функциональных задач и др.

Традиционен *функциональный принцип разделения*. При этом выделяются подсистемы технической подготовки производства, материально-технического снабжения, оперативного управления и др.

Предметная декомпозиция предполагает выделение подсистем в зависимости от объектов хозяйственно-производственного процесса («цех», «участок», «кадры», «материалы и комплектующие изделия»).

Принцип объединения функциональных задач построен на декомпозиции использования в подсистемах идентичных экономико-математических методов. Это позволяет при соответствующей интерпретации применять одни и те же пакеты в сфере материально-технического снабжения, основного и вспомогательного производств.

Каждая из выделенных подсистем представляется в виде ППП.

Пакет прикладных программ — функционально законченный проблемно-ориентированный комплекс программных средств, предназначенный для решения некоторого класса задач. Используемые в настоящее время пакеты прикладных программ можно разделить на два больших класса: ППП общесистемного назначения (методоориентированные); ППП функционального назначения.

К ППП общесистемного назначения относятся следующие пакеты: управления данными; типовых процедур обработки данных; методов математической статистики; методов дискретного программирования и др.

К ППП функционального назначения относятся пакеты, ориентированные на промышленные предприятия с дискретным и непрерывным характером производства, отраслевое управление, промышленную сферу и др.

Применение ППП дает возможность создать функционально законченные системы управления, решающие комплекс взаимосвязанных задач, начиная от расчетов перспективных планов, выбора оперативного плана-графика запуска-выпуска работ и кончая оперативным регулированием хода производственного процесса.

В общем виде ППП представляется из трех основных компонентов: функционального, системного наполнений и языка заданий.

Функциональное наполнение отражает специфику предметной области пакета и являются совокупностью модулей, которые представляют собой конструктивные элементы, используемые на раз-

личных этапах функционирования пакета. Состав функционирующего наполнения пакета отражает объем прикладных знаний, заложенных в пакете.

Системное наполнение представляет собой совокупность программ, которые обеспечивают автоматическое выполнение задания и взаимодействие пользователя с пакетом в рамках принятой в пакете технологии программирования. Можно говорить, что системное наполнение организует фактическое использование потенциала знаний, заложенных в функциональном наполнении, в соответствии с возможностями, предусмотренными в языке заданий пакета.

Язык заданий пакета является средством общения пользователя с пакетом. Он позволяет описывать последовательность выполнения различных операций, обслуживающих решение задачи. Допустимый набор операций, лексика и синтаксис языка заданий определяются принятой в пакете технологией программирования и предметной областью, которую он обслуживает.

Из приведенного выше краткого рассмотрения структуры пакета видно, что его принципиальным отличием от других компонентов программного обеспечения является гармоническое сочетание программного фонда, служащего для решения данного класса задач, с системными средствами, предоставляющими удобные услуги для использования и расширения этого фонда.

Привязка ППП к конкретному объекту может осуществляться по двум принципам: интерпретации и генерации. *Принцип интерпретации* заключается в адаптации информационного потока к особенностям ППП. При этом документация пакета и программы не меняется. При использовании *принципа генерации* создается новый программный комплекс, соответствующий требованиям объекта. Информационный поток воспринимается не исходным, а новым, сгенерированным комплексом программ с учетом специфики объекта.

Подсистемный метод проектирования нашел применение в таких системах, как PICS (IBM, США), SOPS (Robotron, ГДР), ППП ИСУП (НПО «Ленэлектронмаш», ГНИПИ-ВТ, Казань) и др. Рассмотрим подробнее наиболее типичные примеры ППП.

К числу отечественных разработок подсистемного метода проектирования относится программный комплекс ИСУП. Наиболее широкое распространение система получила в машиностроении.

Применение ИСУП позволяет создать формальную систему управления производством, которая реализует следующие функции: планирование очередности работ и материально-технического снабжения, анализ ресурсов производственных мощностей, регулирование очередности работ в соответствии с материальными и мощностными ресурсами. Данный пакет прикладных программ разработан в ЛИМТУ (Ленинградский институт повышения квалификации по методам и технике управления).

Структура комплекса ППП ИСУП представлена на рис. 2.7.

В состав функциональных пакетов прикладных программ входят следующие ППП: «Управление запасами» (ППЗ УЗ); «Плани-

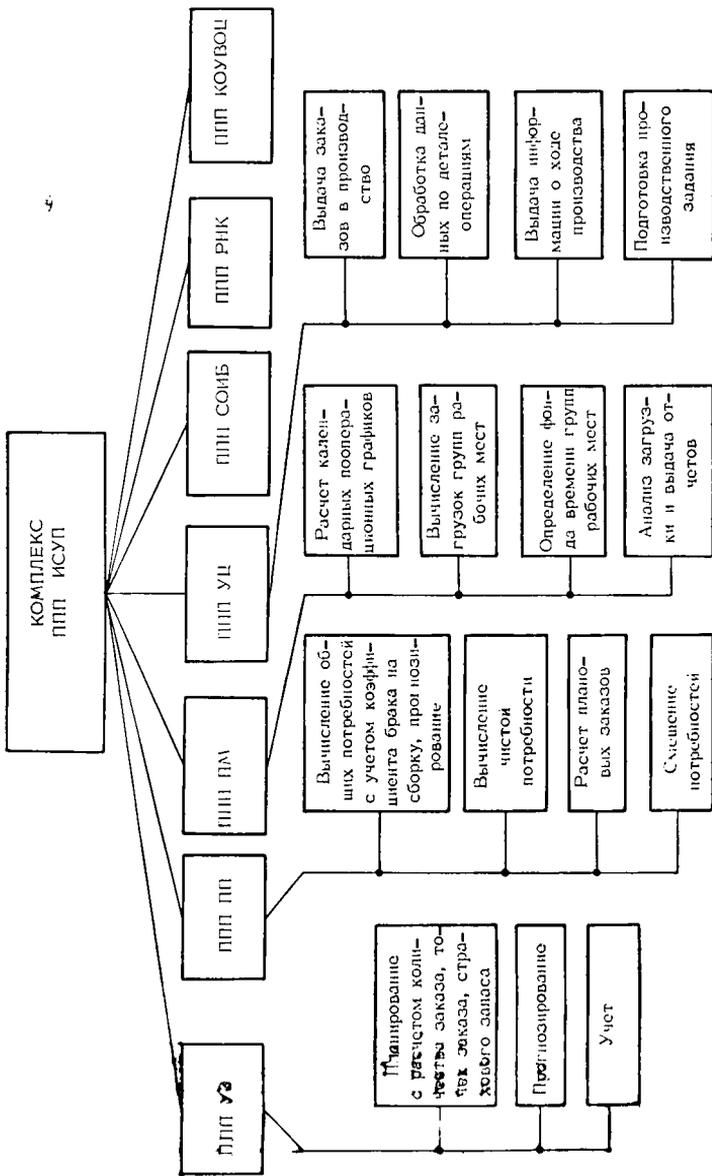


Рис. 2.7. Структура комплекса ППП ИСУП

рование потребностей» (ППП ПП); «Планирование мощности» (ППП ПМ); «Управление цехом» (ППП УЦ); «Система обслуживания информационной базы» (ППП СОИВ); «Расчет нормативных калькуляций» (ППП РНК); «Комплекс оперативного учета выпуска и отчетов за месяц по цехам» (ППП КОУВОЦ).

Все перечисленные пакеты функционируют только на базе СУБД СИОД. В настоящее время имеются следующие версии СИОД, работающие под управлением ДОС ЕС: СИОД1, СИОД2 и СИОД3. Все они реализуют концепцию банка данных и обеспечивают интегрированное накопление, хранение и поиск информации, отсутствие избыточности данных, возможность корректировки и организации информационных массивов.

Обычно внедрение ППП ИСУП осуществляется поэтапно, допускается использование каждого пакета в отдельности, однако наибольший эффект дает внедрение всех пакетов в комплексе.

ППП УЗ предназначен для решения задач управления материальными ресурсами предприятия с применением методов классической теории управления запасами. В пакете производится обработка информации из текущих документов о движении предметов по складам и формируются отчеты о состоянии запасов. ППП УЗ позволяет поддерживать в информационной базе АСУ реальные данные о складских запасах, которые используются для расчета потребностей материалов, комплектующих изделий и предметов собственного производства пакетом «Планирование потребностей».

ППП УЗ служит для предприятий с дискретным характером производства, однако особенно он эффективен в условиях многономенклатурного серийного производства со сложной структурой готовой продукции.

Одним из основных пакетов в комплексе ИСУП является ППП ПП. Пакет предназначен для выполнения следующих расчетов: потребности в деталях, сборочных единицах собственного изготовления, покупных изделий и материалов, необходимых для выполнения плана выпуска товарной продукции; размеров партий запуска деталей сборочных единиц собственного производства, размеров партий поставки материалов и покупных изделий; сроков запуска партий в производство с учетом длительности производственного цикла; сроков выдачи заказов на поставку покупных изделий и материалов с учетом длительности цикла поставки. ППП ПП самостоятельно без ППП «Управление цехом» не применяется. Это объясняется тем, что выходные документы расчета потребности очень громоздки и трудоемки для применения.

ППП ПМ предназначен для определения ресурсов оборудования и рабочей силы, необходимых для выполнения заданного плана выпуска товарной продукции, вычисленного пакетом ПП. ППП ПМ обеспечивает расчеты: загрузки оборудования, загрузки рабочих, затрат времени на подготовительные работы, календарных пооперационных графиков начала и завершения операций (пооперационного графика запуска-выпуска). Расчеты выполняются на основании детальных пооперационных норм времени по рабочим цент-

рам, взятым из технологической документации. На основе получаемых данных можно принимать решения об изменении структуры станочного парка, корректировать распределение производственной программы по периодам планирования, назначать и корректировать цеховые маршруты.

ППП УЦ предназначен для составления краткосрочных планов (от одного дня до месяца) для рабочих центров завода. На основании информации, выдаваемой ППП УЦ, персонал планово-диспетчерского отдела цехов и руководители производственных участков имеют возможность контролировать ход производства и принимать решения о сроках запуска изделий по операциям. Выполнение расчетов по управлению цехом с ППП осуществляется в следующей последовательности: выдача заказов в производство; подготовка производственных заданий; обработка учетных данных при прохождении заказов по детали-операциям; выдача информации о ходе производства по запросам.

В целях обеспечения обслуживания информационной базы, создаваемой на основе СУБД СИОД, разработан ППП СОИБ. Основным отличительным качеством ППП СОИБ является то, что он производит загрузку и корректировку массивов с различных документальных первоисточников по мере их поступления на обработку.

С помощью ППП РНК можно оперативно и качественно составлять нормативные калькуляции и использовать их для расчета внутризаводских планово-расчетных цен, оценки остатков незавершенного производства, оценки брака в производстве, установления оптовых цен на изделия.

ППП КОУВОЦ проводит оперативный учет выпуска и формирует месячные отчетные сводки по цехам.

Широкую известность в мировой практике получил комплекс ППП PICS. Система ориентирована на решение проблем управления машиностроительными и приборостроительными предприятиями с серийным и мелкосерийным характером производства, выпускающими продукцию, которая состоит из большого числа составных частей, имеющих много уровней сборки и длительные циклы изготовления. Информация, выданная системой, позволяет осуществлять своевременный их запуск. Система включает семь взаимосвязанных функциональных подсистем: управление техническими данными, прогнозирование сбыта, планирование потребностей, планирование мощности, оперативное планирование, управление цехом и управление запасами.

Другим примером разработки с использованием подсистемного метода может служить программный комплекс «Планирование мощности и оперативное управление» (ПМОУ), предназначенный для оперативно-календарного планирования в единичном и мелкосерийном производстве с позаказной системой планирования в сборочном производстве при длительном цикле изготовления, для управления работой цеха, складскими работами, проектными работами. Пакет может использоваться для внутрицехового планиро-

вания на предприятиях с дискретным характером производства и подетальной системой планирования. Применение программных комплексов ИСУП, ПМОУ и PICS обеспечивает высокую степень автоматизации проектирования, уменьшает трудоемкость проектных работ и доводит срок проектирования до 1,5 года, обеспечивает высокий научно-технический и качественный уровни проектирования. Однако создание конкретной АСУ на их основе предусматривает частичное проведение оригинальных работ. Это обусловлено тем, что в данных средствах отсутствует система глобального параметрического описания объекта управления, а в некоторых случаях организационно-экономические модели, заложенные и реализованные в соответствующих пакетах, оказываются недостаточно гибкими и требуют дополнения и развития.

Применение ППП, как и ТПР, вызывает необходимость предварительных и трудоемких исследований и работ по созданию самих ППП. Кроме того, использование ППП вообще изменяет структуру трудовых затрат на создание АСУ. По некоторым оценкам, трудоемкость предпроектной стадии возрастает в 8—9 раз. При этом трудовые затраты на техническое проектирование снижаются в 3—4 раза, а на разработку программных средств — в 9—12 раз.

Применение ППП сдерживается тем, что их внедрение приводит к необходимости перестройки сложившихся на объекте методов и структуры управления, изменению организационной структуры объекта, модернизации нормативной базы и др.

Применение ППП, как правило, позволяет автоматизировать одну функциональную подсистему. В связи с этим при проектировании АСУ возникает проблема комплексирования пакетов, заключающаяся в установлении интерфейсов между ними, и как следствие — наличие существенных трудностей ввиду их несовместимости.

В последнее время получило развитие направление на создание семейства совместимых пакетов, примером которого может служить пакет ИСУП.

Метод объектного проектирования. Метод объектного проектирования заключается в том, что АСУ создается для некоторого обобщенного объекта, имеющего специфические особенности предпринятой определенной группы. Классификация объектов по группам производится в зависимости от ряда особенностей, таких, как тип и характер производства, структура управления, объем выпускаемой продукции и др. В каждой из групп выбирается базовое предприятие и на его основе разрабатывается типовая АСУ, которая может быть без значительных изменений внедрена на всех объектах этой группы.

АСУ, построенная на основе метода объектного проектирования, характеризуется единой схемой накопления, хранения и обмена информацией, обеспечивающей исходными данными все задачи АСУ; единством форм документов как для непосредственного их использования на производстве, так и для ввода в ЭВМ; единством

способов информационного отображения производственно-хозяйственной деятельности.

При проектировании АСУ для базового предприятия могут использоваться любые методы и средства проектирования. Однако при этом необходимо применять в проектируемой системе блоки настройки на особенности объекта управления, которые обеспечивают автоматическую настраиваемость на форматы данных, варианты расчета некоторых показателей, структуру информационных массивов, формы входных и выходных документов, ресурсы вычислительной системы и др.

Частным случаем объектного проектирования является метод группового проектирования. Метод основан на том, что группа объектов, для которой разрабатывается проект, однотипна по своим характеристикам, имеющиеся различия незначительны и не требуют введения элементов настройки в типовой проект. В составе группы выбирается базовый объект, проводятся мероприятия по совершенствованию его организационной структуры, документооборота, системы классификации и кодирования технико-экономической информации и др. Для этого объекта с учетом элементов совершенствования его характеристик разрабатывается проект, который является эталоном для всех остальных объектов группы.

Опыт проектирования показал, что многообразие характеристик и особенностей объектов управления затрудняет полный их учет в рамках проводимых классификаций объектов. У каждого объекта имеются свои специфические особенности, обусловленные рядом объективных и субъективных факторов. Это зачастую приводит к тому, что затраты на переделку типового проекта для конкретного объекта и модернизацию самого объекта управления приближаются к затратам на разработку оригинального проекта, что является основной причиной, сдерживающей широкое применение объектного метода.

Примерами систем, которые создавались методом объектного проектирования, могут служить АСУ «Львов», «Кунцево», «Барнаул», «Сигма», из зарубежных систем — LAMBDA (Италия), MARS III (США).

Метод модельного проектирования. Как отмечалось ранее, метод модельного проектирования ориентирован на использование формализованных моделей и методов в процессе создания АСУ и применения ЭВМ для реализации этих методов на всех стадиях создания АСУ.

Модельный метод характеризуется следующими признаками: наличием глобальной информационной модели, системностью, перемещением критериев управления, глобальностью параметров настройки, наличием аппарата совершенствования и развития исходной информационной модели.

Центральным звеном системы автоматизированного проектирования, реализующей модельный метод, является построение и поддержание в адекватном состоянии некоторой глобальной модели экономической информации системы управления объектом. При

этом под моделью экономической информации понимается некоторое отображение информационных компонентов объекта управления и отношений между ними, заданное в явном виде.

Специфика задач автоматизации проектирования АСУ заключается в том, что постановки задач проектирования часто носят неформальный характер, существенные трудности возникают при получении исходных данных на разных стадиях проектирования.

В настоящее время сложились следующие основные подходы к проблеме формализации и автоматизации на этой основе процесса проектирования АСУ:

1) синтез моделей вариантов проекта АСУ, его отдельных частей и элементов с последующим выбором из них оптимального варианта проекта системы (оптимальный синтез);

2) построение рационального варианта проекта АСУ на базе анализа типовых вариантов построения элементов, отдельных частей и всей системы с использованием имитационных моделей (имитационное моделирование);

3) применение методов локальной оптимизации (квазиоптимальный подход).

Недостатком последнего является то, что он не предлагает единого подхода к решению проблемы и не ведет к построению оптимальной модели системы в целом.

Имитационное моделирование — направление, широко используемое в настоящее время, позволяющее автоматизировать процесс построения рационального варианта структуры, но не гарантирующее оптимального решения. Качество разработки при этом существенно зависит от опыта разработчиков.

Исследование АСУ с использованием имитационного моделирования обычно состоит в выполнении следующих работ: анализа системы формирования математической модели и предсказания поведения системы с помощью расчетов на модели, проведения численных экспериментов для проверки правильности модели, обработки результатов эксперимента и оценки пригодности модели.

Для имитационного моделирования разработаны специализированные языки GPSS, ДИНАМО, СИМУЛА, GASP, СИМСКРИПТ и др. При моделировании систем средней сложности и отсутствии опыта работы со специализированными языками возможно и целесообразно применение широко известных языков программирования ФОРТРАН, ПЛ-1, АЛГОЛ. Вместе с тем следует учитывать основные недостатки их использования при решении задач имитационного моделирования: многократного составления программ типовых процедур имитационных процессов; трудностей создания компактного способа представления имитационных и статистических данных ряда характеристик системы.

Методы имитации в отдельных случаях более трудоемки, чем математические методы, но часто просты в использовании и хорошо воспринимаются не подготовленными к работе с моделями специалистами.

Единый подход к разработке оптимального проекта АСУ в це-

лом обеспечивается в рамках первого подхода — оптимального синтеза. Сложность реализации данного подхода связана с трудностями получения исходных данных на ранних этапах проектирования для синтеза вариантов построения АСУ. Ценность подхода заключается в создании общей методологии оптимального синтеза АСУ, выделении типовых задач синтеза и их взаимосвязи в технологическом процессе проектирования.

До настоящего времени не представляется возможным рассмотреть автоматизацию проектирования АСУ на базе этого метода как единого целого. Однако последние годы отмечены интенсивным совершенствованием формализованных моделей и методов проектирования, пригодных для использования в составе систем автоматизированного проектирования.

Характеристика существующих систем автоматизации проектирования. Примерами систем автоматизации проектирования являются: ISDOS (США), PROTÉE (Франция), МАРС — АСУП (ЦНИИТУ, Минск), АРИУС (ИПУ, Москва), СМО — Проблема (Ленэлектронмаш, Ленинград).

Рассмотрим наиболее развитые отечественные системы автоматизированного проектирования АСУ.

МАРС — АСУП представляется в виде системы взаимосвязанных (функционально и информационно) программно-алгоритмических комплексов, представленных на концептуальной схеме системы МАРС (рис. 2.8).

Автоматизация процесса проектирования на этапах создания и развития АСУП обеспечивается функциональными комплексами МАРС: МАРС — Модель, МАРС — Параметр, МАРС — Техника, МАРС — Проба, Генератор АСУП, МАРС — Отладка, МАРС — Тренд, МАРС — Телеобработка, МАРС — Букварь.

Рассмотрим назначение составных частей системы МАРС — АСУП.

1. МАРС — Модель служит для создания и ведения информационной базы всей системы и состоит из созданной в памяти ЭВМ гипотетической модели (ГМ) информационно-экономической системы, а также средств ведения этой модели, проверки ее на конкретность и получение данных, интересующих проектировщиков АСУП. ГМ является информационной базой системы МАРС, призванной служить накопителем ТПР по информационно-экономической системе некоторой отрасли.

2. МАРС — Параметр служит для автоматизированного построения информационно-экономической системы конкретного предприятия на основе гипотетической модели. Здесь реализуются следующие функции: анализ результатов предпроектного обслуживания; выбор модели предприятия из гипотетической модели; расширение выбранной модели предприятия за счет оригинальных решений; проверка корректности информационных связей в модели предприятия; определение характеристик модели предприятия.

Процесс формирования модели информационно-экономической системы конкретного объекта или, другими словами, параметриче-

ское предпроектное обследование предусматривает: получение таблиц параметров и форм выходных документов, характеризующих данный объект; машинную корректировку имеющейся в ГМ гипотетической таблицы решений; распечатку (в последующем) документации технического проекта.

Следует отметить, что при этом претерпевает изменение функция обследования: объектом являются параметры предприятия, а не функции управления, которые понимались как задачи. По полученным параметрам выбираются не отдельные задачи локального характера, а совокупность взаимосвязанных решений.

3. МАРС — Проба осуществляет построение логической и физической структур базы данных и аппарата доступа и ведения информационной базы данных.

В состав комплекса МАРС — Проба входят: система организации и ведения системного файла (СОВСИФ); система автоматизации проектирования структуры информационной базы (САПИБ); система управления базами данных сетевой структуры (СУБД СЕТКА).

4. В функции Генератора АСУП входит построение программного обеспечения АСУП и средств управления вычислительным процессом. Он включает язык постановок задач, транслятор с данного языка и систему управления проектированием и функционированием.

Язык постановок задач — это проблемно-ориентированный язык, который позволяет формализовать описание постановок задач, связанных с обработкой экономической информации.

Проектирование программного обеспечения заключается в следующем: построении технологического процесса решения задачи на ЭВМ, т. е. построении алгоритма обработки информации; выборе вариантов и структур программных модулей; генерации программных модулей. Реализация этих функций возложена на транслятор с языка постановок задач.

В функции системы управления проектированием входят: управление процессом проектирования ПО, планирование вычислительного процесса и управление им. В настоящее время заканчивается создание системы генерации программ обработки экономической информации («ОБРАБОТКА»).

5. МАРС — Телеобработка представляет программный аппарат для работы системы. МАРС работает в режиме телеобработки.

6. МАРС — Отладка является системой тестирования модели и рабочих программ АСУП. Предназначена для выявления ошибок, их локализации и исправления в процессе проектирования АСУП средствами МАРС на всех его стадиях.

7. МАРС — Техника реализует выбор типа ЭВМ, расчет конфигурации ЭВМ, необходимого периферийного оборудования, эксплуатационных материалов, проектирование ИВЦ.

8. МАРС — Тренд обеспечивает модернизацию функционирующей АСУП, в том числе дополнение ее новыми компонентами. Си-

стема предназначена для использования при функционировании АСУП, разрабатываемых средствами МАРС — АСУП.

9. МАРС — Букварь представляет собой комплекс методических материалов по эксплуатации системы МАРС. Сюда же включаются материалы, обеспечивающие возможность развития, модернизации функционирующей АСУП, полученной средствами МАРС.

Таким образом, основными функциональными частями МАРС являются МАРС — Параметр, МАРС — Проба, Генератор АСУП, МАРС — Техника (которые на рис. 2.8 выделены двойной линией), каждая из которых имеет самостоятельное применение. Это позволяет осуществлять отладку, практическое опробование и применение каждой системы в отдельности с последующей их интеграцией в единую систему.

Углубленная информационно-логическая структура МАРС — Техника (рис. 2.9) содержит информационную базу и пять подсистем. Информационная база включает: описание технических средств; справочные данные по задачам АСУ, паспорт модулей ТПР — Техника, модули ТПР — Техника. В соответствии со своим назначением она строится, как ИПС, которая накапливает, обрабатывает, контролирует и выдает информацию об эксплуатационных и технико-экономических характеристиках ТС; номенклатуре и комплектации ТС и КТС; области применения, функциональном назначении, совместимости ТС; характеристиках типовых процедур обработки информации.

В комплексном режиме запросы к ИПС будут формироваться другими подсистемами во внутрисистемных кодах. Математическое обеспечение подсистем представляет собой комплекс программ, написанных на АССЕМБЛЕРЕ и алгоритмическом языке ПЛ-1.

Подсистема основного оборудования включает: распределение времени решения задач по стадиям технологического процесса; расчет оптимальной конфигурации ЭВМ; выбор и расчет количества ЭВМ; построение расписания задач АСУ; выбор и размещение ПТС.

Выбор типа ЭВМ и расчет ее комплектации основан на расчете стоимости реализации «средней задачи», по минимуму которой осуществляется выбор. При расчете количества ЭВМ основой является проверка вариантности реализации всех алгоритмов в заданные сроки с заданной вероятностью своевременного выполнения. Выбор типа и расчет количества периферийного оборудования производятся на стадии технического проекта после предварительного выбора структуры КТС.

Методика выбора типа средств сбора, регистрации информации и видеотерминальных устройств основывается на расчете взвешенной оценки функциональных характеристик этих средств. Весовые коэффициенты назначаются проектировщиками с учетом важности тех или иных характеристик.

Методика выбора аппаратуры передачи данных (АПД) основывается на расчете рациональной конфигурации сети передачи данных. Выбор типа АПД осуществляется исходя из требуемой пропускной способности различных участков сети.

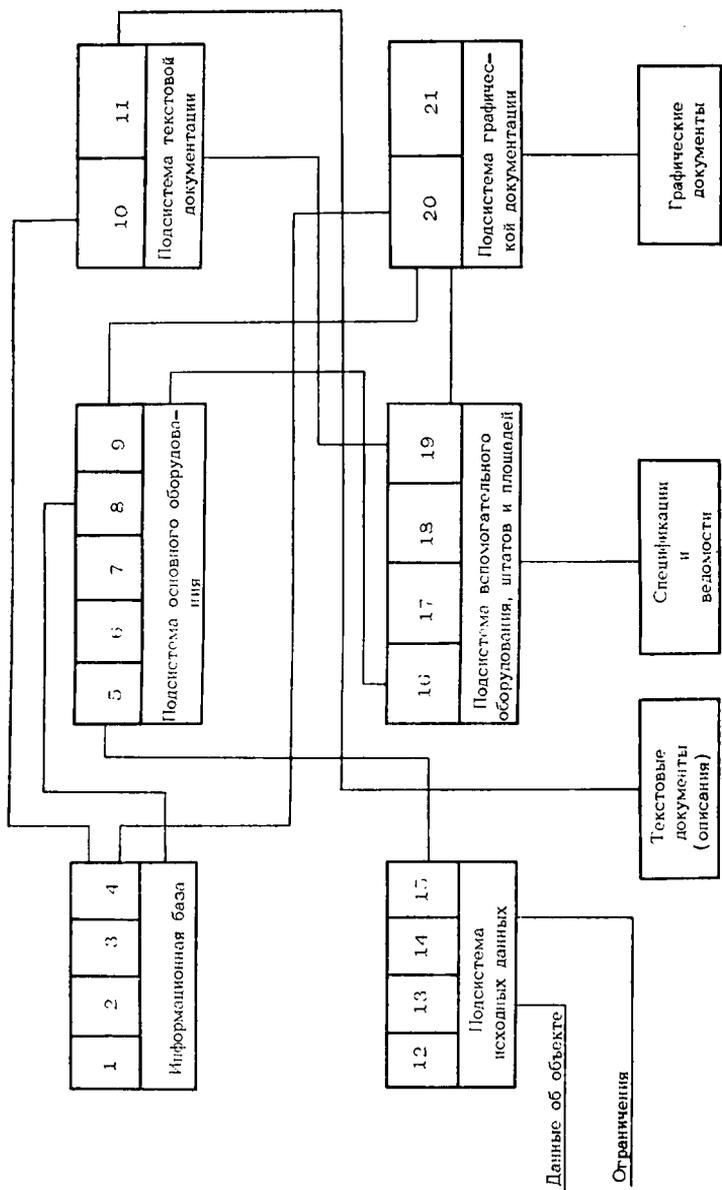


Рис. 2.9. Укрупненная информационная схематическая структура МАРС — Техника

При выполнении всех этих задач решается ряд новых вопросов. Сюда относятся выбор режимов многопрограммной работы ЭВМ (сколько вычислительных работ надо обрабатывать на ЭВМ совместно, как распределить ее ресурсы — ОЗУ, ВЗУ и т. д.) и подробное определение комплектации ЭВМ. Кроме того, решаются следующие вопросы: распределение вычислительных работ между ЭВМ и программными разделами; распределение файлов (массивов информации) между накопителями на магнитных дисках (НМД) и лентах (НМЛ); назначение пакетов МД и МЛ для хранения каждого файла, закрепление за файлами НМД и НМЛ. Осуществляется также распределение ПТС за пунктами сбора информации, выбираются маршруты сбора информации, определяется, нужна ли сеть связи и где она должна быть проложена.

Подсистема текстовой документации включает редактирование и автоматическую компиляцию текстов. Она предназначена для составления, редактирования, вывода и оформления текстовой части документации АСУ (текста, таблиц, формул). Данная подсистема осуществляет ввод исходных данных, необходимых для составления и компоновки текстовой части проектов, диалоговую разработку переменной части текстовой информации, поиск постоянной части информации в справочно-информационном фонде системы; компоновку текстовой информации, редактирование и вывод ее с оформлением документации. Текстовая документация оформляется в соответствии с ГОСТ 2.104 — 68 «Основные надписи» и ГОСТ 2.105—79 «Общие требования к текстовым документам».

Подсистема исходных данных включает: расчет объемных характеристик массивов алгоритмов задач АСУ; компоновку массивов; размещение массивов на носителях; расчет времени решения задач АСУ. Головной в подсистеме является задача расчета объемных характеристик типовых массивов. Данными для этого служат характеристики объекта внедрения АСУ. Рассчитанные объемы массивов являются исходными для выполнения других задач подсистемы.

Подсистема вспомогательного оборудования, штатов и площадей включает расчеты оргтехники, вспомогательного оборудования и материалов, штатов и площадей. Задачи подсистемы являются задачами прямого счета, на основании нормативов потребления соответствующих ресурсов рассчитываются соответствующие показатели. Очередность выполнения задач соответствует порядку их перечисления. Задачи могут выполняться многократно, если проектировщик КТС не удовлетворен результатами расчета и желает что-либо уточнить (изменить время работы некоторых видов ТС, ограничить перечень типов ТС и т. п.).

Подсистема графической документации осуществляет компоновку планировок и схем. Данная подсистема предназначена для редактирования, вывода и оформления графической части документации АСУ (графики, рисунки, чертежи, схемы).

В подсистеме МАРС — ТЕХНИКА рассматриваются два режима — комплексный и автономный. В комплексном режиме все за-

дачи решаются при получении исходных данных и передаче результатов в другие подсистемы МАРС — АСУП. В автономном режиме вся подсистема работает независимо от МАРС — АСУП.

САПР АРИУС образуют: языковые средства для описания постановок задач и информационных потребностей абонентов; инструментальный комплекс — аппаратное и программное оборудование для решения задач анализа и синтеза систем; оперативный комплекс — аппаратное и программное оборудование, устанавливаемое на объекте управления в качестве машинной части интегрированной системы.

Языковые средства АРИУСа имеют вид таблиц — спецификаций материалов обследования и информационного проекта системы. Они позволяют: задавать стандартизованные и оригинальные процедуры вычисления элементарных показателей; включать в систему типовые и оригинальные модули; использовать аппарат таблиц решений; использовать в качестве терминальных устройств АЦПУ, устройства дистанционной печати, световое табло, дисплей, пульта ручного ввода информации, автоматические датчики, устройства ввода с перфокарт; осуществлять формализованное описание связей между управленческим персоналом, документами, задачами и функциями управления как в действующей, так и проектируемой системе.

Принятая в АРИУСе организация модели в виде табличных форм вытекает из определения объекта управления (это совокупность предметов и процессов, обладающих контролируемыми свойствами и признаками). Имена свойств и признаков задаются с использованием языковых средств, которые обеспечивают представление отношений между компонентами объекта управления в виде совокупности таблиц определенного формата.

Языковые средства АРИУСа ориентированы одновременно как на задачи синтеза, так и на задачи анализа системы управления.

Инструментальный комплекс образует универсальная ЭВМ с операционной системой, дополненная пакетом инструментальных программ. Эта совокупность создает банк описаний, которые составляются с помощью языковых средств АРИУСа. Прикладные программы реализуют алгоритмы информационного анализа и информационного проектирования системы. Конечной продукцией инструментального комплекса является управляющий текст — совокупность данных, которые необходимы для информационного управления объектом и ЭВМ. Инструментальный комплекс устанавливается в НИИ и КБ.

Оперативный комплекс представляет собой универсальную ЭВМ с операционной системой, предназначенную для работы с терминальным оборудованием АСУ. Операционная система дополняется управляющим пакетом программ, который обеспечивает чтение и исполнение управляющего текста (УТ). Оперативный комплекс ориентирован на применение одной ЭВМ. В дальнейшем предусматривается возможность создания сетей АРИУСа — многомашинных

комплексов, совместное функционирование которых организуется в соответствии с принципом информационного управления.

В схеме проектирования и совершенствования АСУ в условиях АРИУСа выделяются четыре фазы (рис. 2.10), которые образуют замкнутый цикл: анализ объекта и системы управления (работы, выполняемые на основе содержательного, неформального подхода); постановка задач (формализация); автоматизированная разработка; внедрение информационного проекта.

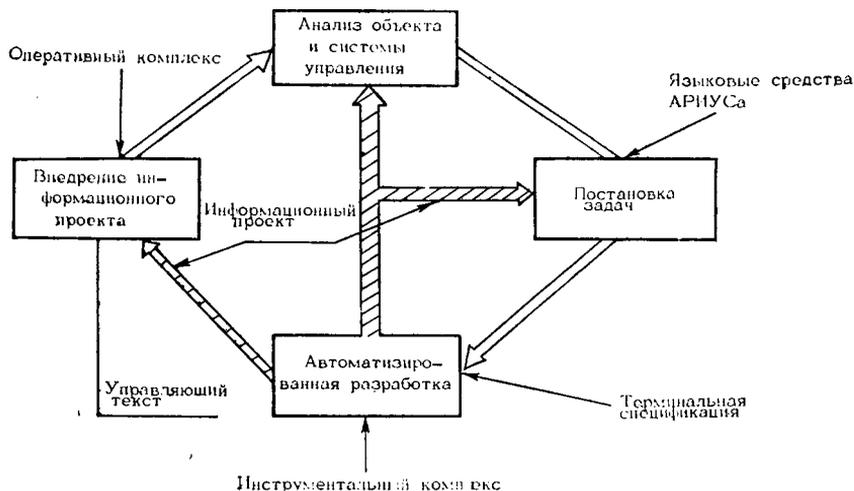


Рис. 2.10. Схема проектирования и совершенствования АСУ в условиях САПР АРИУС

Принятое в АРИУСе деление отражает последовательность перехода от неформального анализа (фаза анализа объекта и системы управления) к формализации (фаза постановки задач), которая является основой автоматизации процессов анализа и синтеза информационного проекта (фаза разработки). Завершающей является фаза внедрения информационного проекта. За ней может снова следовать фаза анализа функционирования объекта и новой системы управления. В результате такого анализа могут появиться содержательные предложения о корректировках решаемых задач, расширении контура АРИУСа, модернизации методов решения тех или иных задач. Это немаловажно для выполнения последующих фаз: постановка задач — разработка — внедрение. С каждым циклом увеличивается объем информации, которой располагает проектировщик системы. Эту информацию содержит информационный проект системы, материалы которого оказывают проектировщику все большую помощь.

Эффективность автоматизации разработки возрастает от цикла к циклу, от проекта к проекту. На рис. 2.11 показана линейная схема потоков информации для одного цикла АРИУСа. Продукцией инструментального комплекса является информационный проект,

который состоит из двух основных компонентов: метаинформационной модели (МИМ) и УТ. МИМ является источником той информации, которая необходима для анализа и синтеза системы управления. Она состоит из четырех компонентов: тезауруса, генеральной спецификации показателей (ГСП), спецификации нормативных таблиц (СНТ), таблиц анализа и конструирования организации (ТАК).

Тезаурус АРИУСа — это полный список названий, категорий, свойств и признаков элементов объектной системы, связей и отношений между ними. В тезаурусе отображаются элементы объекта

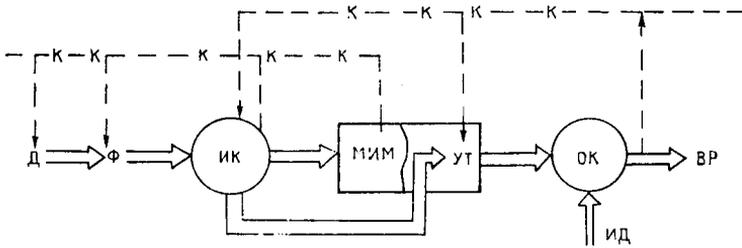


Рис. 2.11. Линейная схема потоков информации для одного цикла АРИУСа:

Д — коллекция документов; Ф — формализованное описание; ИК — инструментальный комплекс; МИМ — метаинформационная модель; УТ — управляющий текст; ОК — оперативный комплекс; ВР — внешние результаты; ИД — исходные данные; → — прямой поток; К → — обратная связь (корректировка и модернизация)

управления, логические отношения между переменными, область допустимых значений переменных. Тезаурус является одним из основных элементов, обеспечивающих развитие технологии и переносимость проектов, разрабатываемых в системе АРИУСа. ГСП — следующий за тезаурусом уровень МИМ. Единицами тезауруса являются отдельные характеристики и признаки, а единицами генеральной спецификации показателей — их совокупности.

В информационных системах различают оперативную и условно-постоянную информацию. В АРИУСе формы элементарных оперативных сообщений (например, количество видов продукции, выпущенной на определенном участке в течение смены) составляют ГСП. Различные нормативные данные, например технологические нормативы, являются достаточно устойчивыми. Описание, перечень и структура нормативных таблиц выделены в специальный раздел метаинформационной модели — СНТ.

В ТАК дается описание связей информации с ее источниками и потребителями, число операций, выполняемых персоналом в единицу времени, форм носителей информации и путей их достижения, данных для анализа и синтеза информационных потребностей пользователей и ряд других данных.

Системное ведение МИМ и УТ обеспечивает системное накопление опыта проектирования, перенесение технологии и проектных решений, корректировку разработанных проектов на различных уровнях цикла проектирования.

Система машинного синтеза АСУП СМО — Проблема может рассматриваться как развитие направления проектирования, связанного с созданием проблемно-ориентированного математического обеспечения, а также пакетов прикладных программ таких систем. Разработка выполнена в НТПО «Ленэлектронмаш».

Основное назначение проблемно-ориентированного математического обеспечения АСУП — создание комплекса алгоритмических и программных средств, обеспечивающих эффективные методы разработки и реализации АСУП в принятой в рамках СМО — Проблема идеологии управления.

Особенности разработанной системы: 1) возможность автоматизации процесса проектирования АСУП; 2) синтезируемые АСУП представляют собой замкнутые управляющие системы, построенные на базе вероятностных моделей; 3) синтезируемые АСУП обладают адаптивными свойствами.

Проблему управления на любом промышленном предприятии можно сформулировать следующим образом: распределить ресурсы в каждый момент времени планового периода так, чтобы достигалась цель — выполнение плановых заданий, а критерий управления стремился к экстремуму.

В качестве критерия в системе использован максимум вероятности выполнения номенклатурных планов по важнейшим видам продукции с учетом ее качества и объема реализации в целом при ограничениях на производственные ресурсы.

Весь комплекс задач системы разбит на внешние и внутренние задачи управления. К внешним относятся задачи, оторванные от задач расписаний и носящие характер прогноза. Сюда входят задачи составления оптимального плана производства, расчет оптимальных размеров партий, расчет материально-технического обеспечения и др.

К внутренним задачам управления относятся: составление расписания запуска работ, расчет страховых запасов, регулирование по измеренным отклонениям, учет и анализ хода производства.

Система управления, генерированная в СМО — Проблема, содержит следующие условные функциональные подсистемы:

- 1) «Технико-экономическое планирование» (8 задач);
- 2) «Управление основным производством» (9 задач);
- 3) «Управление вспомогательным производством» (4 задачи);
- 4) «Управление материально-техническим снабжением» (УМТС) (10 задач);
- 5) «Управление сбытом» (5 задач);
- 6) «Бухгалтерский учет» (БУ) (2 задачи);
- 7) «Страховые запасы» (3 задачи);
- 8) «Техническая подготовка производства» (ТПП) (2 задачи).

Приближенная функциональная схема системы управления представлена на рис. 2.12. Информационной базой для решения всего комплекса задач АСУ являются 4 нормативных массива: конструкторской спецификации; технологических маршрутов; оборудования; номенклатуры планов производства. Информационная база

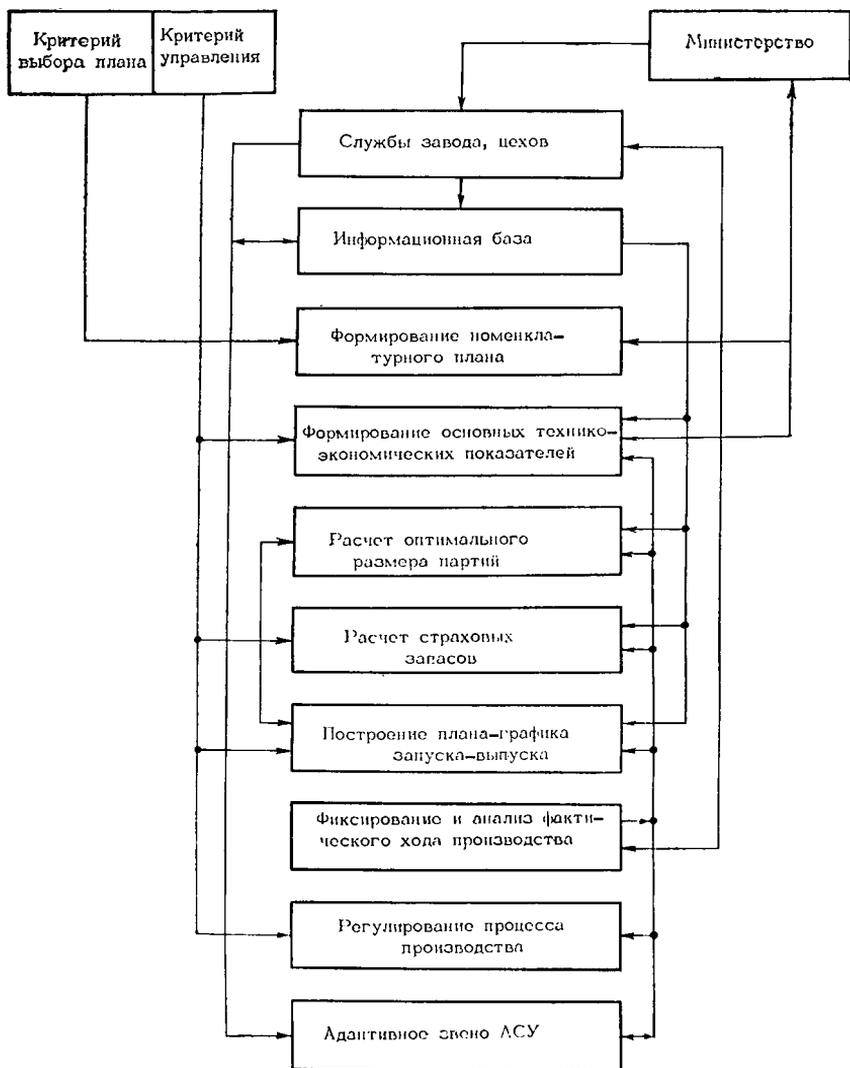


Рис. 2.12. Приближенная функциональная схема системы управления предприятием, принятая в рамках «СМО — Проблема»

содержит также оперативную информацию о состоянии производственного процесса, которая поступает из входных документов.

При проектировании АСУП конкретного предприятия необходим этап генерации, на котором происходит настройка всех алгоритмических решений на соответствующие объемы информации конкретного предприятия. Предварительным является этап подготовки генерации, который заключается в согласовании множеств входных и выходных реквизитов для АСУП предприятия-заказчика. С програм-

мною точки зрения генератор АСУП СМО — Проблема представляет собой набор модулей, реализующих все функции АСУП, допустимые в системе и настраиваемые на конкретные особенности предприятия, а также программные средства машинного синтеза. Различные элементы настройки осуществляют на первом этапе генерацию АСУП, используя подготовленную информацию, формируют и заносят в библиотеку АСУ рабочие программы ввода-вывода документов, сортировок-слияния наборов, обработки графов. На втором этапе генерации системы формируются таблицы генераций модулей систем и на их основе — библиотека рабочих программ АСУ. Этап заканчивается распечаткой текстов программ рабочих модулей АСУ предприятия-заказчика. СМО — Проблема позволяет настраивать систему на параметры конкретного предприятия в течение 2—3 месяцев.

2.5. СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ АСУ

Под *структурой АСУ* будем понимать совокупность ее элементов, а под *синтезом структуры АСУ* — процесс перебора возможных вариантов ее построения (взаимосвязей элементов и самих элементов) в соответствии с заданными критериями эффективности.

В общем случае синтез структуры АСУ включает: выбор принципов построения системы управления; распределение функций управления по узлам и уровням иерархии АСУ; выбор методов решения функциональных задач и согласование их целей с общими целями всей системы; распределение задач и функций между техническими средствами; определение оптимальных взаимосвязей между всеми элементами структуры системы; выбор технических средств для решения задач и обеспечения связей в системе. Учет всех перечисленных факторов в рамках общей задачи синтеза вызывает значительные трудности из-за большой размерности задачи и невозможности получения достоверных исходных данных. Формально задача сводится к поиску оптимального отображения множества взаимосвязанных функций (с учетом альтернативных вариантов выполнения задач и их этапов) на множество взаимосвязанных элементов системы (с учетом альтернативных вариантов их реализации).

Качество отображения характеризуется чаще всего стоимостью разработки и эксплуатации системы, временем выполнения задач, надежностью, точностью, достоверностью решения.

При формализации постановки задачи используются схемы отображения взаимосвязей элементов структуры (табл. 2.6).

С учетом введенных обозначений задача синтеза структуры в общем случае формулируется следующим образом:

$$F_o(X_{ik}, X_{imn}, X_{lmj}, X_{jp}) \rightarrow \text{opt},$$

при ограничениях

$$F_\eta(X_{ik}, X_{imn}, X_{lmj}, X_{jp}) \leq (\geq, =) F_\eta, \quad \eta = \overline{1, \eta_0},$$

Табл. 2.6. Схема отображения взаимосвязей элементов

Условие	Формализация условия
Выбирается вариант закрепления этапа за элементом (узлом) системы	$m = \overline{1, m_i} - \text{этапы } i\text{-й задачи,}$ $j = \overline{1, J} - \text{узлы системы, тогда:}$ $X_{imj} = \begin{cases} 1, & \text{если } m\text{-й этап } i\text{-й задачи выполняется в } j\text{-м узле,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$
Выбирается вариант решения задачи и вариант решения каждого этапа	$X_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я задача решается } k\text{-м способом,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$ $X_{imn} = \begin{cases} 1, & \text{если } m\text{-й этап } i\text{-й задачи решается } n\text{-м способом,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$
Выбирается способ реализации узла	$X_{jp} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й элемент реализуется } p\text{-м способом,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$

где F_0 — критерий оптимизации (показатель качества); F_{η} — ограничения возможных типов на альтернативные варианты построения структуры.

Приведем примеры ограничений.

1. Ограничения на затраты по разработке системы

$$\sum_{imj} K_{imnj} X_{imn} X_{imj} \leq K,$$

где K_{imnj} — затраты на разработку m -го этапа i -й задачи, решаемого в n -м варианте в j -м узле.

2. Ограничения на затраты по созданию системы. Пусть l_{ikmn} — тип набора технических средств, используемых для решения m -го этапа i -й задачи, решаемой в k -м варианте, и C_l — стоимость набора l , тогда ограничения на функцию затрат будут иметь вид

$$\sum_{ij} C_l X_{lj} \leq C,$$

где

$$X_{lj} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{ikmn} X_{ik} X_{imn} X_{imj} \geq 1, \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

3. Ограничения типа равенства на число возможных вариантов решения задачи:

$$\sum_{k=1}^{ki} X_{ik} = K_i, \quad i = \overline{1, I}.$$

Аналогично с использованием булевых переменных могут быть записаны ограничения на эффективность и оперативность выполнения задач в узлах системы, затрат на эксплуатацию системы, загрузку узлов системы и др. Состав ограничений определяется спецификой синтезируемой системы.

Различные постановки задач синтеза структуры приводят к сложным задачам математического программирования, которые в графовой интерпретации сводятся к выделению оптимального под-

графа на графе альтернативных вариантов. Часто использование известных приемов (введение дополнительных переменных и ограничений) позволяет привести задачу к линейному виду. Наиболее общим методом решения задач синтеза структуры АСУ является схема «ветвей и границ».

Рассмотрим задачу синтеза оптимальной модульной структуры информационного и программного обеспечения. Модульный принцип проектирования программного и информационного обеспечения связан с процессом разбиения этих подсистем на отдельные слабосвязанные компоненты, допускающие их относительно независимую разработку и использование. Проблемы разбиения (декомпозиции) системы на подсистемы, задачи на подзадачи, программного обеспечения на отдельные программы и подпрограммы возникают на различных этапах анализа и синтеза. При этом подсистема каждого последующего уровня разбиения представляет собой абстрактный компонент (модуль) системы предыдущего уровня, интерпретация которого зависит от рассматриваемой проблемы.

Использование принципа модульности при проектировании информационного и программного обеспечения АСУ позволяет свести проектирование к синтезу независимых частей или модулей, которые имеют интерфейс, определенный таким образом, что каждый модуль не несет информации о внутреннем содержании других модулей, кроме той, которая находится в спецификациях интерфейса.

Основным принципом разработки модульных систем является использование следующих свойств модулей:

- 1) функциональности — модуль должен представлять собой функционально законченную и максимально независимую совокупность операций по обработке данных, обращение к модулю осуществляется как к единому целому и значение вызываемого параметра обычно отражает специфику функций модуля;
- 2) связности — модуль реализует совокупность взаимосвязанных функций, требующих одних и тех же данных, часть этих данных обычно скрыта для системы в целом;
- 3) алгоритмичности — функции модуля группируются на алгоритмической основе;
- 4) последовательности — модуль включает несколько функций, которые реализуются последовательно, причем выходные результаты одной функции являются входными для другой и т. д., кроме того, функции модуля обычно являются взаимосвязанными во времени;
- 5) маскировки — цель ее состоит в том, чтобы сделать недоступными, скрытыми для системы в целом некоторые несущественные функции и данные, которые не должны взаимодействовать с системой в целом и с другими модулями;
- 6) однородности — в модуле объединяются однородные по своему функциональному назначению процедуры.

Модульность при разработке информационного и программного обеспечения АСУ позволяет уменьшить сложность; упростить процесс разработки и отладки информационного и программного обес-

печения; облегчить процедуры модификации и усовершенствования; улучшить использование возможностей системщиков и программистов.

В основе подхода к модульному проектированию программного и информационного обеспечения АСУ, позволяющего на основе единой методологии разработать комплекс взаимосвязанных формализованных моделей и методов проектирования систем обработки данных широкого класса и назначения, лежит определение модуля обработки данных.

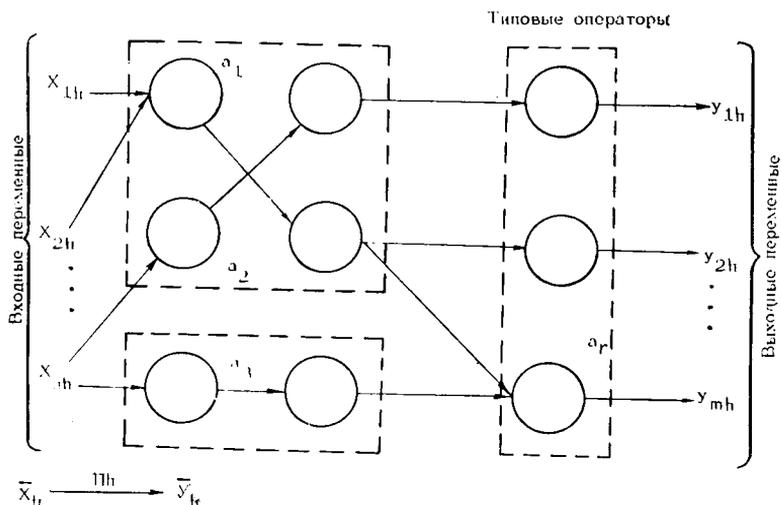


Рис. 2.13. Установленне соответствия между вектором входных и выходных переменных

Согласно этому определению, рассмотрим преобразование Π_h , которое устанавливает соответствие между вектором входных переменных \bar{X}_h и вектором выходных переменных \bar{Y}_h (рис. 2.13). Этому преобразованию можно поставить в соответствие граф $\Gamma(A, D)$, у которого $A = \{a_1, a_2, \dots, a_r\}$ — вершины (операторы); D — связи между ними. Типовые процедуры могут быть объединены в модули, которым в соответствие может быть поставлен объединенный граф $G(\Gamma_v, S)$, где Γ_v — подграф (модули исходного графа $\Gamma(A, D)$); S — совокупность связей (межмодульный интерфейс).

Модульный принцип проектирования АСУ связан с процессом разбиения системы на отдельные слабосвязанные компоненты, допускающие их относительно независимую разработку и использование.

Далее опишем задачу разбиения программного информационного обеспечения АСУ на функциональные модули, имеющие минимальное число информационных связей. Эта задача возникает на этапе технического проектирования, в процессе которого формулируются общие требования к системе, определяются выполняемые

системой функции или процедуры по обработке входных записей и получению промежуточных и выходных результатов.

Исходными данными для задачи являются: множество информационных элементов; множество процедур обработки данных; взаимосвязь между указанными элементами и процедурами.

Разбиение информационного и программного обеспечения АСУ на модули сводится к разбиению заданного множества процедур обработки данных на непересекающиеся подмножества с минимальным числом общих информационных элементов. Рассмотрим формализованную постановку задачи.

Для формализации задачи введем необходимые обозначения и переменные:

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_R\}$ — множество процедур обработки данных (запись, сортировка, контроль, обновление, выборка, печать);

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}$ — множество информационных элементов (входные, промежуточные, выходные данные);

$\|W_{rl}\|$ — матрица взаимосвязи процедур обработки и информационных элементов;

$$W_{rl} = \begin{cases} 1, & \text{если процедура обрабатывает элемент,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$X_{rv} = \begin{cases} 1, & \text{если процедура включена в состав модуля,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$Y_{lv} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{r=1}^R W_{rl} X_{rv} \geq 1, \quad l = \overline{1, L}, \quad v = \overline{1, V}, \\ 0, & \text{если } \sum_{r=1}^R W_{rl} X_{rv} = 0. \end{cases}$$

Критерий минимума интерфейсных связей в этом случае может быть записан в виде

$$S = \sum_{l=1}^L \sum_{v=1}^V \sum_{v'=v+1}^{V'} Y_{lv} Y_{lv'} \rightarrow \min,$$

где V — максимальное число модулей (равно числу процедур); S — суммарное число взаимосвязей между модулями.

Если есть взаимосвязь между модулями, то произведение $Y_{lv} Y_{lv'} = 1$.

Взаимосвязь процедур с информационными элементами представлена в виде двудольного графа на рис. 2.14.

Задача решается при ограничениях:

1) на число модулей

$$1 \leq V_0 \leq V, \quad v = \overline{1, V_0};$$

2) на число процедур в модуле

$$1 \leq \sum_{r=1}^R X_{rv} \leq \overline{M}_v, \quad v = \overline{1, V},$$

где \overline{M}_v — максимально допустимое число процедур в модуле;

3) на число информационных элементов, используемых в модуле:

$$\sum_{i=1}^L Y_{iv} \leq L_{v'}, \quad v = \overline{1, V},$$

где $L_{v'}$ — максимально допустимое число информационных элементов, используемых в одном модуле;

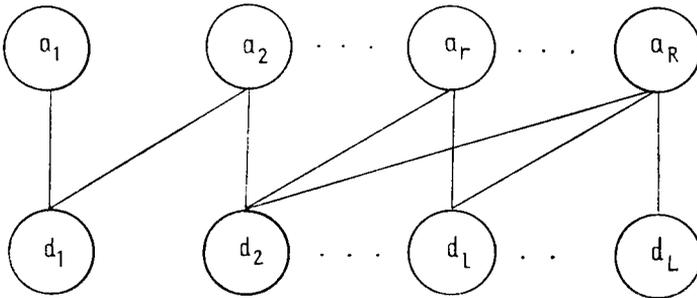


Рис. 2.14. Взаимосвязь процедур с информационными элементами

4) на интерфейс между отдельными модулями и другими модулями в системе:

$$\sum_{i=1}^L Y_{iv} Y_{iv'} \leq K_0 \quad \text{для заданных } v \text{ и } v',$$

где K_0 — допустимый интерфейс (количество связей) между конкретным модулем и любым из оставшихся модулей;

5) на разделение отдельных процедур по различным модулям:

$$X_{rv} + X_{r'v} \leq 1 \quad \text{для заданных } r \text{ и } r', \quad v = \overline{1, V}.$$

Это задача квадратичного целочисленного программирования. Для удобства она может быть сведена к линейной форме путем линеаризации критерия S и ограничения 4.

Критерий S после введения переменной

$$Z_{lii'} = \begin{cases} 1, & \text{если } l\text{-й элемент входит в модули } A_i \text{ и } A_{i'}; \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

будет иметь вид

$$\min \sum_{i=1}^L \sum Z_{lii'}.$$

Ограничение 4 будет иметь вид

$$\sum_{i=1}^L Y_{iv} Y_{iv'} \leq K_0.$$

Рассмотрим использование предложенной модели на конкретном примере.

Пусть граф задачи содержит 5 процедур и 6 информационных элементов (рис. 2.15).

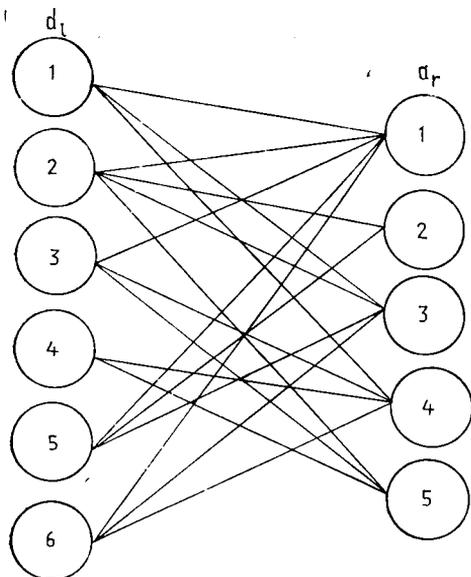


Рис. 2.15. Граф взаимосвязи процедур с информационными элементами

Матричная форма соотношений между процедурами и информационными элементами приведена в табл. 2.7.

Необходимо разбить множество процедур обработки данных на 2 модуля, имеющих минимальное число общих информационных элементов. Причем разбиение необходимо провести таким образом, чтобы модули включали только соседние процедуры.

Рассмотрим решение задачи при следующих ограничениях:

- 1) общее число модулей $V=2$;
- 2) общее число информационных элементов в каждом из модулей $L=6$; $\nu=1,2$;
- 3) общее число процедур в каждом модуле $M_{\nu} \leq 4$, $\nu=1,2$.

Табл. 2.7. Матричная форма взаимосвязей между процедурами и информационными элементами

a_r	d_l					
	1	2	3	4	5	6
1	+	+	+		+	+
2		+			+	
3	+	+			+	+
4	+		+	+		+
5		+	+	+		

Найдем матрицу взаимосвязи процедур обработки с информационными элементами:

$$W_{rl} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Возможны 4 варианта разбиения процедур на модули:

- I $[a_1]$ и $[a_2, a_3, a_4, a_5]$;
- II $[a_1, a_2]$ и $[a_3, a_4, a_5]$;
- III $[a_1, a_2, a_3]$ и $[a_4, a_5]$;
- IV $[a_1, a_2, a_3, a_4]$ и $[a_5]$.

Для каждого варианта разбиения определяется X_{rv} , Y_{lv} и S :

$$I. \quad X_{rv} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad Y_{lv} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad S_I = 5;$$

$$\text{II. } X_{rv} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, Y_{lv} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, S_{\text{II}} = 5;$$

$$\text{III. } X_{rv} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, Y_{lv} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, S_{\text{III}} = 4;$$

$$\text{IV. } X_{rv} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, Y_{lv} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, S_{\text{IV}} = 3.$$

По критерию

$$S = \sum_{l=1}^L \sum_{v=1}^V \sum_{v'=v+1}^{V'} Y_{lv} Y_{lv'} \rightarrow \min$$

оптимальным является IV вариант разбиения, когда число общих информационных элементов для различных модулей равно 3; 1-й модуль включает процедуры a_1, a_2, a_3, a_4 , общее число обрабатываемых элементов 6, 2-й модуль включает процедуру a_5 , общее число обрабатываемых элементов 3.

2.6. РОЛЬ ЧЕЛОВЕКА В АСУ

Широкое использование АСУ поставило на повестку дня решение проблем, связанных с тем, что их функционирование во многом определяется поведением людей, входящих в эти системы. Проектирование и внедрение указанных систем обусловили необходимость ответить на ряд вопросов: как изменяются функции руководства людьми, что вносит АСУ в привычные стереотипы деятельности, как изменяется содержание труда и т. д.? Проектирование АСУ не может ограничиваться лишь разработкой ее информационного, математического, программного и технического обеспечения. Оно должно охватить и организационные вопросы, включающие «машинную» и «человеческую» составляющие АСУ в инженерном, социально-психологическом, социологическом и юридическом аспектах.

Никакая (тем более автоматизированная) система управления не может эффективно функционировать без участия человека. Независимо от степени автоматизации системы человек остается ведущей ее частью. Эффективность «человеческой» части АСУ зависит от того, насколько будет учтен человеческий фактор при ее проектировании, внедрении и эксплуатации.

Процесс разработки и внедрения АСУ сопровождается определенным психологическим барьером, вызванным инертностью традиционной системы управления и неосознанным сопротивлением новым методам, принципам и технике, используемым при создании

АСУ. Преодоление психологического барьера во многом зависит от решения проблемы надежности АСУ.

Для нормального функционирования АСУ необходимы устойчивые отношения:

- 1) между людьми и машинными компонентами системы;
- 2) между людьми в системе управления в целом и ее частях;
- 3) между проектировщиками и персоналом автоматизированной системы.

Первый круг отношений затрагивает область инженерной психологии, изучающей функции человека в системе управления, возможности человека и машины, характеристики точности и скорости действий оператора, распределение функций между человеком и машиной, процессы переработки информации человеком, а также факторы, влияющие на эффективность и надежность действий человека в АСУ и т. д. Второй и третий круги отношений — это проблемы человеческого фактора в социально-психологическом аспекте. Здесь происходит выявление условий, которые определяют отношение к выполняемой работе, производственную и общественную активность, уровень внутриколлективных отношений и т. д.

Автоматизация управления порождает немало социально-психологических проблем, связанных с изучением механизма риска, коллективного выбора решений, экспертных оценок, с обеспечением необходимого обоснования деятельности человека в новых технологических условиях. Невозможна полная формализация деятельности человека в сфере управления, так как на поведение человека и способ формирования его решений всегда накладывается ряд ограничений, вызванных, например, недостоверностью или неполнотой исходных данных, несвоевременностью их получения и т. п. Эти ограничения и должны «снимать» АСУ. Но ограничения, связанные с вероятностной природой управленческих процессов, наличием интуитивных компонентов, могут компенсироваться только личностными качествами людей, их поведением, продуманной системой управления людьми.

Деятельность человека в АСУ следует рассматривать как новый вид трудовой деятельности. Ее характерная особенность состоит в том, что человек в процессе управления имеет дело большей частью не с реальными объектами, а с их информационными моделями, сохраняющими все существенно важные с точки зрения задач управления свойства реальной системы. АСУ, непосредственно повышая эффективность производства, в то же время способствует расширению творческих возможностей человека, его культурно-техническому росту, создает благоприятные условия для лучшего и наиболее полного проявления и развития его способностей, формирует новый стиль общения людей. Безошибочная точность вырабатываемой и передаваемой информации объективно предъявляет повышенные требования к личностным качествам работников как руководителей, так и исполнителей.

Сам механизм передачи информации в рамках АСУ в принципе исключает ее произвольное искажение, способствует преодолению

влияния субъективного фактора на содержание управленческой информации. Но вместе с тем человек может непроизвольно оказывать искажающее воздействие на информацию в результате влияния эмоционально-психологических факторов: состояния напряжения, неуверенности, рассеянности и т. п. Поэтому функционирование АСУ должно предусматривать разработку комплекса мер, направленных на повышение надежности и ответственности работников, на их нравственно-психологическую закалку.

Таким образом, человек выступает одним из главных звеньев системы управления, его основным творческим компонентом, составляющим интеллектуальный потенциал системы.

3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ АСУ

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ

Принято различать функциональную и обеспечивающую части АСУ. *Функциональная часть АСУ* состоит из комплекса административных, организационных и экономико-математических методов, обеспечивающих решение задач планирования, учета и анализа показателей для принятия управленческих решений в подсистемах АСУ.

Подсистемы, входящие в функциональную часть, называют *функциональными подсистемами АСУ*.

На уровне производственных объединений и предприятий целесообразно автоматизировать обработку данных по таким функциональным подсистемам, как технико-экономическое планирование, управление технической подготовкой производства, оперативное управление основным производством, управление материально-техническим снабжением, бухгалтерский учет, управление реализацией и сбытом готовой продукции, качеством продукции, кадрами, транспортным, ремонтным, энергетическим и инструментальным обслуживанием производства и др.

Обеспечивающая часть АСУ состоит из информационного, лингвистического, технического, математического и программного обеспечения. Подсистемы, входящие в обеспечивающую часть АСУ, называются *обеспечивающими подсистемами АСУ*.

Информационное обеспечение АСУ — совокупность единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, унифицированных систем документации и массивов информации, используемых в АСУ.

Лингвистическое обеспечение АСУ — совокупность научно-технических терминов и других языковых средств, используемых в АСУ, а также правил формализации естественного языка, включая методы сжатия и развертывания текстов.

Техническое обеспечение — АСУ — комплекс технических средств, предназначенных для обеспечения работы АСУ.

Математическое обеспечение АСУ — математические методы, модели и алгоритмы для решения задач и обработки информации с применением вычислительной техники.

Программное обеспечение АСУ — совокупность программ для реализации задач АСУ, обеспечивающих функциони-

рование комплекса технических средств АСУ и функциональных подсистем.

Подробнее отдельные обеспечивающие подсистемы рассмотрены в гл. 4, 5.

Все функциональные подсистемы используют общее информационное и техническое обеспечение. Это означает, что необходимо так создать и организовать функционирование комплекса технических средств, чтобы своевременно решать все задачи функциональных подсистем. Информационное обеспечение также ориентировано на выдачу данных, помогающих своевременно решать все задачи функциональных подсистем.

3.2. ПОДСИСТЕМА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Общая характеристика подсистемы. *Технико-экономическое планирование* (ТЭП) на предприятии — продолжение народнохозяйственного и отраслевого планирования. Оно является основой планового управления производством и направляет и контролирует производственно-хозяйственную деятельность предприятия, цехов и служб по выполнению государственного плана. ТЭП находит конкретное выражение в разработке техпромфинплана предприятия.

Техпромфинплан состоит из девяти взаимосвязанных разделов:

1) план производства и реализации промышленной продукции (объемы товарной и валовой продукции). На основе этих показателей разрабатываются остальные разделы;

2) плановые технико-экономические нормативы и нормы. Устанавливают нормы и уровень использования предметов, средств труда и затрат живого труда (применяют для расчета большинства разделов);

3) план повышения эффективности производства. Содержатся организационные, технические, планово-экономические мероприятия, направленные на обеспечение выполнения плана производства и роста предприятия;

4) план капитального строительства. Определяет способы наращивания мощностей;

5) план материально-технического снабжения. Исходная информация для плана — программа выпуска, нормы расхода, данные о поступлении сырья и материалов, складские запасы;

6) планирование себестоимости продукции. Рассчитываются показатели снижения производственных издержек, себестоимость отдельных видов продукции, план прибыли и многое другое;

7) план по труду и заработной плате. Устанавливается план повышения производительности труда, планы по численности работающих и заработной плате;

8) финансовый план, в котором определяются доходы, расходы, поступления, отчисления, распределение плановой прибыли;

9) план по фондам экономического стимулирования.

Перечисленные разделы находятся в полной взаимосвязи и охватывают все стороны деятельности промышленного предприятия.

Выделение задач технико-экономического планирования в функциональную подсистему ТЭП позволяет ускорить разработку планов, повысить их экономическую и научную обоснованность, обеспечить возможность быстрой коррекции планов при возникающих отклонениях в ходе их выполнения и т. д.

Основная форма планирования на предприятии — пятилетний план.

Технико-экономическим планированием на предприятии заняты следующие отделы: планово-экономический, труда и заработной платы, материально-технического снабжения, сбыта, финансовый.

К числу основных первоочередных задач технико-экономического планирования относят расчет производственной программы, нормативной себестоимости товарного выпуска продукции, нормативных калькуляций на деталь, узел, готовое изделие, нормативной трудоемкости производственной программы, плановой численности производственных рабочих, планового фонда заработной платы производственных рабочих. Автоматизация расчетов данных показателей и составляет содержательную суть подсистемы ТЭП.

В соответствии с общепромышленными руководящими методическими материалами (ОРММ) подсистема включает 17 комплексов задач. Часть из них оптимизационного характера — это задачи формирования годовой производственной программы при различных целевых функциях; разработка компромиссного варианта годовой производственной программы; распределение ее по плановым периодам (по предприятию на квартал); распределение квартальной производственной программы по плановым периодам (по предприятию на месяц). Остальные задачи (большая часть) носят расчетный характер.

В качестве примера рассмотрим задачу «Расчет производственной программы».

Задача «Расчет производственной программы»

Характеристика задачи. Производственную программу обычно разрабатывают в такой последовательности (рис. 3.1):

первый этап — разработать эффективный укрупненный вариант производственной программы и представить его в министерство;

второй этап — рассчитать годовую производственную программу предприятия в натуральном и денежном выражении с разбивкой по кварталам и месяцам;

третий этап — рассчитать годовые производственные задания на товарный выпуск продукции цехами.

Разработка народнохозяйственных планов ведется на базе расчета производственной мощности, а не от достигнутого уровня.

Модели объемного планирования связывают ресурсы предприятия и количество выпускаемой продукции, не разворачивая выпуск во времени, а давая суммарные показатели за некоторые промежутки времени. Типичным примером такой задачи является выбор производственной программы (модель объемного планирования).

Постановка задачи. Известна возможная номенклатура продукции $i=1, n$. Величины партий ограничены снизу ($d_i \leq \bar{X}_i$) и сверху ($X_i \leq \bar{d}_i$). Известно также a_{ij} — количество ресурсов j , необходимых на производство единицы про-

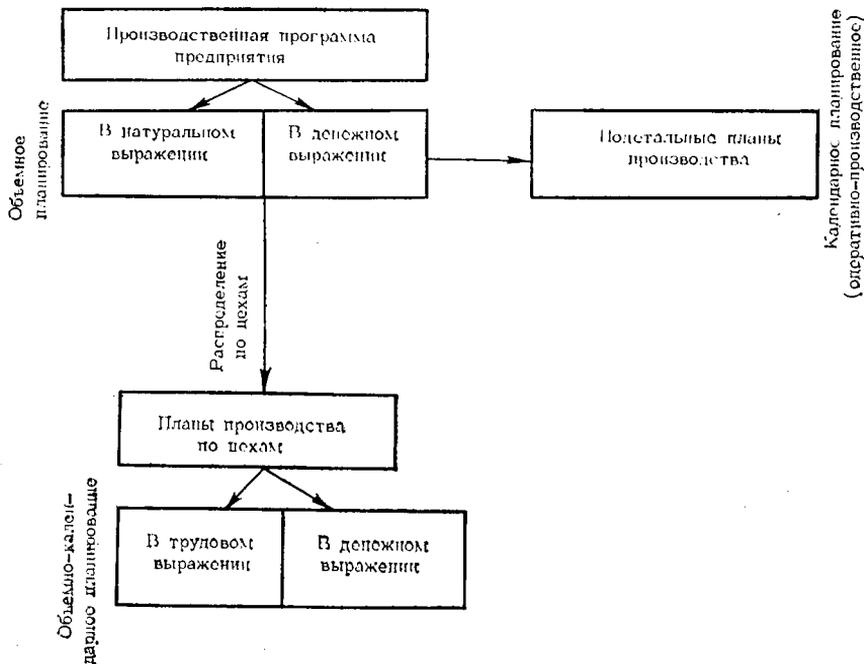


Рис. 3.1. Структура расчетов ТЭП

дукции i . Предполагается аддитивность расхода ресурсов и наличие лимитов по ресурсам A_j . Требуется найти набор значений $\{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$ (X_i целочисленно), удовлетворяющий условию одного из некоторых критериев с учетом реально существующих ограничений.

Ограничения могут задаваться в виде групп:

а) ограничения по ресурсам. Пусть $\overline{f=1, F}$ — множество взаимосвязанных групп оборудования; b_f — действительный фонд оборудования f -й группы; T_{if} — затраты времени оборудованием f -го вида на изготовление изделия i -го вида. Тогда

$$\sum_{i=1}^m T_{if} X_i \leq b_f, \quad f = \overline{1, F}.$$

Пусть ликвидация перегрузки оборудования f -го вида потребует установления дополнительного оборудования. Количество вновь установленного оборудования ω_f можно определить из соотношения

$$\sum_{i=1}^m T_{if} X_i \leq b_f + a_f \omega_f, \quad \omega_f > 0,$$

где ω_f имеет ограничение, обуславливающее возможность приобретения оборудования, $\omega_f \leq \omega_f^*$, или ограничение свободной площадью $\sum_{f \in V} S_f \omega_f \leq S$, где S_f — площадь, занимаемая единицей оборудования f -го типа;

б) ограничения по технико-экономическим показателям. План должен удовлетворять заданному уровню технико-экономических показателей $P = \overline{1, p}$ (объем товарной продукции, прибыль и т. д.). Пусть C_{ip} — p -я технико-экономическая

характеристика i -го вида изделий, Z_p — требуемый уровень p -го технико-экономического показателя. Тогда

$$\sum_{i=1}^m C_{ip} X_i \geq Z_p.$$

Например, если z_1 — объем товарной продукции в денежном выражении; P_i — оптовая цена одного изделия i -го вида, то $\sum_{i=1}^m P_i X_i \geq z_1$, или Z_2 — объем выпускаемой продукции в нормо-часах; T — максимальный дополнительный уровень трудозатрат на 1 руб. товарной продукции, то $Z_2/Z_1 \leq T$;

в) ограничения по выпуску изделий

$$\underline{d}_i \leq X_i \leq \overline{d}_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

В реально встречающихся задачах управления имеют дело не с одним критерием, а со многими, часто противоречивыми (увеличение объема выпуска может привести к ухудшению качества, сокращение срока выпуска — к дополнительным расходам).

При решении модели планирования предприятия используются следующие критерии:

1) максимизация прибыли как основного показателя, в наибольшей степени согласующего интересы народного хозяйства и предприятия;

$$\sum_j^J (P_j - C_j) X_j \rightarrow \max,$$

где X_j — количество изделий j -го вида в натуральном выражении; j — (1, 2, 3, ..., J) — номер j -го изделия; P_j — цена j -го изделия; C_j — прямые затраты на изделие;

2) минимизация суммарных затрат

$$\sum_j^J C_j X_j \rightarrow \min;$$

3) максимизация товарной продукции в стоимостном выражении

$$\sum_j^J P_j X_j \rightarrow \max;$$

4) минимизация суммарной трудоемкости выпуска изделий

$$\sum_j^J t_j X_j \rightarrow \min,$$

где t_j — трудоемкость изготовления единицы изделия j ;

5) максимизация использования оборудования

$$\sum_{h=1}^H \left(B_h - \sum_{j=1}^J a_{hj} X_j \right) \rightarrow \min,$$

где a_{hj} — норма затрат времени обработки единицы изделия j -го вида на h -й группе оборудования; h — (1, 2, ..., H) — номер группы оборудования; B_h — реальный годовой фонд времени работы h -й группы оборудования.

Итак, целью подсистемы ТЭП является своевременное обеспечение балансовой увязки материальных, трудовых, финансовых ресурсов, развития производственных мощностей с утвержденной производственной программой. Подсистема ТЭП имеет внешние связи с

ОАСУ, территориальными АСУ, АСУ предприятий-смежников и другими функциональными подсистемами АСУП, а также внутренние связи между комплексами задач (рис. 3.2).

Состав задач ТЭП в соответствии с ТПР. Для ускорения проектирования и снижения его затрат в настоящее время разработаны ППП для решения отдельных задач подсистемы. Модульный принцип их построения и функциональная избыточность позволяют набирать из них программное обеспечение АСУ для конкретного

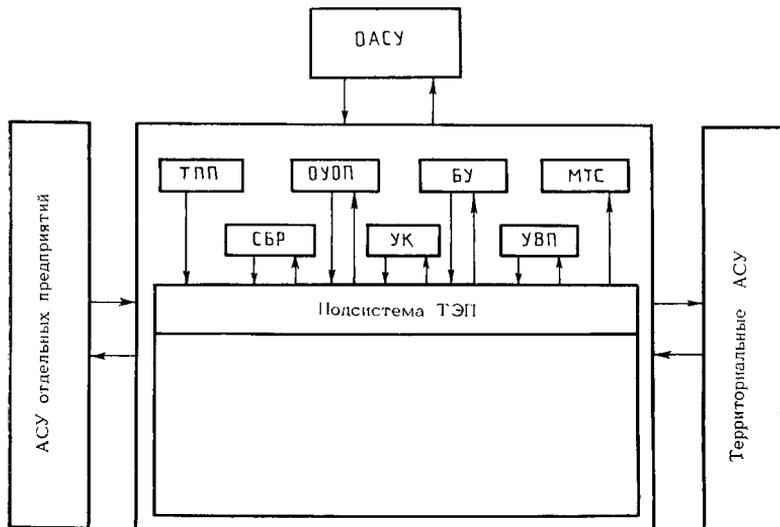


Рис. 3.2. Связь подсистемы ТЭП с другими функциональными подсистемами

предприятия. Создание ТПР предопределило возможность декомпозиции системы управления на отдельные элементы, которые для различных систем могут быть одинаковыми. Выделение таких элементов, пригодных для многократного использования, привело к концепции ТПР.

Перечислим задачи, которые выбраны в качестве типовых проектных решений расчетов: нормативных калькуляций на деталь, сборочную единицу и на изделие; нормативной себестоимости товарного выпуска; нормативной трудоемкости производственной программы; плановой численности производственных рабочих; планового фонда заработной платы производственных рабочих; плановой и фактической стоимости основных фондов; плановой и фактической сумм платы за фонды.

Организационно-экономическая сущность перечисленных задач, исходные данные, выходные данные, алгоритмы решения задач, описание программных модулей изложены в ТПР АСУП.

Широкое применение в практике проектирования получили ППП локального использования для решения оптимизационных задач технико-экономического планирования. С программной точки

зрения разрабатываемые ППП ТЭП представляют функционально ориентированный генератор программ, с помощью которого на основании параметров конкретного предприятия автоматически получается комплекс рабочих программ.

Принципиальная схема фрагмента функционирования подсистемы ТЭП представлена на рис. 3.3. Для решения задач ТЭП в каче-

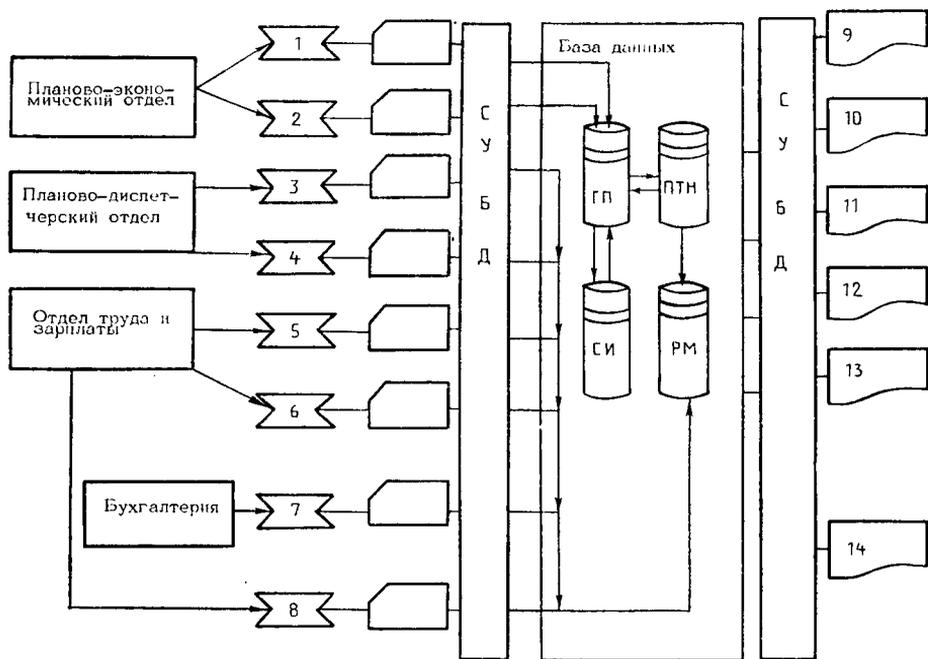


Рис. 3.3. Принципиальная схема фрагмента функционирования подсистемы ТЭП:

1 — утвержденная производственная программа; 2 — справочник цен на готовую продукцию; 3 — справка о процентах выполнения норм по группам оборудования; 4 — справка о плановом фонде времени работы оборудования; 5 — справка о плановом выполнении норм выработки; 6 — сведения о плановых процентах потерь рабочего времени; 7 — инвентаризационная опись фактического наличия оборудования; 8 — сведения о фонде полезного рабочего времени одного рабочего; 9 — машинограмма расчета потребного фонда времени, загрузки оборудования и рабочей силы по вариантам производственной программы; 10 — машинограмма откорректированного расчета загрузки оборудования по вариантам изменения и реконструкции парка оборудования; 11 — машинограмма расчета стоимости товарной продукции на план года, квартала и другие плановые периоды; 12 — машинограмма расчета прибыли от выпуска товарной продукции за заданный период; 13 — машинограммы нормативной калькуляции; 14 — машинограммы решения оптимизационных задач расчета производственной программы

стве основных массивов базы данных используется главный предметный массив (ГП), массив состава изделий (СИ), массив операционных трудовых нормативов (ПТН) и массив рабочих мест (РМ).

ТЭП охватывает разработку перспективных пятилетних и текущих планов. Число показателей в подсистеме ТЭП для предприятия — свыше 2000 наименований.

Совершенствование ТЭП в АСУП на базе ЕС ЭВМ осуществляется в следующих направлениях: реализации взаимосвязи ее с

ОАСУ, АСУ отдельных предприятий, территориальных АСУ; задачи на ЭВМ ряда рутинных операций решения различных расчетных задач; использования экономико-математических методов для формирования годовых производственных программ и распределения их по плановым периодам; разработки матричного техпромфинплана; решения ряда аналитических задач, необходимых для принятия решения. Двум последним направлениям уделяется особое внимание.

К сожалению, в настоящее время, несмотря на большой накопленный опыт, доля оптимизационных задач довольно низка: не превышает 5 % примерно в 80 % АСУП. Применение ЭВМ для формирования оптимальных производственных программ и распределение их по плановым периодам позволяет выявить имеющиеся на предприятии резервы использования ресурсов и приводит к достижению оптимальных технико-экономических показателей. На базе экспериментальных расчетов в литературе отмечается, что прибыль может быть увеличена от 1,2 до 16 %, объем товарной продукции — от 0,2 до 1,9 %, себестоимость снижена от 0,1 до 6,5 %, выпуск продукции увеличен до 15,3 % и т. д.

Большое значение придается решению следующих аналитических задач в АСУП: сопоставлению фактической трудоемкости изготовления изделий по группам оборудования с фактическим фондом времени, фактического и планового коэффициента производственной мощности и загрузки оборудования; определению величины фактического опережения роста производительности труда по сравнению с ростом зарплаты; анализу структуры фактического фонда зарплаты по сравнению с плановым; анализу влияния изменений отдельных статей затрат на снижение себестоимости продукции, в том числе влияния изменения цен на материалы; сопоставлению плановой и фактической прибыли по отдельным изделиям. Однако такое направление совершенствования ТЭП в условиях АСУП во многом зависит от разработки технически обоснованных норм и функционирования единого банка данных.

3.3. ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА

Общая характеристика подсистемы. Техническая подготовка производства (ТПП) на промышленном предприятии представляет собой совокупность работ по проектированию и освоению производства новых и совершенствованию выпускаемых конструкций изделий и технологических процессов их изготовления. К ТПП относятся также выявление потребности в материалах, полуфабрикатах, покупных изделиях и дополнительном оборудовании, составление плана-графика, составление сметы расходов на ТПП и плановой калькуляции на новое изделие, оформление договорных отношений с заказчиками и поставщиками и т. д.

В некоторых случаях возникает потребность в реконструкции и технологической перепланировке цехов и участков, подготовке кад-

ров рабочих новых профессий, перестройке организации и планирования производства.

В основные задачи ТПП входят: а) создание наиболее совершенных конструкций изделий с высокими технико-экономическими показателями в эксплуатации, которые должны быть технологичны в производстве; б) внедрение прогрессивной технологии и передовых методов организации производства, механизации и автоматизации производственных процессов, обеспечение роста производительности труда и снижение себестоимости продукции.

В соответствии с этим определяются основные функции ТПП: подготовка производства вновь осваиваемых или модернизируемых изделий; перспективное развитие предприятия, направленное на повышение технического и организационно-экономического уровня производства, обеспечивающее технический прогресс и повышение эффективности производства.

На предприятии различные функции в системе технической подготовки производства реализуются соответствующими функциональными подразделениями, выполняющими замкнутый цикл работ. Координация функциональных подразделений осуществляется главным инженером.

Процесс технической подготовки можно подразделить на научно-исследовательские, технологические работы, на работу по организации, экономике, МТС, обеспечения производства и подготовке кадров.

Приведем примерную схему основных этапов комплексной подготовки производства нового изделия.

1. Планово-исследовательская подготовка (изучение достижений науки и техники для совершенствования технического уровня изделия, определение перспектив развития технического уровня предприятия и изделий; разработка предложений по модернизации или выпуску новых изделий; изучение возможности применения новых материалов и комплектующих изделий; изучение и прогнозирование спроса на новое изделие).

2. Конструкторская подготовка производства (составление проектного задания на модернизацию или выпуск нового изделия, эскизное, техническое и рабочее проектирование нового изделия).

3. Изготовление опытного образца.

4. Испытание опытного образца, доводка до технических требований и доработка технической документации.

5. Технологическая подготовка (разработка технологических процессов, расчет норм всех видов материальных и трудовых ресурсов, определение необходимой нормализованной и стандартизированной оснастки, проектирование специализированной оснастки, разработка системы контроля качества, расчет производственных мощностей).

6. Организационная подготовка (разработка производственной структуры, специализации цехов, участков и организация их производств, а также разработка или совершенствование отдельных подсистем).

7. Экономическая подготовка (разработка программ производства по цехам и участкам, систем стимулирования, расчет экономической эффективности от внедрения нового изделия).

8. Материальная подготовка (определение состава материалов и комплектующих изделий и организация внешней кооперации, расчет потребности в оборотных средствах, составление заявок по МТС).

9. Кадровая подготовка (ознакомление работающих с новыми задачами и значением внедрения нового изделия в народном хозяйстве, обучение работающих на заводе по освоению производства нового изделия).

Обобщенная структура технической подготовки производства изображена на рис. 3.4.

Развитие технических средств, организация банка данных позволяют автоматизировать функцию управления ТПП посредством выделения в АСУП подсистемы ТПП. Основная цель подсистемы: сокращение сроков подготовки к выпуску новой продукции, модернизация освоенной, минимизация расходов материальных, трудовых и финансовых затрат.

Можно выделить несколько основных комплексов работ (фаз) технической подготовки производства, таких, как планирование ТПП; конструирование изделий и проектирование технологических процессов их изготовления; нормирование расхода материальных и трудовых ресурсов; принятие решений по вопросам организации ТПП. Управление указанными комплексами (фазами) работ ТПП в той или иной мере поддается автоматизации, но требует различной методологии. В основе разработки автоматизированной подсистемы ТПП лежит функциональная схема технической подготовки производства (рис. 3.5).

В общем случае функциональная структура подсистемы ТПП разбивается на три отдельных взаимосвязанных процесса: а) функционирование подсистемы в КБ; б) в отделах главного конструктора и технолога; в) в основных цехах при освоении новых изделий.

Реализация этих процессов разделяется на три стадии: предварительного планирования; исходного планирования; оперативного управления.

Стадия *предварительного планирования* начинается с момента получения директивных документов. Эта стадия общая для всех подразделений, участвующих в ТПП. Здесь должна быть отражена взаимосвязь всех подразделений и определены нормативные источники.

На данной стадии осуществляется: разработка схемы конструктивной детализации и составление на ее основе укрупненного сетевого графика; расчет временных параметров укрупненного сетевого графика и потребности в людских ресурсах; оптимизация сети по времени и людским ресурсам; окончательный расчет укрупненного сетевого графика; уточнение ТЗ на изделие, утверждение укрупненного сетевого графика; выдача заданий ответственным исполните-

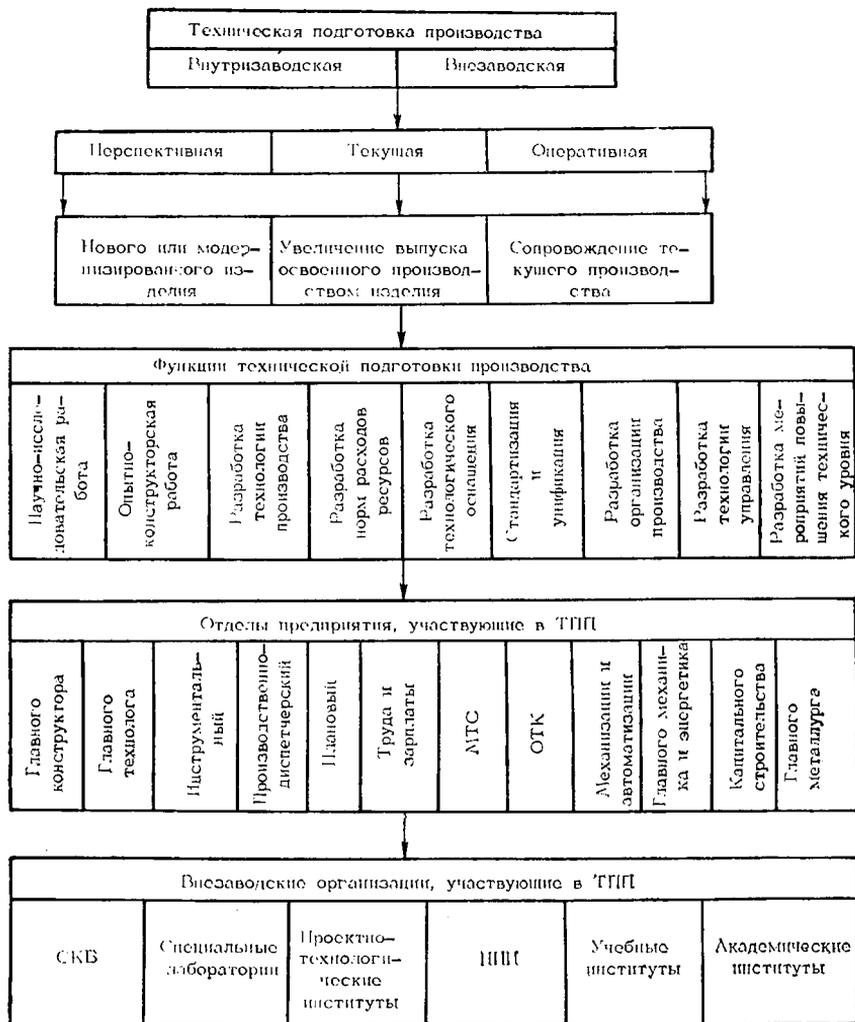


Рис. 3.4. Структура ТПП

лям-смежникам на разработку элементов конструктивной детализации изделия и составление первичных сетевых графиков.

Исходный план формируется последовательно, согласно этапам технологической подготовки производства. Вначале готовится исходный план для подразделений КБ, затем в подразделениях КБ — для подразделений главного конструктора и технолога и далее — для основных цехов.

Исходное планирование состоит из 5 этапов: получение исходных данных для составления первичных сетевых графиков; разработка комплексного сетевого графика; расчет временных параметров

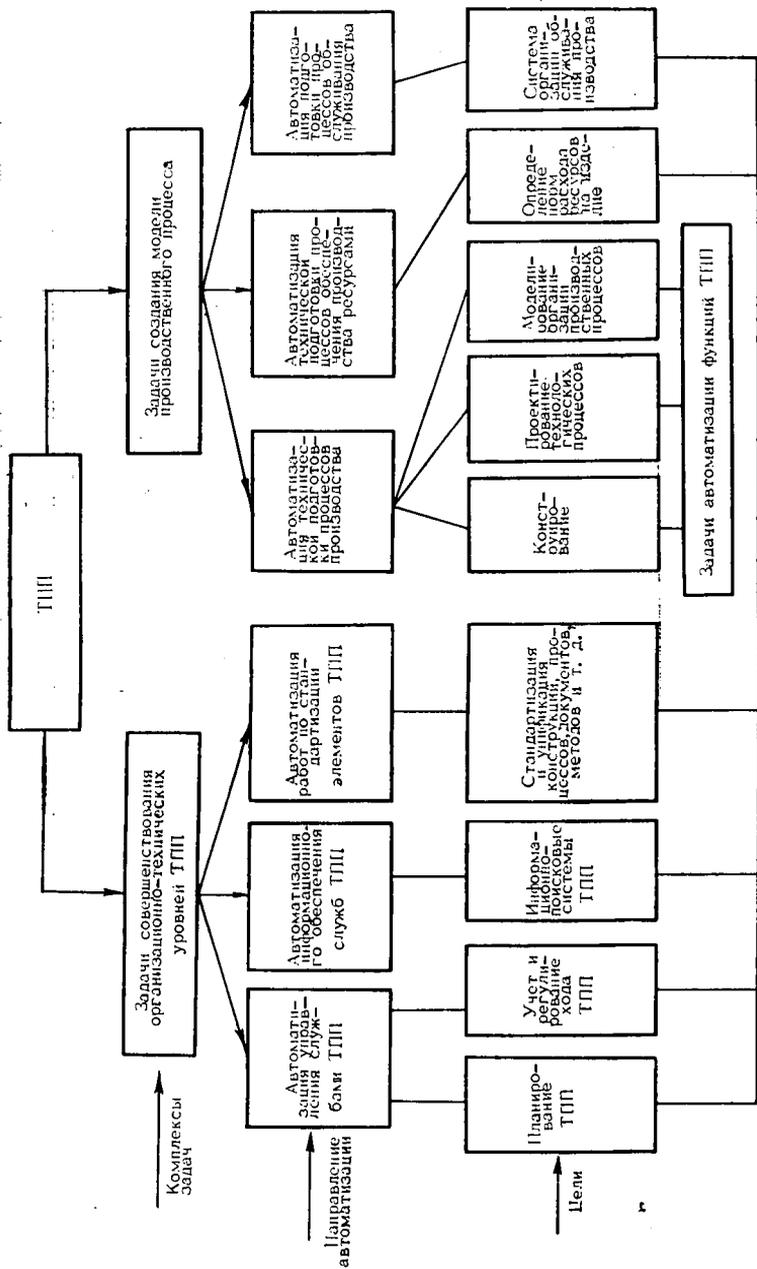


Рис. 3.5. Функциональная схема ТПП

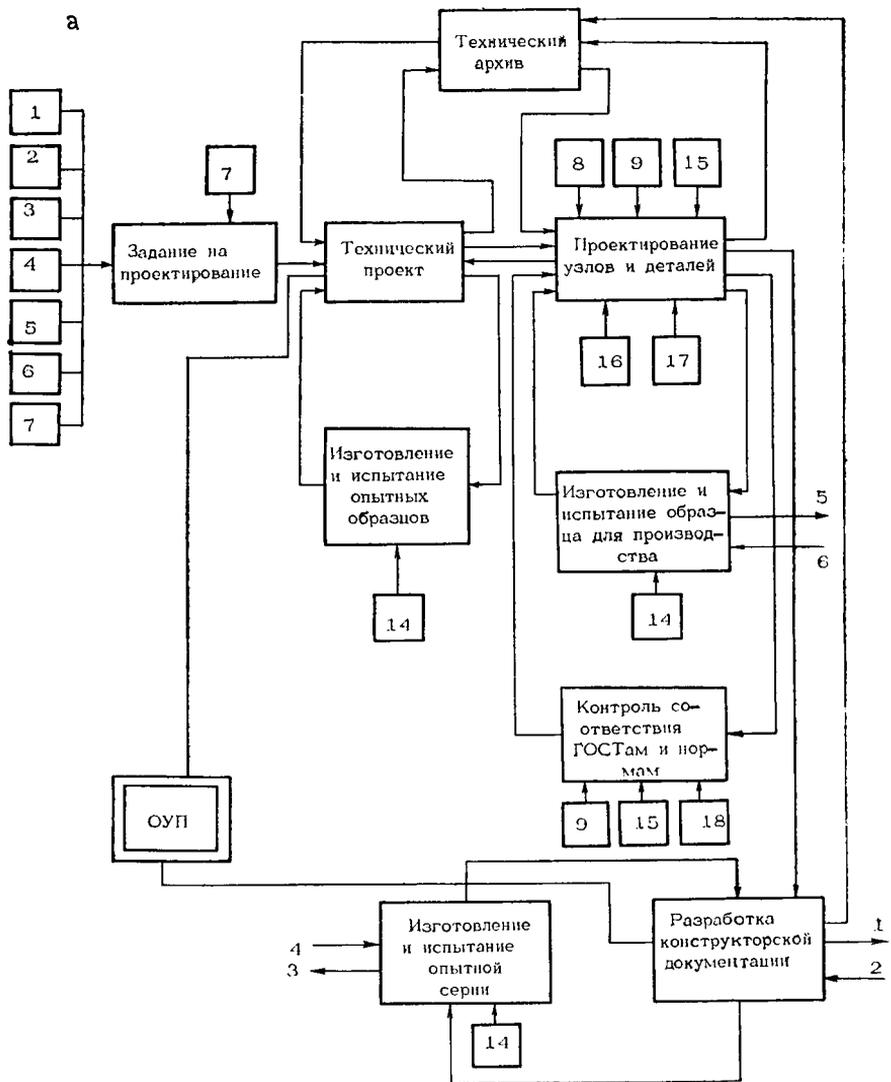
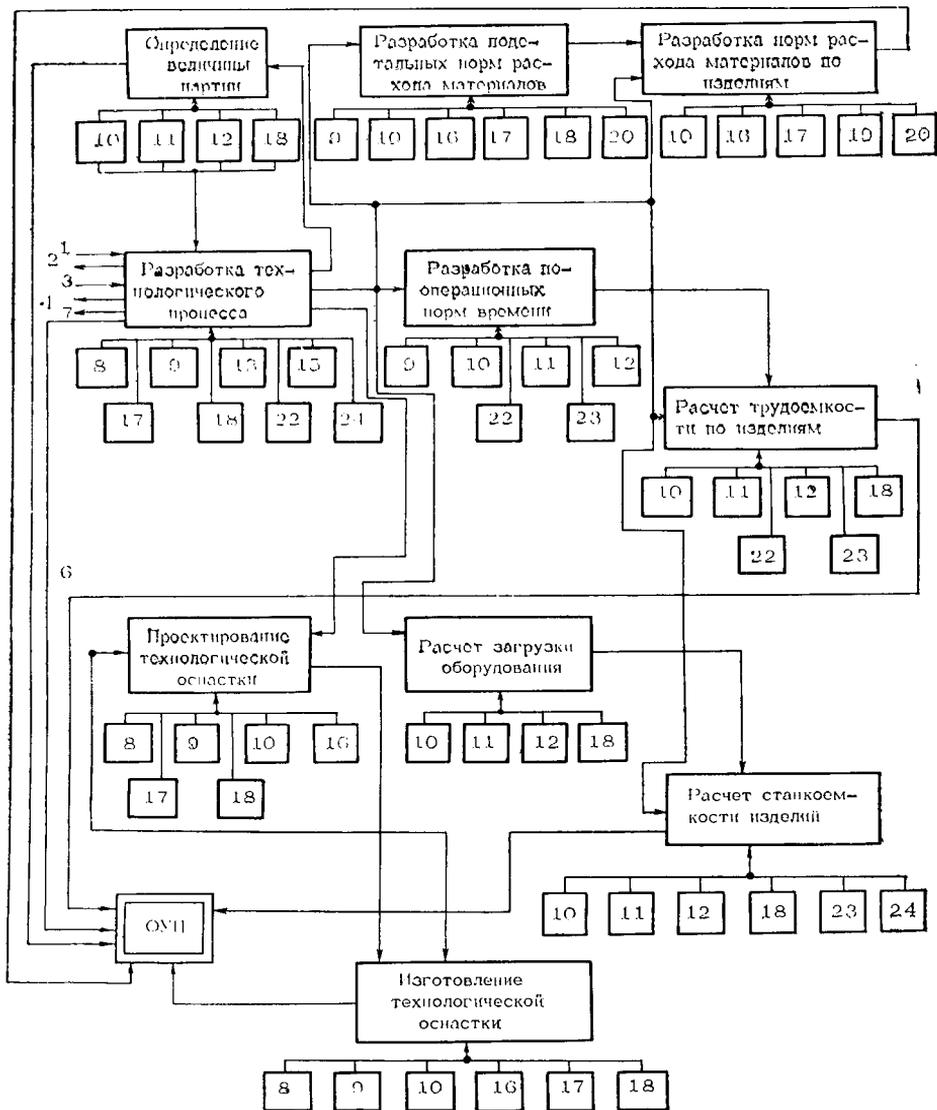


Рис. 3.6. Техническая под
а — конструкторская;

ров сетевого графика и потребности в людских ресурсах и оборудовании; приведение параметров сетевого графика в соответствии с заданными ограничениями; окончательный расчет сводного сетевого графика; формирование квартальных и месячных планов и доведение их показателей до разработчиков.

Оперативное управление начинается с момента утверждения исходных планов, доведения их до разработчиков и заканчивается завершением всех работ, т. е. освоением новой партии изделий. Оно



готовка производства:

6 — технологическая

осуществляется также последовательно (КБ, подразделения ОТГ, ОТМ, ОГМЕТ, основные цехи).

В задачи стадии оперативного управления входят: контроль за ходом выполнения работ; своевременное выявление отклонений от планов; анализ изменений основных показателей и их влияние на расчетные сроки выполнения задания; прогнозирование хода работ.

Процесс оперативного управления также разбивается на этапы, выполняемые с определенной периодичностью: сбор и передача информации о ходе работ, подготовка информации для расчетов на ВЦ; расчет этой информации на ВЦ; анализ фактического состояния и принятие решений по оптимизации; окончательный расчет, оформление оперативно-календарных планов и доведение их до ответственных уровней руководства.

Технологию проектирования комплекса задач подсистемы изобразим в виде двух схем: конструкторской и технологической (рис. 3.6). На этих схемах отражено движение потоков информации и дополнительных исходных данных о ходе ТПП. Стрелками указаны информационные связи, цифрами — исходные данные.

Конструкторская подготовка заключается в проектировании и освоении новых изделий и совершенствовании выпускаемых. Она осуществляется в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), предусматривающей традиционные этапы (стадии) разработки: техническое задание, эскизный, технический рабочий проекты.

Проектирование новой продукции в массовом и серийном производстве заканчивается изготовлением опытных образцов и сдачей технической документации заказчику. Такие стадии предусматриваются лишь для принципиально новых изделий.

Обязательное условие конструкторской подготовки — соблюдение требований стандартизации и унификации. Необходимым условием начала производства проектируемого изделия является определение его экономической эффективности.

Технологическая подготовка производства представляет систему мероприятий, обеспечивающих полную готовность предприятия к производству изделий высокого качества в соответствии с заданными технико-экономическими показателями. Она осуществляется в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) и предусматривает решение следующих задач:

обеспечения высокой технологичности конструкций;

проектирования индивидуальных технологических процессов, разработки ТЗ на спецоснастку и спецоборудование (проектирование средств технологического оснащения проводится в том же порядке, что и для КП);

структурного анализа изделия и на его основе составления межцеховых технологических маршрутов обработки деталей и сборки;

технологической оценки возможностей цехов, основанной на расчете производственных мощностей, пропускной способности и т. д.; разработки технологических нормативов трудоемкости, норм расхода, материалов, режимов работы оборудования;

отладки технологического комплекса (на установочной серии изделий);

разработки форм и методов организации производственного процесса;

разработки методов технического контроля.

Для повышения эффективности технологической подготовки производства большое значение имеют типизация и нормализация элементов технологии.

Вся документация в системе управления ТПП делится на следующие группы: общую документацию по разработке; входную первичную документацию; выходную документацию; стыковочную документацию.

Перечислим основные входные и выходные элементы комплекса задач ТПП (см. рис. 3.6):

- 1) технико-экономические условия на проектирование;
- 2) данные об экономике предприятия;
- 3) данные об организации рабочих мест;
- 4) данные об организации производства;
- 5) данные о деталях, сборочных единицах, изделиях;
- 6) технико-экономические данные аналогичных изделий;
- 7) система кодирования технического задания;
- 8) система кодирования чертежного хозяйства;
- 9) система кодирования качественной информации о деталях;
- 10) система кодирования качественной информации при технологической подготовке производства;
- 11) система кодирования качественной информации по вопросам организации производства;
- 12) система кодирования качественной информации по организации рабочих мест;
- 13) система кодирования экономической информации;
- 14) предписания об изготовлении и испытаниях опытных образцов и серий;
- 15) ТУ на технологичность конструкции;
- 16) ГОСТы;
- 17) заводские нормы;
- 18) данные о наладке оборудования;
- 19) удельные нормы расхода материалов;
- 20) удельные веса материалов;
- 21) прейскурант оптовых цен на материалы;
- 22) классификатор профессий и тарификация работ;
- 23) процент выполнения норм выработки;
- 24) перечень наличного оборудования.

Общая документация используется при определении объема работ по созданию нового объекта, закреплению его за ответственными исполнителями и включает директивные документы, приказ о назначении руководителя темы, ТЗ, готовую техническую документацию.

Входная первичная документация является первичной информацией для составления и изменения сетевой модели и включает: а) структурную схему разработки; б) сетевой график; в) исходные (отчетные) данные для расчета сетевого графика; г) ТЗ на разработку элементов изделия; д) задание ответственному исполнителю на представление информации.

Выходная документация служит для анализа планирования, контроля, хода разработки и содержит: а) аналитическую документацию (таблицы определения потребности ресурсов); б) планово-аналитическую документацию (сводные показатели по времени и ресурсам); в) плановую отчетную и промежуточную документацию; г) сводку о ходе работ; д) перечень на материалы и покупные изделия.

Плановая документация формируется по существующим формам на основании промежуточных документов и сетевых графиков. Оформляется, утверждается и передается по назначению в установленном порядке.

Отчетная документация составляется ответственными исполнителями по установленным формам на основании оперативных планов и используется для анализа затрат по теме.

Промежуточная документация служит для осуществления взаимосвязи с другими подсистемами.

Состав задач АСУП ТПП. Следует отметить, что в составе разработанных АСУП с учетом наибольшей важности с точки зрения функционирования других подсистем предложены следующие ТПР:

- 1) организация и ведение нормативно-справочной информации;
- 2) расчет применяемости деталей и сборочных единиц;
- 3) расчет норм расхода материалов на изделие;
- 4) расчет норм расхода материалов в специфицированной номенклатуре на изделие;
- 5) расчет плана технической подготовки производства нового изделия.

Планирование технической подготовки производства на многих предприятиях осуществляется путем построения ленточных календарных графиков. Эти графики требуют строгого соблюдения сроков по каждому отдельному этапу работ. Нарушение их влечет необходимость составления новых графиков. Кроме того, ленточные графики не в состоянии дать ответ на вопрос о том, в каком звене, на работах какого этапа отставание оказывает решающее влияние на окончание всех работ по технической подготовке производства. График непосредственно связывает только отдельные этапы, не характеризуя их общую связь.

При выполнении отдельных этапов и всей работы в целом возникает необходимость корректировки отдельных нормативов трудоемкости, что в свою очередь вынуждает пересматривать сроки выполнения остальных работ, т.е. строить график заново. Все это создает существенные трудности и неудобства при планировании и контроле работ по технической подготовке производства.

Поэтому естественны поиски новых методов. Одним из них является *метод сетевого планирования и управления* (СПУ). Этот метод позволяет увязать по времени производство работ, входящих в замкнутый комплекс, т. е. последовательно и параллельно выполняемых работ, направленных на достижение единой цели. Комплексы работ «высоких» порядков включают в качестве составляющих или

комплексы работ более «низких» порядков, или отдельные простые работы, или их комбинации. Количество таких составляющих может доходить до нескольких тысяч, и СПУ дает возможность заранее планировать последовательность и взаимозависимость работ, входящих в большие и сложные комплексы, следить за выполнением каждой работы в отдельности, выявлять и устранять все появляющиеся в ходе процесса задержки. Этот метод дает возможность руководителям комплексов уже во время составления графика находить скрытые резервы и намечать их использование для выполнения всех работ в кратчайший срок или получения максимальной экономии ресурсов при заданном сроке осуществления комплекса.

Применение сетевого планирования и управления позволяет при решении этих вопросов подойти не только с качественной, но и с количественной стороны, указать те работы, от выполнения которых в первую очередь зависит время решения всего комплекса. В то же время представляется возможным выделить менее важные, второстепенные работы, сокращение продолжительности которых не только не уменьшает время выполнения всего комплекса работ, но может привести к таким нежелательным последствиям, как увеличение их стоимости, простой исполнителей, оборудования и т. д.

Система СПУ основана на графическом изображении определенного комплекса работ, которое отражает их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность с последующей оптимизацией разработанного графика с помощью математических методов и вычислительной техники.

Элементы сетевого графика и их назначение. В качестве модели, отображающей процесс выполнения комплекса работ и их конечную цель, в системе СПУ используется *сетевая модель*, в которой весь комплекс расчленяется на отдельные, четко определенные работы. Сетевая модель отображает логическую взаимосвязь и параметры всех работ и событий. Эта взаимосвязь изображается в виде единого графика (сети), который состоит из безмасштабных стрелок, обозначающих те или иные работы, и кружков, которые характеризуют свершение отдельных, вполне конкретных событий, отражающих результаты выполнения работ. Безмасштабность стрелок выражается в том, что их длина и направление не связаны с продолжительностью работ.

В качестве примера на рис. 3.7 показан сетевой график с небольшим количеством работ. Для его построения составляется перечень всех основных событий и работ.

Понятие «работа» на сетевом графике означает процессы или совокупность процессов и может иметь следующие значения:

действительная работа, или просто *работа*, — трудовой процесс, требующий затрат времени и ресурсов, например, разработка конструкции нового кузова, изготовление опытного образца, его испытание и т. д.;

ожидание — процесс, требующий затрат времени, но не требующий затрат ресурсов, например процесс старения, сушки и т. п.;

фиктивная работа — изображение логической связи между ра-

ботами; она вводится для отражения правильной взаимосвязи работ и показывает точную очередность их выполнения. При этом не требуется затрат времени и ресурсов. Так, работа 11, 12 может быть начата после окончания работ 5, 6, и 2, 11, а работа 6, 7 — после окончания работ 5, 6 (см. рис. 3.7). Фиктивная работа (6, 11 на графике) изображается штриховой линией.

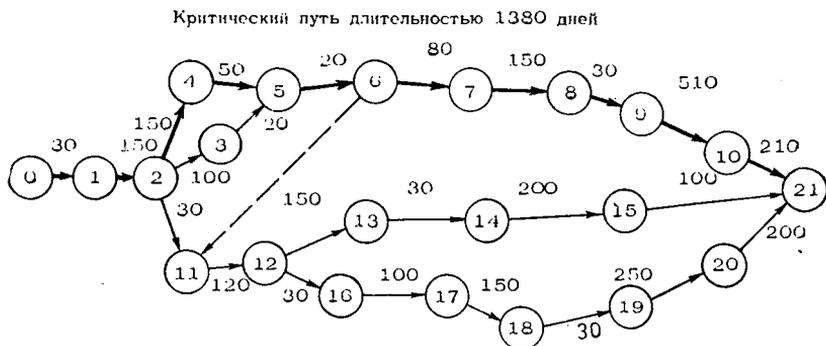


Рис. 3.7. Сетевая модель

Продолжительность выполнения работы может быть определена по нормативам времени. Если последние отсутствуют, то ответственный исполнитель дает в зависимости от принятой системы три или две вероятностные оценки времени выполнения работ.

В системе с тремя оценками от исполнителя получают оптимистическую t_0 , пессимистическую t_n и наиболее вероятную $t_{н.в}$ оценку времени, которые подвергаются статистической обработке на основе допущения, что вероятность получения ожидаемой продолжительности работы $t_{ож}$ подчиняется закону β -распределения:

$$t_{ож} = \frac{t_0 + 4t_{н.в} + t_n}{6}.$$

Для определения возможной величины разброса ожидаемого времени, т. е. вероятности отклонения от рассчитанного значения, находится дисперсия

$$\sigma_{t_{ож}}^2 = \left(\frac{t_n - t_0}{6} \right)^2.$$

В системе с двумя оценками расчет ожидаемого времени выполнения работы и его дисперсии осуществляется по формулам:

$$t_{ож} = \frac{5t_n + 2t_0}{5};$$

$$\sigma_{t_{ож}}^2 = 0,04 (t_n - t_0)^2.$$

Кружками в сетевом графике изображаются события. Понятие «событие» может иметь следующие значения: исходное событие — начало выполнения комплекса работ; завершающее событие —

достижение конечной цели комплекса работ; промежуточное событие, или просто событие,— результат одной или совокупный результат нескольких работ, представляющий возможность начать одну или несколько работ.

Всякая работа сетевого графика соединяет два события: непосредственно предшествующее данной работе, являющееся для нее начальным событием, и следующее за ней, являющееся для нее конечным событием. Всем событиям присваивается определенный номер. Таким образом, всякая работа сети может быть закодирована номерами ее начального и конечного события.

Продолжительность выполнения работы, естественно, измеряется в единицах времени — часах, днях, неделях и т. д. Работа может иметь и другие количественные оценки (показатели), характеризующие ее трудоемкость, стоимость, материальные ресурсы, необходимые для ее выполнения, и т. д. Каждая работа должна содержать определение, раскрывающее ее содержание.

В отличие от работы событие не является процессом и не имеет продолжительности. Наступление события соответствует моменту окончания последней из работ, непосредственно предшествующей данному событию. Событие не может наступить, пока не закончатся все предшествующие ему работы.

Последовательность работ в сети, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы, называется *путем*.

Следует различать три вида путей.

1. Путь, начало которого совпадает с исходным событием сети, а конец — с завершающим событием сети, называется полным путем или кратко путем.

На приведенном сетевом графике от исходного к завершающему событию ведут несколько путей через следующие события:

0—1—2—3—5—6—7—8—9—10—21

0—1—2—4—5—6—7—8—9—10—21

0—1—2—3—5—6—11—12—13—14—15—21

0—1—2—4—5—6—11—12—13—14—15—21

0—1—2—3—5—6—11—12—16—17—18—19—20—21

0—1—2—4—5—6—11—12—16—17—18—19—20—21

0—1—2—11—12—13—14—15—21

0—1—2—11—12—16—17—18—19—20—21.

2. Путь от исходного события до данного события сети называется путем, предшествующим этому событию, а путь, соединяющий это событие с завершающим событием сети,— путем, следующим за данным событием.

3. Путь, соединяющий какие-либо два события i и j , из которых ни одно не является исходным или завершающим, называется путем между событиями i и j .

Продолжительность любого пути равна сумме продолжительностей составляющих его работ.

Полный путь, имеющий наибольшую продолжительность, назы-

вается *критическим*. Продолжительность критического пути определяет общую продолжительность выполнения комплекса работ. Следовательно, чтобы сократить сроки выполнения комплекса работ, необходимо сократить сроки выполнения работ, находящихся на критическом пути.

Работы, лежащие на критическом пути, обычно выделяются жирными стрелками. Возможность в наглядной форме представить именно ту последовательность, которая определяет общие сроки выполнения комплекса работ, выгодно отличает сетевые графики от ленточных. Это преимущество особенно важно при реализации сложных комплексов работ, в которых участвуют десятки и сотни подразделений и организаций — исполнителей работ.

Остальные полные пути являются напряженными и имеют резервы времени, т. е. задержки в свершении событий, не лежащих на критическом пути, до определенного момента (до исчерпания располагаемых резервов) не влияют на сроки завершения работы в целом.

Резервы времени события R_j определяются как разность между поздним $T_{пj}$ и ранним $T_{рj}$ сроками свершения события: $R_j = T_{пj} - T_{рj}$.

Наиболее поздний из допустимых сроков свершения события — это срок, превышение которого вызовет соответствующую задержку свершения завершающего события. Определяется он как разность между продолжительностями критического пути и максимального из следующего за данным событием пути.

Для события 20 $T_{п20} = 1380 - 200 = 1180$ (дней).

Наиболее ранний из возможных сроков свершения события — срок, необходимый для выполнения всех работ, предшествующих свершению данного события, и равный продолжительности максимального из предшествующих событию путей.

События, у которых наиболее поздний срок равен наиболее раннему из возможных сроков их свершения, лежат на критическом пути и имеют нулевой резерв времени.

Резервы времени событий определяются как разность между поздним и ранним сроками их свершения:

$$R_0 = 0; R_1 = 30 - 30 = 0; R_2 = 0; R_3 = 80 \text{ и т. д.}$$

Зная ранние (T_{pi}) и поздние ($T_{пi}$) сроки свершения событий, можно для любой работы (ij) определить следующие параметры:

ранний срок начала работы $T_{р.ниj} = T_{pi}$;

поздний срок начала работы $T_{п.ниj} = T_{пj} - t_{ij}$;

ранний срок окончания работы $T_{р.оij} = T_{pi} + t_{ij}$;

поздний срок окончания работы $T_{п.оij} = T_{пj}$.

Резервами времени располагают не только события на некритических путях, но и работы, лежащие на этих путях. Полный резерв пути $R(L_i)$ показывает предельно допустимое увеличение

продолжительности этого пути и определяется как разность между длинами критического $t(L_{кр})$ и данного $t(L_i)$ путей:

$$R(L_i) = t(L_{кр}) - t(L_i).$$

Отсюда видно, что любая из работ пути, лежащая на участке, не совпадающего с критическим путем, обладает резервом времени.

Полный резерв работы $R_{пij}$ определяется по формуле

$$R_{пij} = T_{пj} - T_{pi} - t_{ij}.$$

Здесь t_{ij} — продолжительность работы ij .

Например, для работы 11, 12 (см. рис. 3.7) полный резерв времени $R_{п11, 12} = 620 - 400 - 120 = 100$ (дней).

Резерв времени пути может быть использован полностью для одной работы или распределен между отдельными работами, находящимися на этом пути только в пределах полных резервов времени этих работ. При использовании всего резерва времени пути полностью для одной работы резервы времени остальных работ, лежащих на максимальном пути, будут исчерпаны. Резервы времени на других путях, проходящих через нее, уменьшатся и будут равны разности между прежним резервом времени этих работ и использованным полным резервом времени работы, лежащей на максимальном пути. Кроме полных резервов времени, у работ в местах пересечения путей разной продолжительности, принадлежащих путям с меньшей продолжительностью, имеются частные резервы времени двух видов.

Частный резерв первого вида образуется у работ, непосредственно следующих за событиями, у которых пересекаются пути различной продолжительности (например, события 2 и 12). Его величина показывает, какая часть полного резерва работы может быть использована для увеличения этой и последующих за ней работ, принадлежащих отрезку пути до пересечения с путями большей продолжительности, при условии, что это увеличение не вызовет изменения позднего срока свершения события, которым начинается данная работа (начального события данной работы), и определяется по формуле $R'_{чij} = T_{пj} - T_{pi} - t_{ij}$. Например, для работы 2, 11 частный резерв времени первого вида $R'_{ч2, 11} = 500 - 180 - 30 = 290$ (дней).

Частный резерв второго вида образуется у работ, непосредственно предшествующих событиям, у которых пересекаются пути различной продолжительности (например, события 5, 11, 21). Его величина показывает, какая часть полного резерва может быть использована для увеличения продолжительности работы и предшествующих ей работ на отрезке пути до пересечения с путями большей продолжительности при условии, что это увеличение не вызовет нарушения раннего срока свершения конечного события этой работы, а следовательно, и сокращения резервов времени ни у одной из последующих работ, и определяется по формуле $R'_{чij} = T_{pj} - T_{pi} - t_{ij}$.

Для работы 2, 11 частный резерв времени $R_{ч2,11}^* = 400 - 180 - 30 = 190$ (дней).

Резервы времени могут использоваться в системах СПУ для последовательной перестройки графика с целью его оптимизации. При контроле за его выполнением величина резерва времени не всегда может достаточно полно характеризовать, насколько напряженным является выполнение принятого плана комплекса работ.

Степень напряженности каждой некритической группы работ характеризуется коэффициентом напряженности работ K_{nij} , который определяется отношением несовпадающих с критическим путем отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, к критическому пути:

$$K_{nij} = \frac{t(L_{\max}) - t'(L_{кр})}{t(L_{кр}) - t'(L_{кр})}$$

или

$$K_{nij} = 1 - \frac{R_{nij}}{t(L_{кр}) - t'(L_{кр})},$$

где $t'(L_{кр})$ — величина отрезка, совпадающего с критическим путем; $t(L_{\max})$ — величина максимального пути, проходящего через данную работу.

Например, для работы 3, 5 при полном резерве времени $R_{п3,5} = 80$ дней коэффициент напряженности составляет

$$K_{п3,5} = 1 - \frac{80}{1380 - 1180} = 0,6.$$

Между тем для работы 18, 19 при $R_{п18,19} = 100$ дней

$$K_{п18,19} = 1 - \frac{100}{1380 - 180} = 0,92.$$

Следовательно, напряженность выполнения работы 18, 19 значительно выше, чем работы 3, 5, несмотря на больший полный резерв времени.

Разновидности сетевых графиков. В зависимости от количества независимых целей в конкретных комплексах работ описывающие их сетевые графики могут содержать одно или несколько завершающих событий. Сетевые графики, имеющие одно завершающее событие, называются *одноцелевыми*, а имеющие несколько завершающих событий — *многоцелевыми*.

По степени охвата комплекса работ сетевые графики подразделяются на комплексные (сводные), охватывающие все работы, выполняемые различными организациями; частные, включающие отдельные самостоятельные работы комплекса, выполняемые отдельными организациями (частный сетевой график является частью комплексного); первичные, содержащие работы, выполняемые отдельными ответственными исполнителями (первичный сетевой график является частью частного). Перечисленные сетевые графики могут быть детализированными или укрупненными.

Сетевой график может иметь детерминированную, случайную или смешанную структуры. *Детерминированная структура* означает, что все работы комплекса работ и их взаимосвязь точно определены. Если же они включены с некоторой вероятностью, то структура сетевого графика будет *случайной*. В такой сети каждой работе комплекса работ соответствует определенная вероятность включения ее в число выполняемых работ, причем эта вероятность может быть зависимой. При *смешанной структуре* некоторые работы в сетевом графике комплекса работ носят вероятностный характер, остальные же работы установлены точно.

В настоящее время наиболее распространены сетевые графики с детерминированной структурой и детерминированными оценками продолжительности работ, называемые *детерминированными*, и сетевые графики с детерминированной структурой и вероятностными временными оценками, обычно называемые *вероятностными*.

Проведение работ по сетевому планированию и управлению осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение состава работ комплекса, их взаимосвязи и последовательности выполнения работ по этапам;
- 2) составление сетевого графика на комплекс работ по этапам;
- 3) определение времени выполнения каждой работы;
- 4) определение критического пути и резервов времени;
- 5) оценка всех типов ресурсов и потребной суммы ассигнований с распределением по этапам работ;
- 6) составление общего сетевого графика комплекса работ;
- 7) анализ и оптимизация сетевого графика — разработка мероприятий по сокращению времени критического пути, доведение времени критического пути до планового;
- 8) составление окончательного проекта сетевого графика;
- 9) управление ходом работ с помощью сетевого графика.

ТПР подсистемы ТПП включает 5 задач: 1) организацию и ведение фонда нормативно-справочной информации; 2) расчет применимости деталей и сборочных единиц в изделии; 3) расчет норм расхода материалов в специализированной номенклатуре на изделие; 4) расчет норм расхода материалов на изделие; 5) расчет плана ТПП нового изделия.

Задача «Расчет применимости деталей и сборочных единиц в изделиях»

Характеристика задачи. Пользователь получает информацию о номенклатуре и количестве всех применяемых в расчетном изделии составных частей. В качестве рассчитываемого изделия рассматривается любая включенная в перечень сборочная единица, о структурном и количественном составе которой необходимо получить информацию (составные части — входящие детали и сборочные единицы).

Постановка задачи. На основании исходных данных, приведенных в конструкторской спецификации сборочной единицы, требуется определить количество применяемых в изделии составных частей по каждому шифру. Результирующая информация используется в задаче 3.

Исходные данные. Нормативно-справочная информация состоит из двух таблиц.

Справочник состава изделий

Шифр сборочной единицы (куда входит)	Шифр сборочной единицы (что входит)	Количество	Шифр принадлежности (что входит)	Шифр постоянной или переменной части	Шифр единицы измерения

Справочник наименований изделий и их составных частей

Изделие (сборочная единица, деталь)		
Номер	Шифр	Краткое наименование

Оперативная информация.

Перечень изделий

Изделие	
Шифр	Краткое наименование

Выходные данные.

Ведомость применяемости деталей, сборочных единиц в изделии

Шифр принадлежности	Шифр детали сборочной единицы (что входит)	Наименование детали сборочной единицы	Шифр сборочной единицы (куда входит)	Шифр единицы измерения	Количество		Степень вхождения
					в сборочной единице	в изделии	

Ведомость применяемости составных частей в изделии (по шифрам принадлежности)

Шифр детали сборочной единицы (что входит)	Наименование детали сборочной единицы	Шифр сборочной единицы (куда входит)	Шифр единицы измерения	Количество		Степень вхождения
				в сборочной единице	в изделии	

Ведомость сборки изделия

Степень вхождения	Шифр принадлежности	Шифр детали сборочной единицы (что входит)	Наименование детали сборочной единицы	Шифр сборочной единицы изделия (куда входит)	Шифр единицы измерения	Количество	
						в сборочной единице	в изделии

Алгоритм решения задачи. I этап — сформировать массив перечня изделий для разузлования; II этап — для каждого изделия из массива произвести расчет применяемости по данным массива справочника по логической схеме куда входит — что входит.

Задача «Расчет норм расхода материалов на изделие»

Х а р а к т е р и с т и к а з а д а ч и. Предусматривается расчет сводных норм расхода материалов как в укрупненной номенклатуре, так и выборочно.

П о с т а н о в к а з а д а ч и. В результате решения требуется определить сводные показатели: массы; массы заготовки; нормы расхода; коэффициента использования. Результат используется в отделах главного технолога и материально-технического снабжения.

И с х о д н ы е д а н н ы е. Нормативно-справочная информация состоит из 6 таблиц.

Справочник наименований изделий и их составных частей (см. предыдущую задачу).

Справочник коэффициентов перевода в нормативные единицы измерения

Шифр материала	Коэффициент перевода

Справочник сводных групп материалов

Краткое наименование сводной группы материалов	Номер соответствия	Шифр сводной группы материалов	Шифр единицы измерения

Классификатор групп сырья, материалов

Краткое наименование сводной группы материалов	Номер соответствия	Шифр сводной группы материалов	Шифр единицы измерения	Диапазон шифров материалов	
				начало	конец

Справочник соответствия шифров материалов шифру сводной группы

Краткое наименование сводной группы	Номер соответствия	Шифр сводной группы	Шифр единицы измерения	Шифр материалов

Классификатор клиентов (поставщиков)

Клиент (поставщик)	
Шифр	Наименование

О п е р а т и в н а я и н ф о р м а ц и я. Перечень изделий (см. предыдущую задачу); массивы специфицированных норм расхода материалов на изделие по цехам, номенклатурного плана производства товарной продукции.

В ы х о д н ы е д а н н ы е. Включают нормы расходов материалов на изделие и по поставщикам.

А л г о р и т м р е ш е н и я. Средневзвешенная специфицированная норма расхода материала определяется выражением

$$N = \sum_{k=1}^n N'_{kk} \frac{P_k}{P_r},$$

где N'_{kk} — специфицированная норма расхода материала для изготовления изделия на k -й квартал; P_k — план выпуска изделий на k -й квартал; P_r — план выпуска изделий на год (сумма планов по кварталам).

Расчет сводной массы изделия $M_{св. и}$, сводной массы заготовки $M_{св. з. и}$, сводной нормы расхода $N_{св. и}$, сводного коэффициента использования $K_{св. и}$, сводного коэффициента использования для материалов собственной переработки $K_{св. п. и}$, сводной массы $M_{св. п. и}$, сводной нормы расхода на изделие по кооперации $N_{св. и}^к$ определяется по следующим формулам:

$$M_{св. и} = \sum_{i=1}^n M'_{иi},$$

где $M'_{иi}$ — специфицированная масса на изделие по i -му материалу;

$$M_{св. з. и} = \sum_{i=1}^n M'_{з. и i},$$

где $M'_{з. и i}$ — специфицированная масса заготовки на изделие по i -му материалу;

$$N_{св. и} = \sum_{i=1}^n N'_{иi},$$

где $N'_{иi}$ — специфицированная норма расхода по i -му материалу;

$$K_{св. и} = \frac{M_{св. и}}{N_{св. и}};$$

$$K_{св. п. и} = \frac{M_{св. п. и}}{N_{св. п. и}};$$

$$M_{св. п. и}^к = M_{св. и} - M_{св. и}^к; \quad N_{св. п. и}^к = N_{св. и} - N_{св. и}^к.$$

Задача «Расчет плана ТПП нового изделия»

Характеристика задачи. Используется для автоматизации процесса планирования и управления ТПП нового изделия.

Постановка задачи. Требуется рассчитать план ТПП нового изделия на базе метода СПУ.

Исходные данные. Сведения о составе работ и их взаимозаменяемости (сетевой график); характеристика работ (продолжительность, трудоемкость, исполнитель, уровень управления); карточка исполнителей по видам работ; справочник норм по видам работ.

Оперативная информация. Заявка на расчет сетевого графика; параметры сетевого графика ТПП на изделие; перечень работ сетевого графика на изделие; отчет о ходе выполнения работ ТПП по изделию; перечень изделий; заявка на сшивание сетевых графиков; перечень исполнителей; ведомость трудоемкости видов работ по исполнителям.

Выходные данные. Печатается 8 основных и 5 вспомогательных машинограмм.

Алгоритм решения. Имеется сетевой график, состоящий из m работ, каждой работе поставлены в соответствие ее продолжительность t_{ij} , вид оборудования τ_{ij} , вид работы S_{ij} и трудоемкость вида работы T_{S} .

При заданных T и d (T — продолжительность планового периода, d — величина критичности) определить:

- 1) для каждой работы $T_p^{\text{ож}}$, $T_n^{\text{ож}}$, полный R_{nij} и частные резервы работ R'_{cij} , R''_{cij} ;
- 2) длительность $T_{кр}$ и выделить работы критического пути;
- 3) выделить работы подкритической зоны (L_{\max}) с величиной критичности не более d ;
- 4) составить календарный план-график работ по исполнителям;
- 5) рассчитать загрузку исполнителей;
- 6) дать сведения о ходе выполнения работ руководителю ТПП;
- 7) произвести при необходимости сшивание сетевых моделей по заданному перечню изделий.

3.4. ПОДСИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Сущность, структура и функции подсистемы. Задача любого предприятия заключается в обеспечении максимального выпуска продукции надлежащего качества при наименьших затратах. Эта задача находит свое практическое решение в процессе основного производства, так как именно в нем сосредоточены материальные ресурсы и кроются резервы повышения эффективности работы предприятия в целом. Поэтому в комплексе функций управления предприятием функция оперативного управления основным производством (ОУОП) является главной.

ОУОП — комплекс информационных процедур по выработке управляющих воздействий на производственный процесс, обеспечивающих достижение им заданных подсистемой ТЭП плановых показателей в установленные сроки. Объект ОУОП — оборудование, производственный персонал, предметы труда. Цель ОУОП — обеспечение выполнения плана выпуска готовой продукции при равномерной работе каждого рабочего места и равномерном выпуске продукции участком, цехом и заводом в целом, обеспечение наиболее полного и эффективного использования оборудования и рабочих, максимальное сокращение длительности производственного цикла и объемов незавершенного производства (НЗП).

Основные функции ОУОП: оперативное планирование; оперативный учет и анализ; оперативное регулирование (диспетчеризация).

Оперативное планирование — это конкретизация плановых заданий, получаемых подсистемой оперативного управления основным производством (ОУОП) от подсистемы ТЭП во времени (внутри определенного оперативно-планового периода), в пространстве (по цехам, участкам, рабочим местам) и с учетом специфических особенностей технологии и организации производства управляемого объекта (его составных частей).

Подчеркнем еще раз, что наилучшие технико-экономические показатели достигаются при равномерной работе рабочих мест, участков и цехов и равномерном выпуске продукции, полном использовании оборудования и рабочего времени, рабочих, максимальном

сокращении длительности производственного цикла и объема НЗП. Методы реализации функций планирования зависят от типа производства (серийное, массовое, единичное).

Исходные данные для оперативного планирования: установленный для завода план выпуска продукции по кварталам и месяцам; технологический маршрут и технологический процесс обработки деталей и сборки сборочных единиц с нормами времени по операциям; проценты выполнения норм рабочими; принятый режим работы участков и цехов; план выведения оборудования в ремонт.

Календарное планирование основывается на календарно-плановых нормативах (КПН). К ним относятся: размеры и ритмы партий деталей, сборочных единиц и изделий; длительность производственных циклов; опережение запуска и выпуска партий деталей и сборочных единиц; заделы и нормативы НЗП.

Оперативное планирование определяется степенью централизации плановой работы, выбранной планово-учетной единицей и дифференциацией плановых периодов, составом и точностью КПН, а также составом, порядком оформления и движения плановой и учетной документации.

При централизованной системе планирования наибольшая часть плановой работы выполняется в заводском плановом органе, при децентрализованной — в цехах или на участках. В зависимости от принятой планово-учетной единицы бывают поддетальная, комплектная и позаказная системы планирования.

При *поддетальной системе* планирование ведется по детали каждого наименования (например, ДСЕ — деталесборочная единица). В *комплектной системе* в качестве планово-учетной единицы принимают комплекты деталей, объединенные по тем или иным признакам. *Позаказная система* содержит планово-учетную единицу — заказ, т. е. все детали и сборочные единицы изделия одного наименования, подлежащие выпуску в плановом периоде.

Обычно единичное и мелкосерийное производства представляют собой децентрализованную позаказную или комплектную систему, серийное производство — комплектные или поддетальные системы, массовое — централизованную поддетальную систему. В условиях АСУП чаще всего используется централизованная поддетальная система.

Оперативный учет и анализ представляет собой учет и анализ хода основного производственного процесса, т. е. сбор, обработку и сопоставление определенного круга данных о текущем состоянии производственного процесса с некоторыми плановыми и нормативными величинами. *Оперативное регулирование (диспетчеризация)* — это выработка управляющих воздействий на основной производственный процесс в случае отклонений его от нормального хода.

Структура ОУОП. ОУОП осуществляется на двух уровнях: межцехового (заводского) и внутрицехового управления.

Межцеховое (заводское) оперативное управление — часть функций ОУОП, которая связана с планированием основной про-

изводственной деятельности цехов предприятия, их учетом и регулированием, исходя из необходимости выполнения производственных заданий, поставленных перед предприятием. Объект управления ОУОП на межцеховом уровне включает цеха основного производства, комплектующие и промежуточные кладовые и склады, а также экспедиторские и транспортные межцеховые службы. Управляющие элементы состоят из структурных подразделений заводского аппарата управления: линейного руководства предприятия, планово-диспетчерского и планово-экономического отделов.

Внутрицеховое оперативное управление — часть функций ОУОП, связанная с планированием, учетом и регулированием основного производственного процесса в рамках цеха (корпуса, участка). Объект управления на внутрицеховом уровне включает системы вида человек — станок со всем набором необходимых для осуществления технических процессов, предметов и средств труда (заготовок, инструмента, материалов, оснастки, оборудования, измерительных приборов, тары, транспортных средств и т. д.) или группы таких систем (участки, отделения, пролеты и т. д.).

Управляющие элементы ОУОП на внутрицеховом уровне представляют собой аппарат линейного руководства цехом или складом (частично); планово-диспетчерское бюро или плановую группу цеха, линейное руководство внутрицеховых подразделений (отделений, пролетов, участков, смен и т. д.), аппарат сменных диспетчеров и начальников смен, планово-экономические бюро или группу цеха (частично).

В основу построения подсистем ОУОП для различных характеров производства обычно полагается традиционная иерархия построения системы планирования основного производства. Подсистема ОУОП на машиностроительном предприятии имеет иерархическую структуру (рис. 3.8).

На верхнем уровне планирования решается задача формирования производственной программы предприятия. Сформированная программа служит исходной информацией для решения задачи среднего уровня — распределения производственной программы по плановым периодам. Результаты решения задачи среднего уровня (межцеховой календарный план) служат исходной информацией для решения многочисленных задач нижнего уровня, календарного планирования работы цехов и участков.

Рассмотрим примеры задач ОУОП из состава ТПР.

В оперативном управлении основным производством выделяются два этапа. На первом этапе оперативного управления основным производством на промышленном предприятии обычно решаются следующие задачи: 1) расчет развернутого плана потребности в деталях (сборочных единицах) на товарный выпуск продукции (по предприятию, цеху на год, квартал, месяц); 2) расчет подетального плана сдачи и получения деталей (сборочных единиц) в натуральном выражении по цехам на квартал, месяц; 3) расчет загрузки и пропускной способности оборудования.

Следует отметить, что задачи по расчету планов производства в АСУП являются сложными, и поэтому их автоматизация позволяет значительно сократить затраты управленческого труда на стадии производственного планирования.

Второй этап решения задач подсистемы ОУОП реализуется с помощью задач учета выполнения плана межцеховых поставок, внутрицехового планирования и учета, а также задач оперативного

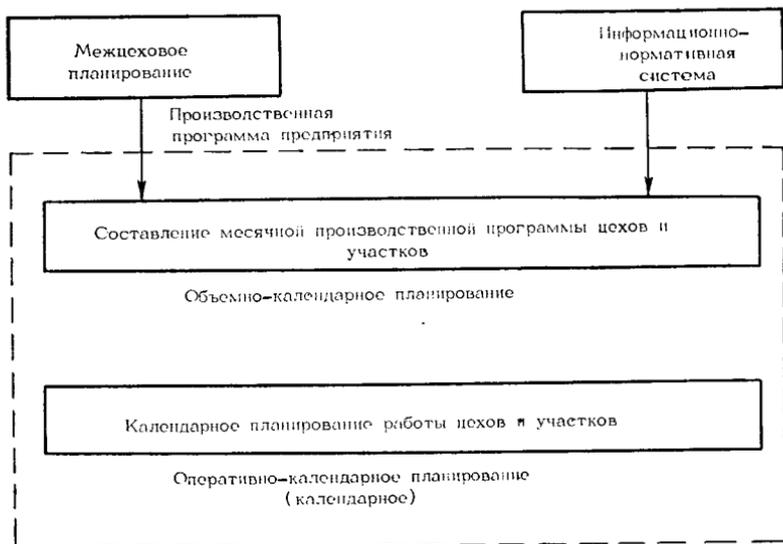


Рис. 3.8. Иерархическая структура подсистемы ОУОП

контроля и регулирования хода производства, часть из которых по возможности должна функционировать в масштабе времени, близком к реальному.

Разработка ТПР для подсистемы ОУОП показала, что типизации в основном поддаются задачи первого этапа. Задачи же второго этапа, как правило, очень чувствительны к организации процесса производства и оперативного управления на предприятии.

Рассмотрим первые две задачи более подробно.

Задача «Расчет развернутого плана потребности в деталях»

Характеристика задачи. Решение задачи механизмирует расчет планов потребности в деталях (сборочных единицах) на товарный выпуск по предприятию и цехам на год (по кварталам) или на квартал (по месяцам).

Область применения: предприятия машиностроительные и приборостроительные с крупносерийным и массовым характером производства, использующие подетальную систему планирования.

Постановка задачи. Необходимо рассчитать подетальный и среднесуточный планы потребности в деталях. *Подетальный план* производства служит связующим звеном между оперативно-производственным и технико-экономическим планированием и является основой для осуществления межцехового плани-

рования и регулирования, текущей подготовки производства, а также для расчетов планов потребности в материальных и трудовых ресурсах. Он определяется путем умножения количества используемых в изделии деталей и сборочных единиц в цехе-потребителе на плановое количество данных изделий. При этом распределение плана по периодам производится в соответствии с планом выпуска изделий или пропорционально количеству рабочих дней в каждом периоде.

Среднесуточный план определяется как частное от деления суммарного развернутого плана расчетного периода на количество рабочих дней в этом периоде. Затем рассчитанный план по предприятию закрепляется за цехом в соответствии с технологическим маршрутом изготовления детали (сборочной единицы).

При решении этой задачи выполняются следующие логические и вычислительные работы:

а) разузлование и раздетализирование всех сборочных изделий выпуска товарной продукции предприятия по всем ступеням сборки вплоть до деталей и определение полной применяемости деталей и сборочных единиц в этих изделиях по цеху-потребителю. Для покупных изделий такой расчет не производится;

б) определение суммарной потребности по предприятию и цехам в деталях (сборочных единицах) на план выпуска;

в) определение среднесуточного плана выпуска деталей (сборочных единиц);

г) расчет плана потребности по цехам в деталях (сборочных единицах) на товарный выпуск. Согласно технологическому маршруту план потребности в деталях (сборочных единицах) на товарный выпуск по предприятию закрепляется за соответствующими цехами-изготовителями данной детали (сборочной единицы).

Задача решается 5 раз (по году и кварталам).

Исходные данные. Информация о конструктивном составе изделия, технологический маршрут изготовления и план выпуска изделия; справочник наименований изделий и их составных частей (номер изделия, шифр изделия, наименование изделия).

Оперативная информация. План выпуска изделий по предприятию на квартал (вид товарной продукции, шифр изделия, шифр вида исполнения, признак готовности, план (всего), план по периодам (I, II, III, IV), план на следующий период;

план выпуска изделий, имеющих детали (сборочные единицы), устанавливаемые по условиям заказа на каждое из них, по предприятию на квартал (может отсутствовать);

ведомость распределения объемов производства по параллельным цехам на квартал (шифр сборочной единицы, шифр вида исполнения, шифр основного цеха-изготовителя, объем производства основного цеха (в %), шифр параллельного цеха-изготовителя, объем производства параллельного цеха (в %));

ведомость деталей, план производства которых не распределен по периодам (для расчета по опережениям, а не на основе норм задела).

Информация из других задач состоит из массива конструкторского состава изделий (из ТПП); массива межцехового технологического маршрута (из ТПП); массива применяемости детали (из ТПП вместо массива конструкторского состава изделий).

Выходные данные. Таблица «Потребность в деталях (сборочных единицах) на товарный выпуск продукции по предприятию на квартал по цеху-потребителю».

Алгоритм решения задачи. Схематически любое изделие (узел), собираемое в цехе M_n , представляется в виде графа, вершины которого соответствуют узлам и деталям, входящим в изделие, а дуги, их соединяющие, определяют входимость узлов, деталей более низких ступеней сборки в более высокие.

Пусть задана полная применяемость $n_{ij}^{M_n}$ детали (узла) N_i в изделие N_j в цехе-потребителе M_n . Тогда развернутый план сдачи деталей (сборочных единиц) по предприятию в цехах-потребителях определяется следующим образом:

$$Q_{\alpha\rho\omega i}^{M_n} = Q_{\alpha\rho\omega j} n_{ij}^{M_n} \tau_i^{M_n},$$

где $Q_{\alpha\rho\omega i}^{M_n}$ — развернутый план сдачи детали N_i , вида исполнения α , признака

готовности ρ , вида товарной продукции ω по цеху-потребителю M_{Π} на год; $Q_{c\alpha\rho\omega j}$ — план сдачи изделий N_j , вида исполнения α , признака готовности ρ , вида товарной продукции ω по предприятию; $\tau_i^{M_{\Pi}}$ — процент распределения плана сдачи детали (сборочной единицы) N_i , вида исполнения α , признака готовности ρ , вида товарной продукции ω по параллельным цехам-потребителям.

Развернутый план сдачи деталей N_i вида исполнения α , степени готовности ρ по цеху-потребителю M_{Π}

$$Q_{c\alpha\rho i}^{M_{\Pi}} = \sum_{\forall \omega} Q_{c\alpha\rho\omega i}^{M_{\Pi}}$$

Развернутый план сдачи деталей N_i , степени готовности ρ по цехам-потребителям

$$Q_{c\alpha\rho i}^{M_{\Pi}} = \sum_{\forall \alpha} Q_{c\alpha\rho i}^{M_{\Pi}}$$

Развернутый план сдачи деталей N_i , степени готовности ρ по предприятию

$$Q_{c\rho i} = \sum_{\forall M_{\Pi}} Q_{c\rho i}^{M_{\Pi}}$$

Среднесуточный план по предприятию

$$q_{c\alpha\rho i}^{M_{\Pi}} = Q_{c\alpha\rho i}^{M_{\Pi}} / D,$$

где D — количество рабочих дней в расчетном периоде.

По каждому цеху-потребителю $q_{c\rho i}^{M_{\Pi}} = Q_{c\rho i}^{M_{\Pi}} / D$. По всем цехам предприятия $q_{c\rho i} = Q_{c\rho i} / D$, где $q_{c\rho i}$ — развернутый среднесуточный план сдачи деталей N_i степени готовности ρ по предприятию.

Задачи «Расчет поддетального плана сдачи и получения деталей в натуральном выражении»

Х а р а к т е р и с т и к а з а д а ч и. Решение задачи механизмирует расчет планов сдачи и получения деталей по цехам на квартал с разбивкой по месяцам.

Область применения — предприятия приборостроения и машиностроения с крупносерийным и массовым характером при поддетальной системе.

П о с т а н о в к а з а д а ч и. Необходимо рассчитать планы сдачи и получения для всех цехов-изготовителей и потребителей согласно технологическому маршруту по номерам заходов в цех.

Основа расчета — развернутый план потребности на товарный выпуск, скорректированный с учетом плана изменения заделов и компенсации неизбежных внутрипроизводственных потерь. План сдачи рассчитывается по видам товарной продукции и должен быть меньше плана получения на величину плана изменения задела и компенсации неизбежных внутрипроизводственных потерь в расчетном цехе.

Величина плана изменения задела определяется как сумма величин планов восполнения и приращения заделов. Разность между нормативной величиной задела и его фактическим наличием на начало планируемого периода и составляет величину восполнения задела. Величина изменения задела может быть положительной или отрицательной, что соответствует дефициту или избытку НЗП по данной детали.

В процессе производства неизбежны потери от брака при изготовлении деталей, которые необходимо компенсировать. План компенсации неизбежных внутрипроизводственных потерь определяется в процентах от развернутого плана потребности.

Исходные данные: развернутый план потребности в деталях на товарный выпуск продукции; межцеховой технологический маршрут; нормы заделов деталей по цеху (складу); фактическое наличие деталей по цеху (складу); планируемый процент неизбежных внутрипроизводственных потерь.

Задача решается 4 раза (1 раз в квартал). Ее информация используется в ТЭП, МТС и ОУОП.

Входная информация. Нормативно-справочная информация состоит из трех таблиц: справочника наименований изделий и их составных частей; массива календарно-плановых нормативов (шифр цеха, шифр детали, шифр вида исполнения, признак готовности, номер захода в цех, норма задела); массива планируемого процента внутрипроизводственных потерь (шифр детали, вид исполнения, номер захода в цех, планируемый процент внутрихозяйственных потерь).

Оперативная информация. Ведомость фактических остатков по цеху (складу) (цех, шифр детали, вид исполнения, признак готовности, номер захода в цех, наличие задела), а также информация из задачи «Расчет развернутого плана потребности на товарный выпуск».

Выходная информация. Таблица «План сдачи и получения деталей по цеху на квартал».

Алгоритм решения задачи. Нормативный задел деталей $z_{\alpha\rho i}^M$ определяется по формулам:

$$z_{\alpha\rho i}^M = \frac{\sum_{\forall M_{\Pi}} \sum_{\forall \omega} Q_{\alpha\rho\omega i}^{M_{\Pi}} z_{\alpha\rho i}^M}{D_{n+1}} \quad (\text{по цеху-изготовителю});$$

$$z_{\alpha\rho i}^{M_{\Pi}} = \frac{\sum_{\forall \omega} Q_{\alpha\rho\omega i}^{M_{\Pi}} z_{\alpha\rho i}^M}{D_{n+1}} \quad (\text{по цеху-потребителю}),$$

где i — количество деталей N_i ; α — вид исполнения; ρ — признак готовности; z — норма задела детали по цеху в днях; D_{n+1} — количество рабочих дней в квартале, следующем за плановым периодом; Q — план сдачи детали на квартал, следующий за планируемым периодом.

План применения заделов $Q_{z\alpha\rho i}$:

$$Q_{z\alpha\rho i} = z_{\alpha\rho i}^M - z_{\phi\alpha\rho i},$$

где $z_{\alpha\rho i}^M$ — нормативный задел; $z_{\phi\alpha\rho i}$ — фактический задел.

Внутрипроизводственные потери $Q_{\forall\alpha\rho i}^M$ определяются по формулам:

$$Q_{\forall\alpha\rho i}^M = \frac{\sum_{\forall M_{\Pi}} \sum_{\forall \omega} Q_{\alpha\rho\omega i}^{M_{\Pi}} K_{\forall\alpha\rho i}^M}{100} \tau_i \quad (\text{для цеха-изготовителя});$$

$$Q_{\forall\alpha\rho i}^{M_{\Pi}} = \frac{\sum_{\forall \omega} Q_{\alpha\rho\omega i}^{M_{\Pi}} K_{\forall\alpha\rho i}^M}{100} \tau_i \quad (\text{для цеха-потребителя}),$$

где K_{\forall} — установленный процент внутрипроизводственных потерь; τ_i — процент распределения объектов производства между параллельными цехами-изготовителями (при отсутствии параллельных цехов $\tau_i = 1$).

План получения $Q_{\Pi\alpha\rho i}$:

$$Q_{\Pi\alpha\rho i}^{M_{\Pi}} = \left(\sum_{\forall \omega} Q_{\alpha\rho\omega i}^{M_{\Pi}} + Q_{z\alpha\rho i} + Q_{\forall\alpha\rho i} \right) \tau_i \quad (\text{для цехов-изготовителей});$$

$$Q_{\text{п}\alpha\rho i}^M = \left(\sum_{\forall M_{\text{п}}} \sum_{\forall \omega} Q_{\text{с}\alpha\rho\omega i}^{M_{\text{п}}} + \sum_{\forall M_{\text{п}}} Q_{\text{з}\alpha\rho i} + \sum_{\forall M_{\text{п}}} Q_{\text{в}\alpha\rho i} \right) \tau_i \quad (\text{для цехов-потребителей.})$$

Среднесуточный план определяется по формуле, аналогичной приведенной в предыдущей задаче.

3.5. ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ СНАБЖЕНИЕМ

Общая характеристика подсистемы МТС предприятия. МТС — совокупность операций по планированию потребностей в сырье, материалах, покупных полуфабрикатах и комплектующих изделий, получению и распределению их внутри предприятия, оперативному учету, анализу и регулированию движения материалов. Основная цель МТС — своевременное и полное удовлетворение потребностей производства в материалах при минимальных затратах на их доставку, хранение и распределение.

Для достижения цели необходимо предусматривать: определение потребности в конкретных видах материалов для выпуска продукции, обеспечения производства и обоснования ее перед планирующими органами; заказы материалов по специфицированной номенклатуре в соответствии с выделенными фондами; получение и распределение материалов на предприятии в соответствии с заданными сроками (реализация фондов); учет прихода, уровня запасов и расхода материалов; оперативный контроль за состоянием и использованием материалов на складах и в производстве.

План МТС разрабатывается на основе: производственной программы; нормативов и норм расхода сырья, материалов, полуфабрикатов, топлива, комплектующих изделий, инструментов; разработанных мероприятий по плану повышения эффективности производства (экономии ресурсов); плана капитального строительства; изменения остатков на начало и конец планируемого года; установленных и вновь налаживаемых прямых связей с предприятиями-поставщиками; цен на все виды МТС.

План МТС связан с другими разделами плана завода:

- а) планом выпуска — производственная программа;
- б) планом технического развития и повышения эффективности производства;
- в) планом по труду — обеспечение материалами и заготовками экономичных видов, способствующих снижению себестоимости и трудоемкости;
- г) финансовым планом — изменение (прирост или уменьшение) оборотных средств, определяющее финансовые показатели предприятия.

Организационно-функциональная система управления снабжением в народном хозяйстве страны. В системе народного хозяйства СССР можно выделить подсистему Госснаба СССР, осуществляющую межотраслевые функции управления снабжением и содержащую отраслевые подсистемы и подсистемы МТС предприятий.

Эти подсистемы тесно взаимосвязаны.

Система Госнаба СССР представляет собой развитую отрасль снабжения народного хозяйства, организованную по межотраслевому территориальному принципу. В системе имеются главные управления по снабжению и сбыту соответствующих видов продукции отдельных отраслей (Союзглавснабсбыты) и главные управления по комплектованию оборудованием строящихся и реконструируемых предприятий.

Территориальный принцип планирования и управления снабжением обеспечивают республиканские главные и территориальные управления МТС. Для централизованного обеспечения потребителей в системе Госнаба СССР создана сеть универсальных и специализированных баз и складов, размещенных по экономическим районам.

Задачи автоматизации на уровне Госнаба СССР: определение сводной потребности по каждому виду продукции (только по заводу ЗИЛ — 30 тыс. наименований, «Фрезер» — 15 тыс.), определение балансов и планов распределения, выбор форм снабжения, прикрепление потребителей к поставщикам, текущее планирование поставок управление запасами, контроль поставок по фондодержателям и экономическим районам и по важнейшей номенклатуре.

В отраслевых министерствах к наиболее важным задачам относятся: определение и прогнозирование потребностей в материальных ресурсах, составление материальных балансов, планов МТС, распределения и перераспределения фондов на материальные ресурсы, контроль и регулирование запасов ресурсов на предприятиях, учет и контроль реализации фондов, анализ эффективности использования материальных ресурсов.

Структура и состав задач подсистемы МТС. Объектом управления в МТС на предприятии являются потоки материалов, начинающие свое движение со склада предприятия, а также складские, транспортные и заготовительные операции. Основные функции подсистемы — планирование, регулирование и учет. Планирование обосновывает цели функционирования ОУ, регулирование осуществляет прямую связь системы управления с ОУ, а учет — обратную.

Основной метод планирования в подсистеме МТС — балансовый. МТС планируется в два этапа — расчет плана и составление заявки. Материальный баланс определяется в сводной номенклатуре в натуральном и денежном выражении. В основу системы учета положен нормативный метод.

Процесс движения материальных ресурсов подразделяется на стадии: отгрузка материалов со склада предприятия-поставщика; поступление материалов на склад предприятия-потребителя; нахождение материалов на складах предприятия-потребителя; поступление в производственное потребление; собственно производственное потребление.

Структура органов МТС приведена на рис. 3.9, из которого видно, что МТС и отдел внешнего кооперирования состоят из оперативных секторов, осуществляющих обеспечение производства однород-

ными группами материалов, сектора управления (планового сектора) и материальных секторов. Плановые секторы этих отделов планируют текущие и перспективные потребности в материалах, распределение их внутри предприятия и корректируют планы снабжения на основе учетных данных. Оперативные секторы дают заказ и организуют получение (реализацию фондов) материалов для предприятия. В функции материальных секторов входят организация приемки, хранения, выдачи материалов и учет их движения.

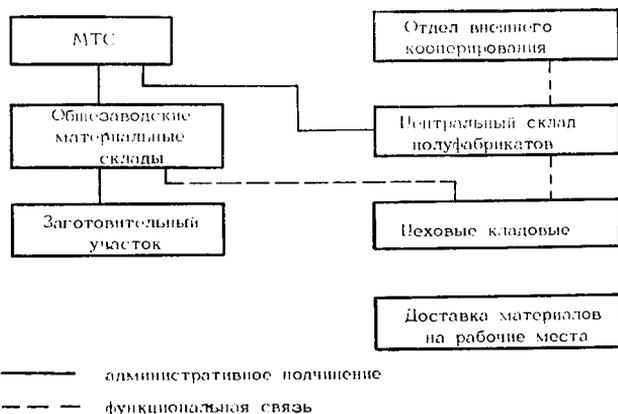


Рис. 3.9. Структура органов МТС

Используемая в подсистеме МТС информация подразделяется на текущую, определяющую движение материалов, нормативную (первичная — норма расхода материалов на деталь, цена материала; вторичная — сводная информация, специфицированные нормы, сводные нормы расхода материалов на изделие) и управляющую (расчет потребности в материалах, расчет стоимости материалов и отчет о их движении).

Взаимосвязь подсистемы МТС с другими подсистемами осуществляется на основе постоянного обмена входящей и исходящей информацией, использования единого информационного фонда и единой классификации справочных и группировочных показателей.

С учетом выбора первоочередных задач автоматизации наиболее трудоемких расчетов, производимых в отделах материально-технического снабжения и внешней кооперации, первые 6 задач, приведенных в табл. 3.1, оформлены в виде ТПР.

Принципы построения подсистемы МТС. Перечислим основные принципы построения данной подсистемы:

- 1) системный подход, который проявляется в комплексном решении задач в подсистеме;
- 2) возможность проведения многовариантных расчетов и оптимальный выбор наилучшего;

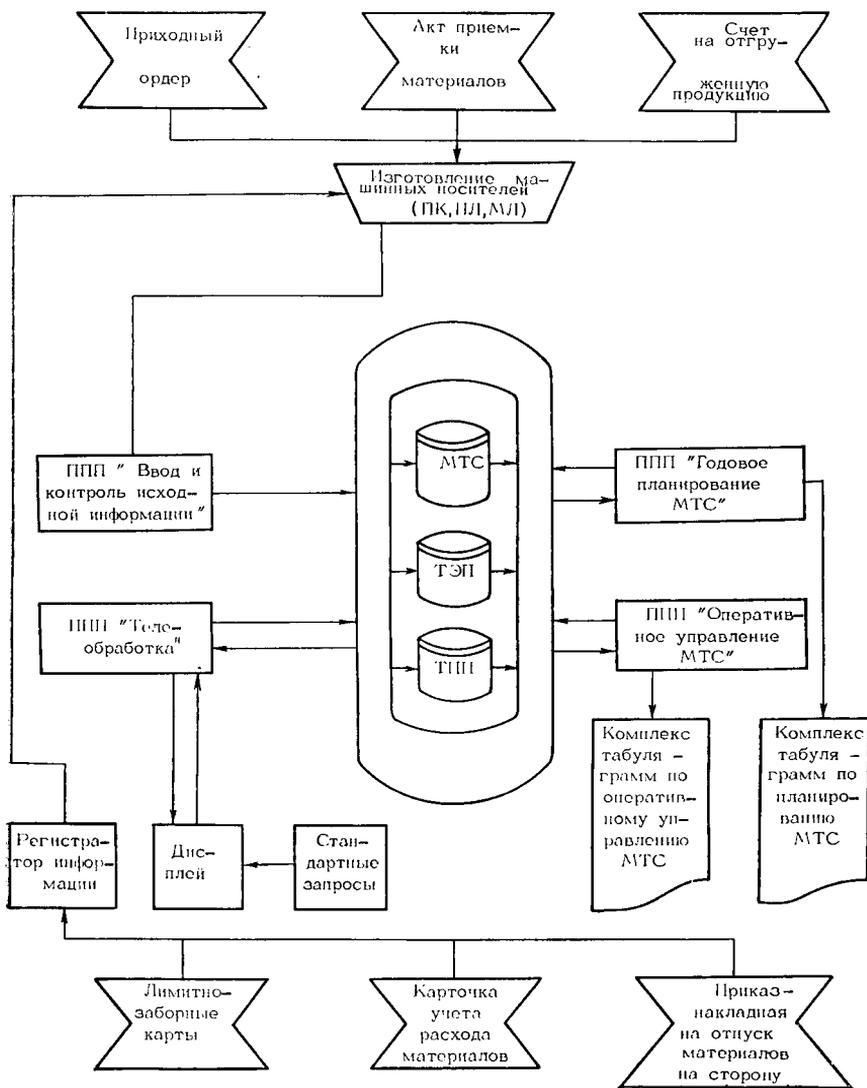


Рис. 3.10. Фрагмент технологической подготовки информации для задач снабжения

- 3) совместимость подсистемы с другими АСУ МТС более высокого уровня;
- 4) перспективность подсистемы, т. е. возможность учета новых требований к системе снабжения;
- 5) экономичность, т. е. минимум затрат, связанных с ее функционированием;

Табл. 3.1. Перечень задач, решаемых в подсистеме МТС

Подсистема МТС	Информация для решения задачи подсистемы МТС
Расчет специфицированной потребности в материалах на товарный выпуск	
Расчет специфицированной потребности в материалах для заказа	
Расчет лимитов материалов	Нормативно-справочная информация, под-
Расчет потребности материалов по сводной номенклатуре для заявок	детальный план, расчет специфицированных
Оперативный учет реализации фондов	ных и сводных норм
Расчет специфицированной потребности в комплектующих изделиях для заказа	расхода на сборочную
Контроль за уровнем запасов материалов	единицу, учет дви-
Учет обеспеченности материалами и комплектующими изделиями	жения материалов на
Расчет потребности в материалах в сводной номенклатуре для производства запчастей	складах, учет мате-
Учет неликвидов	риалов в производ-
Статистическая отчетность	стве
Оперативный учет и анализ материалов и комплектующих изделий в производстве	
Оперативный учет и анализ материалов и комплектующих на складах	

6) базирование подсистемы МТС на существующей организационной структуре системы снабжения с учетом необходимых и возможных изменений;

7) обеспечение органов снабжения всей необходимой информацией.

Перечисленным выше требованиям (принципам) отвечает интегрированная система обработки данных (ИСОД). Фрагмент одного из вариантов такой технологии обработки информации для задач снабжения представлен на рис. 3.10. Здесь внутримашинное информационное обеспечение интегрируется в единой базе данных, а совокупность задач подсистемы — в ППП. Особенностью ИСОД является то, что процессы сбора, подготовки и ввода данных в память ЭВМ отделены (во времени и технологически) от процессов обработки информации с помощью ППП.

Сбор данных о движении материальных ценностей на складах осуществляется с помощью регистратора информации или производства. Одновременно с формированием первичного документа сведения фиксируются на перфоносителе либо непосредственно передаются в ЭВМ.

Решение задач МТС осуществляется с помощью ППП. СУБД производит выборку информации из базы в соответствии с требованиями ППП. Кроме того, СУБД выполняет организацию регламентированных запросов к базе (наличие материала на складе) без разработки специальных программ. Результаты решения задач подсистемы отражаются в выходных машинограммах.

3.6. ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СБЫТОМ И РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОДУКЦИИ

Общая характеристика подсистемы. Основные задачи автоматизации СБР. Реализация готовой продукции потребителям является завершением производственного процесса, и, следовательно, качественное, эффективное решение задач управления сбытом во многом определяет деятельность предприятия в целом, особенно в современных условиях хозяйственной деятельности, когда одним из основных ее критериев считается объем реализованной продукции и выполнение обязательств по договорам. Поэтому важное значение имеет эффективная деятельность служб сбыта предприятий и объединений, в состав которых входят отдел сбыта, частично ОТК (контроль отгруженной продукции), частично бухгалтерия (отчет о движении готовой продукции и учет поступления средств за ее реализацию), финансовый отдел (контроль за реализацией и поступлением средств), руководство предприятия (участвующее в управлении сбытом) и вспомогательные подразделения (ВЦ, экспедиции и др.).

Отдел сбыта (ОС) в соответствии с полученными планами выпуска и реализации товарной продукции, а также заключенными договорами и разрядками составляет планы отгрузки готовых изделий собственного производства, покупных изделий, поставляемых в комплекте с изделиями собственного производства, и др. На основании сведений о готовности продукции, наличии ее на складах, ее сортности ОС составляет график отгрузки, оформляет необходимые документы и счета потребителям. Определяющим здесь является оперативный учет и прогнозирование выполнения планов реализации и прибыли, планов отгрузки.

Укрупненная структурная схема функционирования службы сбыта дана на рис. 3.11.

Под *реализованной продукцией* понимается продукция, оплаченная покупателем или сбытовой организацией. Объем реализованной продукции определяется как стоимость предназначенных к поставке и подлежащих оплате заказчиком готовых изделий и полуфабрикатов своего производства, запчастей всех видов и назначений, изделий народного потребления и работ промышленного характера (капитальный ремонт оборудования, продукция и услуги по кастроительству).

Подсистема СБР включает комплекс операций, завершающих производственный процесс и направленных на выполнение заданного плана поставок в соответствии с определенным перечнем потребителей, номенклатурой товаров, сроками их реализации.

Важной функцией ОС является контроль за своевременным выполнением договорных обязательств. Для этого ведутся и непрерывно обновляются сведения о договорах и поставках.

Следует отметить, что на большинстве предприятий промышленности уровень автоматизации расчетов, связанных с управлением сбыта продукции, весьма незначителен.

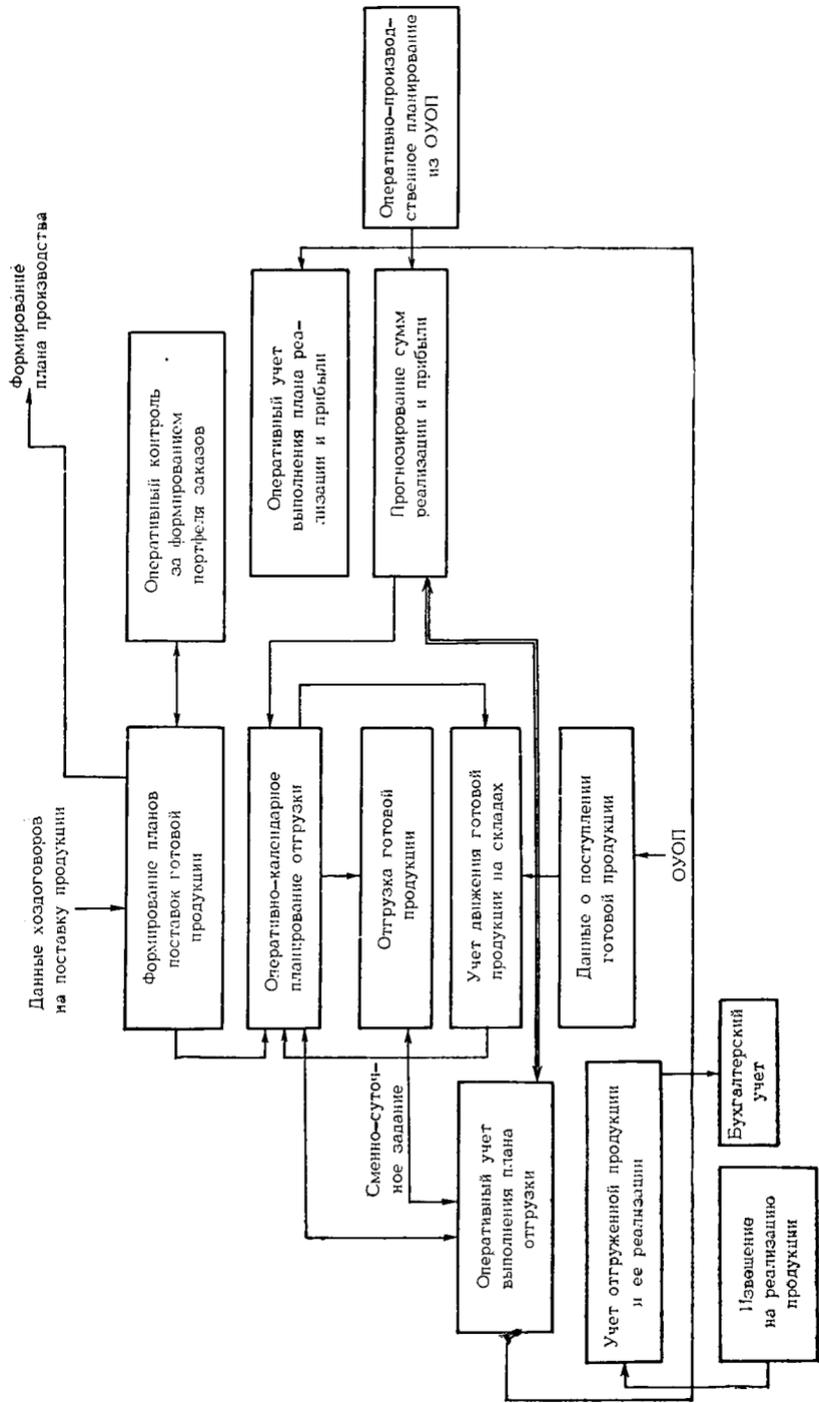


Рис. 3.11. Схема управления сбытом и реализацией продукции

Структура и состав задач подсистемы СБР. Согласно ОРММ, по созданию АСУП в подсистему СБР целесообразно включить следующий комплекс задач:

- 1) формирование плана поставок готовой продукции;
- 2) оперативный контроль за формированием портфеля заказов;
- 3) оперативный учет выполнения плана реализации и прибыли;
- 4) прогнозирование сумм реализации и прибыли;
- 5) оперативный учет выполнения плана отгрузки продукции;
- 6) учет отгруженной и реализованной готовой продукции;
- 7) исчисления налога с оборота;
- 8) составление статистического отчета о выполнении плана поставок продукции.

Исходными данными для решения комплексов задач управления сбытом являются следующие сведения: наименование, грузовые адреса, расчетные счета и другие реквизиты потребителей; план поставок на год с разбивкой по кварталам; данные, содержащиеся в договорах и нарядах, о том, когда, кому и что должно быть поставлено; текущие сведения о выполнении плана производства; справочники по ценам и т. д.

Большая часть задач подсистемы решается методом прямого счета: задачи учета и контроля, отчетности, оформления документов. Их автоматизация не только снижает трудоемкость расчетов и повышает оперативность, но и дает возможность увеличить степень детализации исследуемых процессов, расширить круг рассматриваемых проблем управления сбытом.

Ряд же задач планирования сбыта может быть решен с применением методов оптимизации. К их числу относится, например, задача «Планирование реализации и отгрузки продукции».

Задача оперативно-календарного планирования отгрузки продукции связана с конкретизацией квартального плана поставок. Этот документ является основой планомерной оперативной работы службы сбыта и организации взаимоотношений данной службы с производством и покупателями. Обеспечить выполнение поставок в соответствии с заданными условиями можно только в случае согласованности с графиком выпуска продукции, сдачи ее на склад и отгрузки потребителям.

При наличии десятков видов продукции, различающихся по техническим характеристикам, оптовой цене и плановой прибыли от реализации продукции, а также большим количеством покупателей с различными условиями поставки и сроками документооборота, составление графика отгрузки превращается в сложную комбинированную задачу, которую можно решить только с применением ЭВМ и экономико-математических методов.

В ГПР входят все перечисленные ранее задачи и задачи оперативного учета движения готовой продукции на складах.

Основу подсистемы составляет задача 1 «Формирование плана поставок готовой продукции». Главная цель — формирование годового, квартального, месячного планов поставок, обеспечивающих выполнение заказов потребителей по ассортименту и в установленном

ные сроки, а также технико-экономических показателей предприятия. При решении данной задачи важное значение приобретает обеспечение ритмичности поставок на основе равномерных месячных поставок от квартальных фондов и ритмичности выпуска продукции. Результаты используются в отделе сбыта, планово-экономическом и планово-диспетчерском отделах.

Определяющее влияние имеет очередность выполнения заказов (наряд и заказы по поставке и распоряжению правительства; экспортные поставки, пусковые стройки, по кооперации). Поскольку продукция выпускается, как правило, в широком ассортименте для большого круга потребителей, важное значение имеет также систематизация нарядов-заказов, или спецификация потребителей.

Поэтому выходным документам данных задач уделяется особое внимание. Они должны быть так обработаны и находиться в таком состоянии, чтобы позволяли обеспечить соответствующую очередность выполнения заказов, облегчить работу по планированию загрузки производства, организовать поставку продукции, учет поставок и отчетность по ним. Результаты решения данной задачи используются в качестве исходной информации для решения следующих задач подсистемы: «Оперативный контроль за формированием портфеля заказов»; «Оперативно-календарное планирование отгрузки»; «Оперативный учет выполнения плана отгрузки»; «Составление статистического отчета о выполнении плана поставок».

Выработка рекомендаций по улучшению процесса управления сбытом и реализации продукции. Рекомендации разрабатываются на основании результатов обследования ОС и предложений заказчиков. Согласно рекомендациям ОРММ, предполагается:

увеличение сверхнормативных запасов за счет своевременной и комплектной отгрузки готовой продукции;

увеличение степени загрузки производственных мощностей;

ликвидация убыточных и низкорентабельных заказов;

увеличение степени загрузки технических средств управленческих работ;

уменьшение штрафов и неустоек за нарушение условий поставок;

уменьшение потерь от брака готовой продукции;

повышение качества готовых изделий;

ликвидация потерь при хранении готовой продукции.

Перечисленные рекомендации необходимо рассматривать в комплексе и намечать конкретные мероприятия по их реализации посредством более качественного и детального проектирования функциональных подсистем.

3.7. ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Качество продукции как объект управления. В настоящее время большое значение имеет проблема качества продукции, которая диктуется рядом объективных факторов: изменением структуры

потребления, определяемой стремлением удовлетворить потребность населения товарами более высокого качества; социалистической экономической интеграцией, обуславливающей необходимость производства продукции на уровне мировых стандартов; конкурентоспособностью на мировом рынке.

Согласно ГОСТ 15467—70, качество продукции определяется как совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением. Экономическими рычагами механизма управления качеством являются такие факторы, как прибыль, цена, кредит.

Повышение качества продукции обеспечивает значительный доход предприятия; увеличение объемов продукции, снижение удельных затрат мощностей на производство качественной продукции, улучшение условий труда производственных рабочих. Высокое качество продукции на предприятии достигается совершенствованием технологии, улучшением организационно-технического обслуживания производства, повышением квалификации рабочих и ИТР благодаря обучению их прогрессивным формам и методам, улучшению качества продукции, рациональной организации сбора, обработки и анализа информации о качестве продукции, применению систем материального стимулирования, повышению ответственности за выпуск недоброкачественной продукции.

Организационный процесс управления качеством продукции (УКП) включает следующие уровни: народнохозяйственный, межотраслевой и республиканский, отраслевой, объединения (предприятия).

Важнейшая роль в УКП принадлежит Госплану СССР, Госкомитету СССР по науке и технике, Госстандарту СССР, которые осуществляют координацию всех работ по УКП. Организационно-технической основой УКП является Государственная система стандартизации.

Номенклатура показателей качества включает: показатели назначения, характеризующие полезный эффект от использования продукции, технологичности, эргономические, стандартизации и унификации, эстетические, патентно-правовые, экономические, отражающие затраты на разработку, изготовление, эксплуатацию и потребление. Эти показатели определяют основные направления влияния на качество продукции, которые находят отражение в различных системах УКП.

Система УКП — это совокупность форм, методов и средств, обеспечивающих получение заданных качественных показателей продукции на всех стадиях ее формирования: проектирования, изготовления, эксплуатации.

Показатели качества продукции в данном цикле представлены на рис. 3.12.

Системы УКП возникли и развиваются вследствие выделения из управленческих функций специальных работ по контролю качества изделий. Они прошли несколько стадий в своем развитии. Система бездефектного изготовления продукции (СБИП, Саратов)

широко применялась ранее. В ней впервые была введена количественная оценка качества труда рабочего, участка, цеха по показателю сдачи готовой продукции ОТК и заказчику с первого предъявления. Развитием системы УКП явилась Львовская система бездефектного труда (СБТ), основной особенностью которой является количественная оценка качества труда инженерно-технических

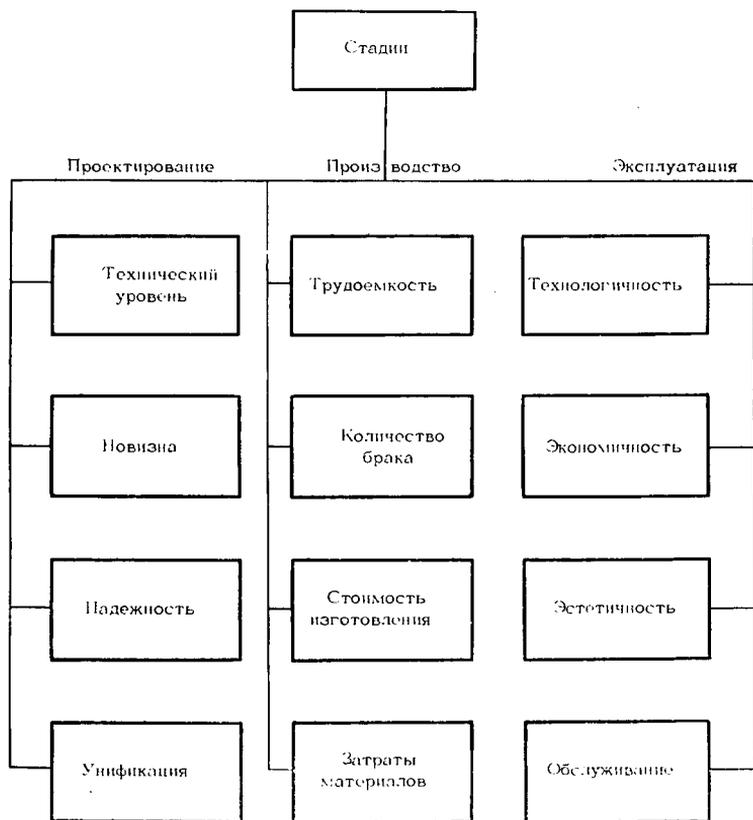


Рис. 3.12. Показатели качества продукции

работников через коэффициент качества. *Комплексная система УКП*, обеспечивающая комплекс мероприятий по улучшению всего цикла создания изделия, начиная от разработки и кончая изготовлением, четко определяет функции управления качеством, выполняемые различными службами (табл. 3.2).

При такой системе обуславливается переход от концепции «контроль качества» к концепции «управление качеством». Помимо технических, экономических и организационных мероприятий, в нее включаются такие аспекты, как идейно-политическое воспитание коллектива, организация соревнования, повышение роли трудового коллектива в управлении производством.

Табл. 3.2. Комплексная система управления качеством продукции

Служба	Содержание функций
Отдел управления качеством	Разработка структуры комплексной системы УПК. Разработка мероприятий по ее внедрению. Разработка элементов обеспечения системы
Отдел метрологии и стандартизации	Разработка и внедрение стандартов продукции. Контроль работы метрологической аппаратуры. Контроль конструкторской и технологической документации, их унификация
Отдел главного конструктора	Изучение конкурентоспособности. Проектирование изделий повышенного качества. Разработка требований к унификации конструкторских документов. Повышение качества ведения документации
Отдел главного технолога	Разработка рациональных технологических процессов, новых машин, узлов. Разработка требований к унификации технологической оснастки. Повышение качества ведения документации
Служба надежности	Разработка показателей надежности, методов ее оценки и анализа по результатам эксплуатации
ОТК	Контроль сырья, материалов, готовой продукции. Контроль за работой оборудования. Учет и анализ брака
Отдел труда и заработной платы	Разработка систем материального стимулирования за высококачественную продукцию

Дальнейшим развитием комплексной системы УКП явились разработка и внедрение на предприятиях автоматизированной функциональной подсистемы УКП.

Общая характеристика подсистемы и состав ее задач. Организационной основой построения подсистемы УКП является разграничение функций управления качеством, служб, определенных выше для комплексной системы УКП, методологической основой — стандарты предприятия.

Структурная программа УКП состоит из функциональных и обеспечивающих элементов.

Функциональные элементы учитывают функции процесса управления качеством (планирование, учет и контроль, анализ, регулирование), а обеспечивающие элементы представляют комплекс информационного, технического, математического обеспечения для решения задач подсистемы. Особенностью такой системы управления качеством является то, что она становится функцией управления, охвата, носящей все виды деятельности предприятия, включая анализ конъюнктуры рынка, транспортировки, хранения, обслуживания готовой продукции.

Практика показала целесообразность поэтапного внедрения задач в составе нескольких очередей, исходя из того, что задачи имеют различную трудоемкость и степень влияния на показатели работы предприятия. Для первой очереди выбирают задачи, обеспечивающие существенный экономический эффект при относительно невысокой трудоемкости проектных работ.

Подсистема УКП в объеме первой очереди АСУП представляет собой информационно-справочную систему с выдачей информации

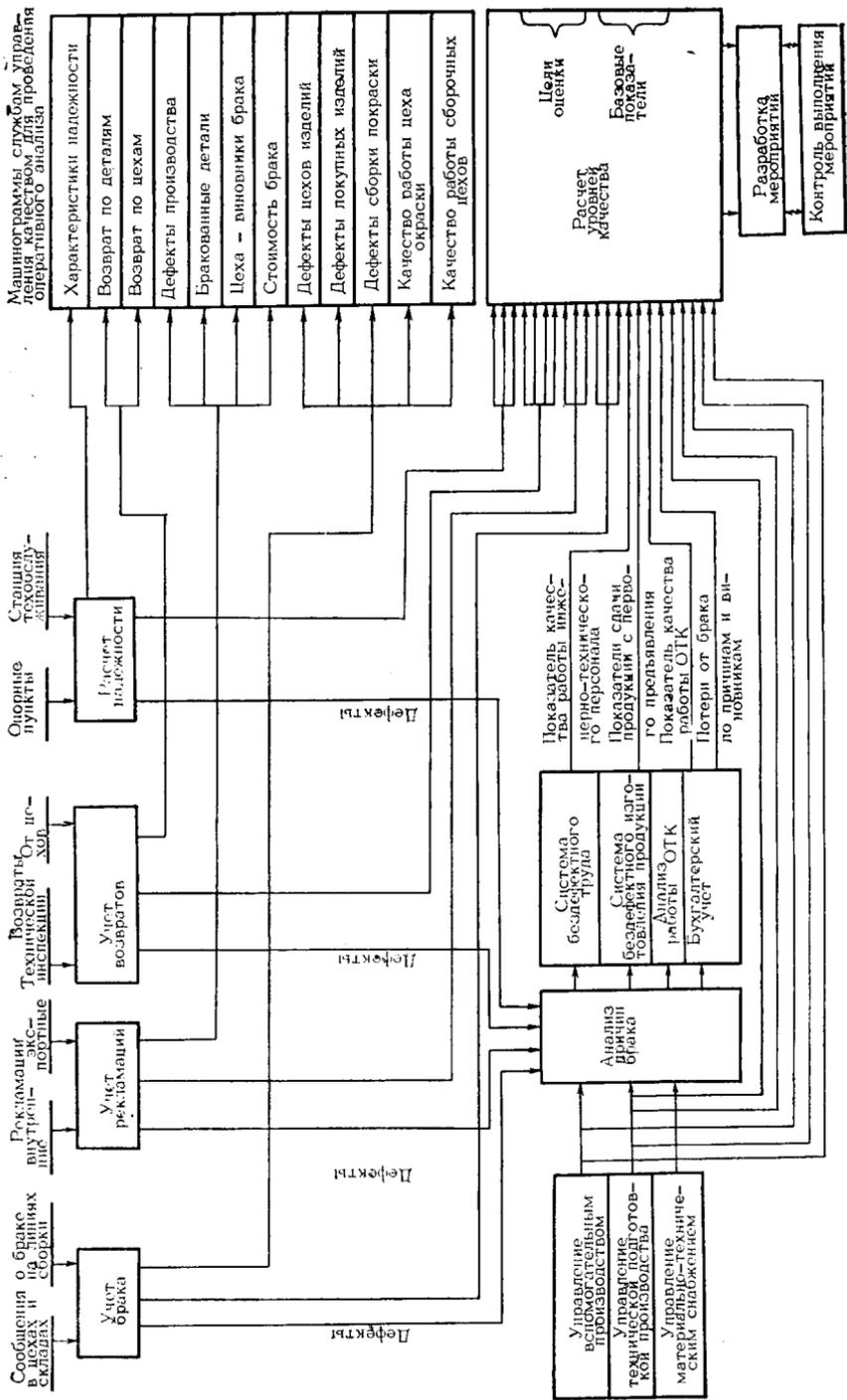


Рис. 3.13. Информационно-функциональная схема АСУК

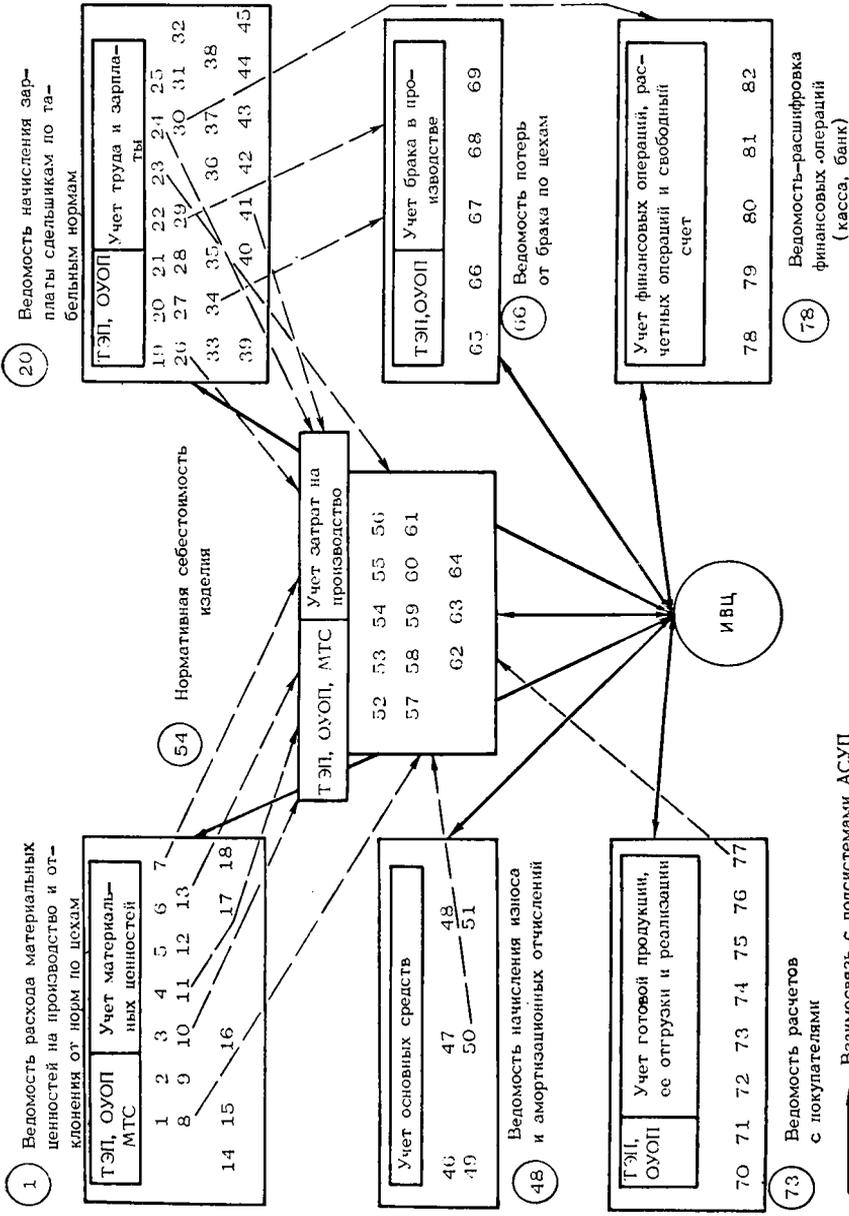


Рис. 3.14. Схема функционирования подсистемы БУ в АСУП

по запросу (по предприятию, участку, рабочему месту). Это, как правило, задачи, реализующие функции учета, контроля и анализа. Функцию учета и контроля выполняет оперативный учет брака в различных разрезах (суточном, декадном, месячном, с нарастающим итогом с начала месяца, в количественном и стоимостном выражении, в процентах объема выпущенной продукции).

Пример информационно-функциональной схемы УКП АЗЛК

Огромный поток разнообразной информации о качестве невозможно было бы эффективно и своевременно обработать и проанализировать без электронно-вычислительной техники.

Рассмотрим комплексную систему управления качеством продукции, разработанную на АЗЛК. Информационно-функциональная схема автоматизированной подсистемы управления качеством продукции АЗЛК показана на рис. 3.13.

Перечень задач, решаемых данной подсистемой, приводится в табл. 3.3.

Каждая из задач, решаемых в подсистеме, обеспечена постоянной и переменной информацией, достаточной для ее решения.

Источники входной информации показаны на рис. 3.14.

Входная информация готовится на пунктах оповещения на бланках специальной формы. Для ввода этой информации в подсистему используются стандартные формы представления информации (перфоленты, перфокарты, терминальные устройства и т. д.). Вся входная информация должна пройти предварительную обработку для того, чтобы быть подготовленной в том виде, в каком она используется в каждой из задач, и размещенной в определенной последовательности в памяти ЭВМ.

Кроме того, в долговременной памяти ЭВМ хранится большой объем информационно-справочного материала — коды структурных служб и подразделений; видов продукции, изделий, материалов и комплектующих изделий; поставщиков и потребителей продукции; технологического оборудования, оснастки и инструмента; цен на материалы и комплектующие изделия; оптовых цен на готовую продукцию; производственной программы и т. п.

В зависимости от требований той или иной задачи УКП в каждом случае ЭВМ формирует необходимую информацию.

Период хранения информации в массивах различен (в зависимости от задач, в которых он используется), поэтому создается специальная программа по ведению массивов.

Правила шифровки, структура и количество знаков в шифрах, используемых для кодирования информации, содержатся в специальном справочнике.

Выходная информация подсистемы строго соответствует тому уровню управления, для которого она предназначена.

3.8. ПОДСИСТЕМА БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА

Бухгалтерский учет является одной из важнейших функций управленческой деятельности предприятия. К задачам бухгалтерского учета относятся: проверка выполнения народнохозяйственного плана, контроль за мерой труда и его оплатой, содействие сохранности социалистической собственности, внедрение и укрепление хозяйственного расчета, проведение режима экономии. БУ представляет собой информацию о фактическом состоянии объекта управления и внешней среды. БУ по объему обрабатываемой информации занимает ведущее место во всей системе управления предприятия (до 50 % общего объема экономической информации

Табл. 3.3. Перечень основных задач, решаемых в подсистеме управления качеством продукции

Задача	Уровень управления	Срок решения	Назначение задачи	Основные показатели	
				входные	выходные
1	2	3	4	5	6
Расчет плановых показателей сдачи продукции с 1-го предъявления по категориям рабочих	Предприятие, цех, участок	Год, квартал, месяц	Определение плановых показателей сдачи продукции с 1-го предъявления по предприятиям, цехам, участкам, категориям рабочих на месяц, квартал, год	Плановые и фактические значения показателей сдачи продукции с 1-го предъявления за предыдущий плановый период	Величина плановых показателей сдачи продукции с 1-го предъявления по предприятиям, цехам, участкам, категориям рабочих
Учет показателей сдачи продукции с 1-го предъявления по категориям рабочих	Участок, цех, предприятие	Сутки, месяц, квартал, год	Определение фактически достигнутых показателей сдачи продукции с 1-го предъявления	Количество продукции, предъявленной на квартал (в натуральных, стоимостных и других показателях). Количество продукции, принятой с 1, 2, 3-го предъявлений. Величина плановых показателей сдачи продукции с 1-го предъявления	Фактически достигнутые показатели сдачи продукции с 1-го предъявления. Значения отклонений фактически достигнутых показателей сдачи продукции с 1-го предъявления от плановых
Оперативный анализ уровня сдачи продукции с 1-го предъявления	Цех, предприятие	Месяц, квартал, год	Определение причин возвратов с целью их устранения	Сведения по каждому возврату. Сведения о дополнительных затратах на устранение выявленных дефектов	Классификация причин дефектов в указанных разрезах
Развернутый анализ уровня сдачи продукции с 1-го предъявления	Цех, предприятие	Квартал, год	Определение степени влияния производственных факторов на уровень сдачи продукции с 1-го предъявления	Фактический уровень сдачи продукции с 1-го предъявления. Фактический уровень состояния технологической дисциплины. Коэффициент ритмичности. Фактический уровень ручного труда. Фактический уровень готовности оборудования	Количественные показатели зависимости уровня сдачи продукции с 1-го предъявления от каждого фактора, совместного влияния всех факторов и т. д.
Учет и оперативный анализ межцеховых возвратов	Цех, предприятие	Месяц, квартал, год	Определение количества случаев межцеховых возвратов с разбивкой по деталям, причинам, виновникам, сумма затрат на устранение	Данные о межцеховых возвратах (акт-претензия с указанием цеха, участка, виновника) по причине дефектов. Сведения о затратах на устранение выявленных	Количество случаев межцеховых возвратов за месяц. Количество деталей, забракованных в цехах-поставщиках за месяц, квартал, год. Классификация

1	2	3	4	5	6
Развернутый анализ уровня межцеховых возвратов	Цех	Квартал, год	Определение степени влияния производственных факторов (фактически достигнутые уровни затрат на технический контроль, фактически достигнутый уровень квалификации рабочих, состояние технологической дисциплины, качества поставляемых материалов на уровень межцеховых возвратов). Определение численности аппарата технической помощи от цехов в зависимости от затрат на доработку изделий	Сведения об уровне межцеховых возвратов. Фактически достигнутые уровни затрат на технический контроль, фактически достигнутый уровень квалификации рабочих, состояние технологической дисциплины; качества поставляемых материалов	межцеховых возвратов по причинам, виновникам, издержкам. Фактические затраты на устранение брака
Учет и оперативный анализ уровня соблюдения технологии	Участок, цех, предприятие	Месяц, квартал, год	Определение уровня соблюдения технологии с учетом причин и виновников нарушений технологии. Определение дополнительных затрат на устранение нарушений технологии	Сведения о результатах проверки соблюдения технологического процесса. Сведения о затратах на устранение выявленных дефектов. Классификатор дефектов	Уровень соблюдения технологии. Классификатор нарушения технологии по виновникам, причинам, участкам, цехам, предприятию. Данные о дополнительных затратах на устранение нарушений технологии по цехам, предприятию, изделиям
Развернутый анализ уровня соблюдения технологии	Цех	Квартал	Определение степени влияния производственных факторов на уровень соблюдения технологических процессов	Сведения об уровне соблюдения технологического процесса. Показатели состояния технологической дисциплины. Фактически достигнутые уровни материальной заинтересованности, квалификации рабочих, использования остатков	Количественные показатели по своей структуре ответствуют выходным показателям задачи
Учет и анализ отступлений от технической документации	Цех, предприятие	Месяц, квартал, год	Определение количества отступлений от документации по цехам, виновникам, причинам с учетом фактических затрат	Сведения об отступлении от документации (конструкторской, технологической, принятой положения, инструкций и др.). Данные о дополнительных затратах по отступлениям от документации	Классификация оформленных отступлений от документации по цехам, виновникам, причинам. Фактические затраты по отступлениям от технической документации

1	2	3	4	5	6
Учет и оперативный анализ рекламаций и претензий	Цех, предприятие	Месяц, квартал, год	Определение количества рекламаций и претензий с классификацией причин. Определение затрат по рекламациям изданий	Сведения о рекламациях и претензиях. Сведения о доляльных затратах по рекламациям и претензиям	Количество предъявленных и принятых рекламаций. Фактические затраты по рекламациям по изданию
Развернутый анализ причин рекламаций	Предприятие	Год	Определение степени влияния производственных факторов на уровень рекламаций по предприятию	Уровень рекламаций по предприятию. Фактически достигнутые показатели состояния технологической дисциплины, уровень квалификации рабочих, текучести кадров, квалификации контролеров на финишных операциях	Количественные показатели по своей структуре аналогичны задаче учета и оперативного анализа межцеховых возвратов
Учет и анализ потерь от брака в стоимостном выражении	Цех, предприятие	Квартал, год	Определение суммарных потерь от брака по цехам и предприятию в стоимостном выражении, фактических размеров удержаний. Определение превышения лимита по браку	Потери от брака в стоимостном выражении. Валовой выпуск по цехам, предприятию. Процент удержаний. Лимит по браку	Суммарные потери от брака по цехам и предприятию в стоимостном выражении. Фактические размеры удержаний с виновников по цехам и предприятию. Превышение лимита по браку
Учет и анализ себестоимости брака в разрезе изданий	Цех, предприятие	Месяц, квартал, год	Определение фактической себестоимости брака по статьям калькуляции	Себестоимость брака по статьям калькуляции	Фактическая себестоимость брака. Причины брака. Виновники брака
Развернутый анализ причин брака	Цех, предприятие	Квартал, год	Определение степени влияния производственных факторов на уровень брака по цехам, предприятию	Потери от брака. Фактически достигнутый уровень квалификации основных рабочих. Снижение уровня сдачи продукции с 1-го предъявления по сравнению с плановым. Достигнутые показатели состояния технологической дисциплины (уровень текучести кадров, уровень удержаний за брак)	Количественные показатели по своей структуре аналогичны задаче учета и оперативного анализа межцеховых возвратов
Расчет и анализ комплексного показателя качества	Цех, предприятие	Месяц	Определение величины комплексного показателя качества по цехам. Определение факторов, влияющих на комплексный показатель качества	Сведения по факторам, влияющим на величину комплексного показателя качества за исследуемый период времени	Величина комплексности показателя качества по цехам. Классификация факторов, влияющих на комплексный показатель качества

предприятия). Функции подсистемы БУ разбиваются на разделы, объединяющие комплексы задач: учет основных фондов, учет труда и заработной платы, учет затрат на производство и т. п.

Объектами бухгалтерского учета являются совершаемые хозяйственные процессы, средства для их осуществления, труд рабочих и служащих, результаты деятельности предприятия. Задачи, стоящие перед подсистемой БУ, могут быть выполнены, если она удовлетворяет следующим требованиям: сопоставимость учетных плановых показателей, унификация в методах учета, его современность и действенность, точность и объективность.

Вся совокупность работ БУ разбивается на участки учета по принципу максимальной однотипности совершаемых операций, значительного обмена информацией внутри каждого участка и минимального обмена информацией между участками.

Общая схема взаимосвязи комплексов задач подсистемы представлена на рис. 3.14.

Участок учета в свою очередь разбивается на ряд взаимосвязанных задач. Отсутствие четкого критерия определения границ задач вызывает затруднения при определении перечня задач, решаемых подсистемой. В результате сравнения отдельных решений по автоматизации БУ в АСУП была предложена приведенная схема функционирования подсистемы, которая характерна для предприятий приборостроения и машиностроения.

В этой схеме задачей считается получение одной машинограммы. Схемой предусмотрено получение 82 форм машинограмм, которые обеспечивают комплексную автоматизацию БУ в АСУП и взаимосвязь с подсистемами ТЭП, ОУОП, МТС, УКП, подсистемой нормативного хозяйства.

В основе построения всей системы БУ лежат такие общие нормативные документы, как «Единый план счетов бухгалтерского учета», «Положение о бухгалтерских отчетах и балансах», «Основные положения по планированию, учету и калькуляции себестоимости промышленной продукции». Подсистема БУ основывается на использовании нормативного метода учета затрат на производство и калькулирование себестоимости продукции. Следует помнить, что создание АСУП требует системного подхода к организации хозяйственного учета, частью которого является БУ.

Характерной чертой подсистемы БУ можно считать необходимость и возможность максимальной типизации решения ее задач, создания унифицированной подсистемы БУ. Основой унификации методов и форм ведения БУ является разработка ТПР. Используя ТПР, можно, например, не разрабатывать полный комплекс задач, а проектировать отдельные блоки решения локальных задач БУ, отражающие отраслевую и производственную специфику предприятия.

4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В настоящее время существует несколько определений информационного обеспечения (ИО) АСУ. Под *информационным обеспечением* понимают совокупность средств (систем документации и массивов информации) и методов подготовки информации для реализации функций управления в АСУ. Информационное обеспечение АСУ — это совокупность единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, унифицированных систем документации и информационных массивов, используемых в АСУ.

ГОСТ определяет важнейшие процессы в ИО: сбор; контроль; преобразование; хранение; обновление; распределение информации, идущей от источников информации к местам потребления. Перечисленные процессы ведутся с использованием методов организации данных, технологии обработки данных с применением языковых, технических и программных средств.

Таким образом, ИО — это проекция АСУ на множество информационных массивов.

Структура ИО представлена на рис. 4.1. Совокупность сведений, содержащихся в документации и массивах информации, составляет информационную базу (ИБ) системы управления объектом. Она содержит сведения о различных фактах, событиях, процессах, явлениях, используемых персоналом объекта для выполнения управленческих функций.

В зависимости от вида физических носителей сведений и их назначения выделяют две составные части информационной базы: внешнюю ИБ — совокупность документированных сведений (данных) и сообщений, используемых в АСУ (ИБД), и внутримашинную — совокупность данных на машинных носителях, сгруппированных по определенным признакам (ИБМ).

ИБД — составная часть внешней ИБ. Она охватывает сведения, используемые человеком непосредственно, например документированные сведения, содержащие нормативно-справочную, планово-учетную информацию.

ИБМ является составной частью внутримашинной ИБ. Она включает сведения, содержащиеся во входных, накапливаемых, хранимых и выходных массивах и предназначенные для использования с помощью технических средств.

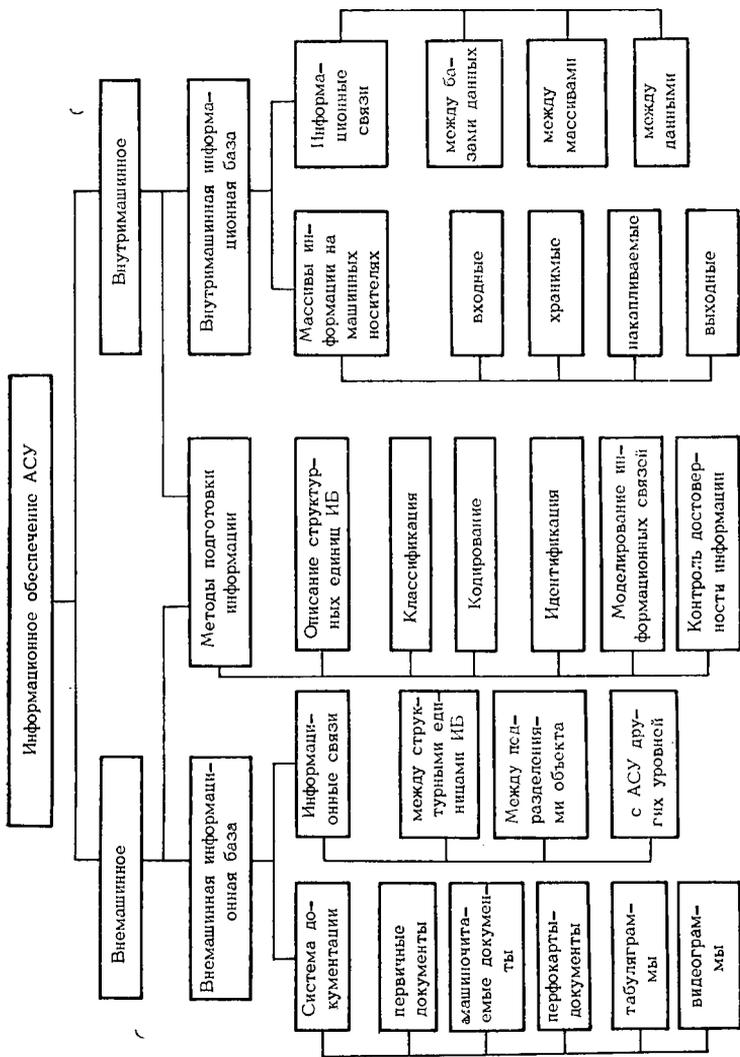


Рис. 4.1. Структура информационного обеспечения АСУ

Под базой данных понимается часть внутримашинной информационной базы, т. е. информационные массивы, выделенные для реализации определенных функций АСУ.

Для использования сведений, содержащихся в ИБ АСУ, она должна быть упорядочена по определенным правилам. Для этих целей предназначена совокупность методов подготовки технико-экономической информации, включающая описание, классификацию, идентификацию, кодирование, моделирование, контроль достоверности и т. д.

4.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ИО

При традиционных методах обработки информации каждое функциональное подразделение (плановый отдел, отдел МТС, бухгалтерия и т. д.) имеет свои информационные связи с производственными подразделениями (рис. 4.2, а). При этом информационные потоки во многом дублируются.

Основное назначение ИО АСУ — создание и функционирование АСУ, базирующейся на интеграции обработки данных с применением новейших средств и методов. При организации ИСОД традиционные информационные потоки существенно изменяются (рис. 4.2, б). Данные от производственных подразделений направляются в центр обработки (ЦОД), связанный с памятью ЭВМ. ЦОД ведет расчеты, необходимые для снабжения информацией функциональных служб.

Характерная черта ИСОД — использование общих данных для решения различных задач по управлению объектом. Процесс управления сводится к строго установленному взаимодействию различных подразделений между собой и ЦОД. Организация ИСОД способствует упрощению форм документации, рационализации документооборота, облегчая тем самым деятельность управленческого персонала и стимулируя повышение его организованно-

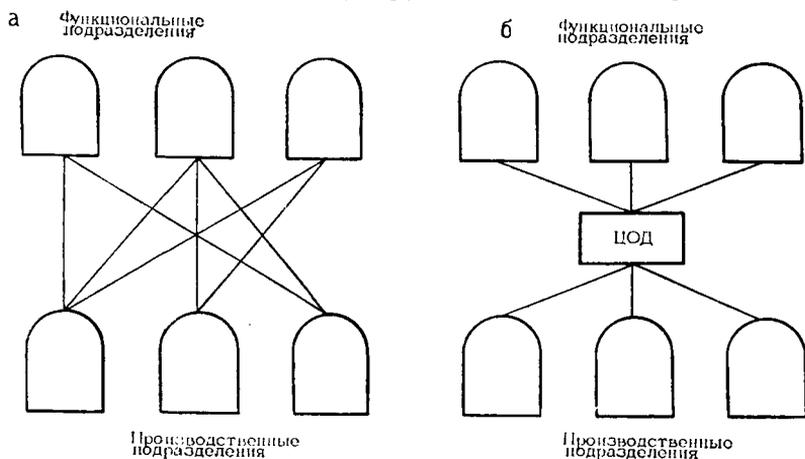


Рис. 4.2. Структура информационных потоков

сти, так как работа аппарата должна соответствовать единому графику функционирования управляющей системы.

Основные принципы ИСОД:

1) системная идентификация информационных совокупностей, позволяющая одинаковым по смыслу структурным единицам информации присвоить идентичные обозначения и наименования;

2) централизация обработки данных в специально выделенном звене управления — ИВЦ с целью повышения эффективности использования вычислительной техники;

3) централизация нормативно-справочной информации, что устраняет разнохарактерность и противоречивость нормативных данных, используемых различными подразделениями;

4) одноразовый ввод данных в систему и многократное использование для различных расчетов, что позволяет снизить трудоемкость ввода и сократить дублирование данных;

5) хранение в памяти системы общих массивов данных (баз данных), необходимых для решения разных задач, что упрощает процесс ввода изменений и экономит затраты на ввод постоянной информации.

Исходя из принципов интеграции обработки данных, обычно формулируются задачи, которые должны быть решены для создания и ведения ИО АСУ. К ним относятся: анализ состояния информационной базы объекта для ее совершенствования в условиях АСУ; описание наименований структурных единиц информационной базы АСУ; разработка классификаторов наименований структурных единиц информационной базы АСУ, классификаторов значений реквизитов-признаков, систем документации и массивов информации, применяемых в АСУ, моделей информационных связей между структурными единицами информационной базы, моделей информационных связей между структурными подразделениями объекта, инструкций, регламентирующих процесс функционирования ИО.

Выбор состава реализуемых задач по ИО АСУ на конкретном объекте в значительной мере зависит от принятой организации информационной системы и квалификации разработчиков.

4.3. ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЕЕ СТРУКТУРА

Информационная база системы управления — сложное информационное образование, состоящее из взаимосвязанных и изменяющихся во времени структурных единиц разной степени укрупнения.

На рис. 4.3 ИБ системы управления объектом представлена иерархией структурных единиц. К элементам структуры (структурным единицам) ИБ относятся: показатели (П) и составляющие их реквизиты-основания (О) и реквизиты-признаки (Р); документы (Д) и массивы (М), содержащие показатели и реквизиты; совокупности документов и массивов (информационные образования); задачи (З) и функции управления (Ф). Основными струк-

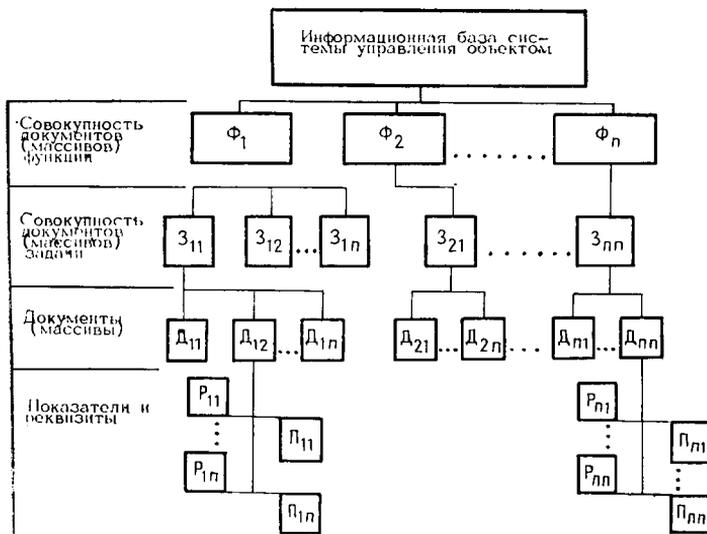


Рис. 4.3. Структура информационной базы системы управления объектом

турными единицами ИБ являются документы, регламентированные вышестоящими органами или ставшие традиционными для данной системы управления.

Структурные единицы первого уровня (Φ) представляют собой информационные образования, соответствующие документам, используемым управленческим персоналом при решении всей совокупности задач. Другими словами, структурная единица первого уровня — совокупность документов, применяемых в подсистеме управления, выделенной по функциональному признаку.

Каждая структурная единица (Z) второго уровня ИБ — информационное образование, соответствующее совокупности документов, используемых и формируемых персоналом функции управления при решении конкретной задачи.

Третий уровень ИБ образуют документы и массивы как совокупности показателей и реквизитов.

Четвертый (низший) уровень ИБ указан множеством структурных единиц информации — показателями, реквизитами, их наименованиями и значениями, из которых формируется документированная информация.

Документ — носитель данных, имеющий юридическую силу относительно принятых в том или ином подразделении законов и правил. Исходя из определения, выделяют две основные функции документа: 1) документ имеет юридическую силу и является основанием для принятия управленческих решений на соответствующих уровнях управления; 2) документ является физическим носителем упорядоченных сведений об управляемом объекте, так как содержит определенное множество показателей и реквизитов, сгруппированных по определенным правилам.

Количество документов на предприятии значительно больше числа форм, по которым они заполняются. Документы, заполняемые по идентичной форме, имеют одинаковое назначение, технологию обработки, согласования и использования. Основная форма документов — таблицы, формируемые на предварительно заготовленных бланках.

Конкретную форму документа можно по назначению разделить на три части: 1) заголовочную — наименование документа, а также реквизиты, относящиеся ко всему документу (дата заполнения); 2) содержательную, включающую графы, строки, их композиции; 3) оформляющую (подписи).

Информация, содержащаяся в документах, представляется на входе ЭВМ в виде массивов, и, наоборот, на выходе из массивов формируются документы. *Массив* — упорядоченная по какому-либо признаку информационная совокупность показателей и реквизитов, описанная в проектной документации и предназначенная для записи на машинных носителях.

По назначению выделяют различные виды документов и массивов. *Входной документ* (массив) — документ (массив), содержащий исходные данные задачи. *Выходной документ* — документ, сформированный в результате решения задачи. *Выходной массив* — массив, образованный в результате решения задачи для выдачи выходного документа или формирования хранимого массива. *Хранимый массив* — массив, полученный в процессе решения задачи и сохраняемый для применения в качестве входного в данной или другой задаче.

Входные и хранимые массивы, непосредственно используемые для выдачи выходного документа, выполняют роль выходных.

Хранимый накапливаемый массив — хранимый массив, обновляемый через определенные промежутки времени для последующего решения данной или другой задачи.

Кроме перечисленных массивов, в процессе решения задачи могут формироваться различные промежуточные массивы для сортировки, обработки, анализа данных.

На рис. 4.4 представлена взаимосвязь между документами и массивами по назначению при решении задач функциональных подсистем.

Реквизиты и показатели образуют содержательную часть документов.

Реквизиты — информационные совокупности, не поддающиеся дальнейшему расчленению и отображающие свойства сущности. Реквизиты разделяют на две группы: основания и признаки.

Основания характеризуют количественные свойства сущности, полученные в результате подсчета, измерения, вычислений и т. п. Таким образом, значения оснований могут быть только числовые величины. Признаки выражают качественные свойства сущностей и характеризуют обстоятельства протекания изучаемого процесса и получения оснований.

Реквизит представляет собой совокупность двух элементов: наи-

менования и значения. Таким образом, содержательная часть документа включает следующие элементы структурных единиц: наименования реквизитов-признаков, наименования реквизитов-оснований; значения реквизитов-признаков; значения реквизитов-оснований.

В процессе обработки информации реквизиты-признаки используются для выполнения логических операций (сортировка, выборка данных); над реквизитами-основаниями проводят вычислительные операции.

Рассмотрим пример структуры документа:

Сводка о слаче деталей по цеху №...
за месяц

Номер участка	Номер изделия	Номер детали	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
У1	И1	Д1	К1	Ц1	С1
		Д2	К2	Ц2	С2
		Д6	К3	Ц3	С3
		Д1	К4	Ц1	С4
		Д5	К5	Ц4	С5
ВСЕГО:					СУ1
У2	И3	Д4	К6	Ц5	С6
ИТОГО по цеху					СШ1

Начальник цеха

-  наименование реквизитов-признаков
-  значение реквизитов-признаков
-  наименование реквизитов-оснований
-  значения реквизитов-оснований

Реквизиты сами по себе, как правило, не несут смысловой информации и используются в составе показателей.

Показатель — информационная совокупность с минимальным составом, достаточным для образования документа. Показатель включает одно основание и относящиеся к нему реквизиты-признаки.

Для рассмотрения структуры показателя выделим из содержательной части документа следующий фрагмент:

Сводка показателей

Номер участка	Номер изделия	Номер детали	Количество
У1	И1	Д1	К1

На практике при использовании оснований и признаков возможны исключения. В отдельных случаях признаки могут играть роль оснований, а основания — признаков.

Например, в таблице начисления налогов с заработной платы реквизит-основание «Средняя заработная плата» выполняет роль реквизита-признака. В составе информационной базы предприятия количество оснований, выполняющих роль признаков, составляет в



Рис. 4.4. Взаимосвязь между документами и массивами по назначению при решении задачи

среднем 0,5 % общего количества признаков, а количество признаков, выполняющих роль оснований, — 2—3 % общего числа оснований.

Показатель состоит из одного количественного значения, совпадающего со значением основания, и одного или нескольких признаков, совпадающих с совокупностью значений, образующих показатель реквизитов-признаков.

Наименование показателя формируется с учетом наименования документа и признаков, относящихся ко всему документу (например, «Номер цеха», «Месяц»). Оно должно содержать все необходимые признаки, сообщающие данному показателю уникальность. Наименование показателя в отличие от наименования реквизита позволяет дать количественную и качественную характеристики параметра управления и пользоваться его описанием в отрыве от документа.

4.4. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ ИНФОРМАЦИИ И ЕЕ СВОЙСТВАХ

Понятие информации в философском аспекте многогранно и сложно. Оно определяется в зависимости от задач исследования, отрасли знаний, в которой оперируют этим понятием. Посредством информации мы получаем сведения об окружающем мире.

Информация — совокупность сведений, сообщений о каких-либо событиях, чьей-либо деятельности. Существует также понятие информации как меры устранения неопределенности состояния системы, меры ее упорядочения.

С точки зрения последнего определения, простая совокупность сведений (данных) не является информацией. В последнее время термин «информация» называется такое содержание данных, ради которого они собираются, обрабатываются и передаются. Таким образом, проводится различие между информацией и данными.

Данные — отдельные сведения о событиях, предметах, явлениях, представленные на том или ином языке на некотором материальном носителе. Данные на предприятии перемещаются в виде наборов цифр, букв, текстов, чертежей, рисунков, звуковых и световых сигналов, электрических импульсов и т. д. Результатом их переработки является экономическая информация, которая представляет собой совокупность сведений экономического характера, необходимых для управления народным хозяйством и его звеньями.

Информация может рассматриваться в трех аспектах: синтаксическом, семантическом, прагматическом. В *синтаксическом плане* целью анализа информации является изучение состава символов и выделение типовых элементов, структуры документов, объемов данных в символах, строках, записях и т. д., выявление специфики графической структуры документов с отвлечением от конкретного смысла и полезности информации. Например, при переводе информации на машинные носители учитывается в основном объем сведений (количество символов), при передаче информации — ее частота и надежность. В *семантическом плане* информация воспринимается с точки зрения смысла данных, зафиксированных в документах, смысловой идентификации показателей, реквизитов с целью обеспечения их однозначности для лиц, использующих информацию. В *прагматическом плане* в документах выясняется полезность информации, выраженной знаковыми символами и несущей определенный смысл, для принятия решений конкретным потребителем или для решения конкретной задачи управления объектом.

Количественная оценка информации в АСУ производится с помощью различных единиц. Разработчик задачи и системы в целом использует такие единицы, как символ, реквизит, показатель, логическая запись, документ, массив, база данных. Программисту служат другие единицы: бит, байт, поле, физическая запись, сегмент, файл, том. Между этими единицами существуют соотношения.

Бит — элементарная синтаксическая единица информации, представляющая собой знак из принятого набора, состоящего из двух знаков. *Символ* — буква, цифра или какой-либо другой знак. Символ занимает один разряд. Под разрядом понимается место размещения символа в сообщении. На машинных носителях символ изображается байтом — сочетанием битов, количество которых зависит от вида носителя (в перфокартах — 12 бит, магнитных носителях ЕС ЭВМ—8).

Логическая запись — группа данных, связанных общим классификатором. Примером логической записи может служить строка документа. *Физическая запись* — группа элементов данных, размещенная в непрерывной области на машинном носителе и включающая одну или более логических записей. Физическая запись состоит из полей. *Поле* называется область машинного носителя, в которой помещается значение реквизита. Программисты называют полем минимальный поименованный элемент данных. Группа полей, одновременно используемых в задачах, образует *сегмент*.

Файл (массив) — совокупность записей на машинном носителе об однородных объектах. *Том* — часть информации, размещенная на элементарной неделимой части машинного носителя (на одной катушке перфоленты, рулоне магнитной ленты или пакете магнитных дисков). *База данных* — поименованная совокупность данных, отражающая состояние объекта или множества объектов, их свойств и взаимосвязей. Объем базы данных не должен превышать объема памяти одновременно используемых машинных носителей.

4.5. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ

Основные методы классификации. Организация интегрированной обработки данных в АСУ предполагает унификацию и идентификацию структурных единиц информации на основе их классификации. Под *классификацией* понимают разделение заданного множества на подмножества в соответствии с принятыми методами. На практике используют иерархический, фасетный и комбинированный методы классификации.

Иерархический метод заключается в том, что заданное множество последовательно делится на подчиненные подмножества по определенному множеству признаков (рис. 4.5). Наименование классифицируемого множества (M) относится к нулевому уровню классификации. При первом делении по определенному признаку (α) образуются подчиненные подмножества (группировки) 1-го уровня классификации, суммарный объем которых равен объему множества. При делении группировок 1-го уровня образуются группировки 2-го уровня, суммарный объем которых также равен объему классифицируемого множества, и т. д. Количество ветвей определяется количеством признаков. Для каждой ветви суммарный объем группировок более низкого уровня должен быть равен объему группировок более высокого уровня. Последний уровень

классификации представляет собой совокупность элементов классифицируемого множества.

В процессе классификации должно быть установлено, что понимается под элементом классифицируемого множества, и сформулированы признаки деления для каждой ветви по всем уровням.

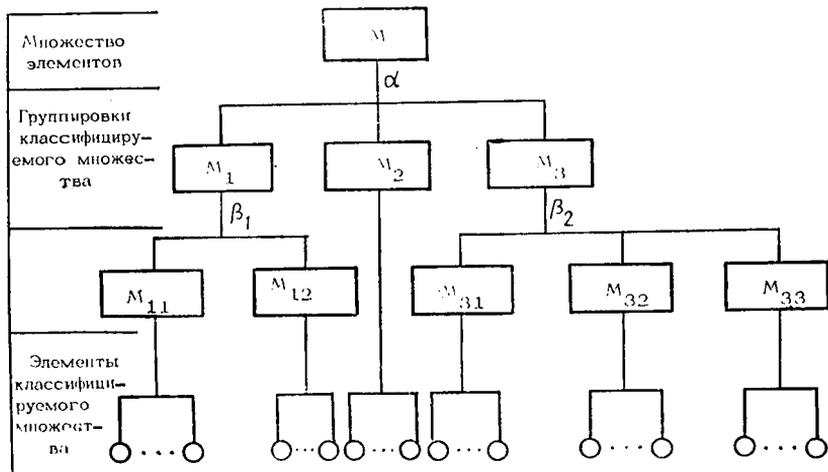


Рис. 4.5. Иерархическая классификация множества

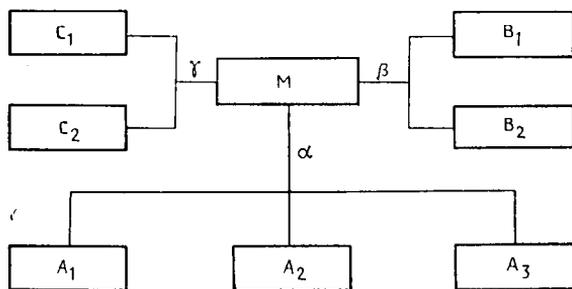


Рис. 4.6. Фасетная классификация множества

При *фасетном методе* заданное множество делится на группировки независимо, по различным признакам классификации. При этом объем получаемых группировок и классифицируемого множества может не совпадать. Пример этого метода представлен на рис. 4.6. *Комбинированный метод* представляет собой сочетание иерархического и фасетного методов.

Совокупность правил разделения заданного множества и результат разделения называются *системой (алгоритмом) классификации*. Алгоритм классификации может быть описан текстом, в виде схемы или таблицы.

Классификация наименований структурных единиц информационной базы. Эта классификация необходима для проведения опе-

раций поиска, сопоставления, сортировки данных о содержании исследуемой ИБ. Это имеет особое значение для многочисленной номенклатуры показателей, отражающих состояние управляемого объекта. Разбивка множества наименований по классификационным группировкам облегчает изучение исходного множества показателей, их сопоставление, идентификацию, выявление ошибок и т. д.

Структура классификатора, количество уровней и позиций на каждом уровне определяются степенью детализации и количеством



Рис. 4.7. Система классификации наименований реквизитов-оснований

классифицируемых объектов. Количество наименований в каждой классификационной группировке должно быть достаточно малочисленным для удобства анализа. Система классификации должна обеспечивать однозначность распределения наименований по классификационным признакам, охватывать все множество наименований, допускать возможность расширения исходного множества.

Рассмотрим некоторые примеры классификации наименований единиц информационной базы. На рис. 4.7 представлена система классификации наименований реквизитов-оснований. Это один из принципов разбивки классифицируемого множества на предприятиях машиностроения. Так как в каждом показателе содержится одно основание, эта классификация является также классификацией показателей. Классификация охватывает 5 уровней иерархии объектов: вид управляемых ресурсов; характеристику управляемых ресурсов; вид информации, к которой относится наименование основания; уровень управления; период времени. Количество раз-

личных наименований показателей, используемых в проектах АСУП в организациях Минприбора, составляет 1,5—4 тыс. В результате анализа задач ТПР выявлено 2875 наименований.

В основу классификации реквизитов-признаков (рис. 4.8) положен принцип отнесения их наименований по признакам, характерным для 1-го уровня системы классификации наименований реквизитов-оснований. Система классификации документов и массивов в АСУП охватывает 5 уровней иерархии признаков: функцию (подсистему) управления предприятием; задачу функции (подсистемы)

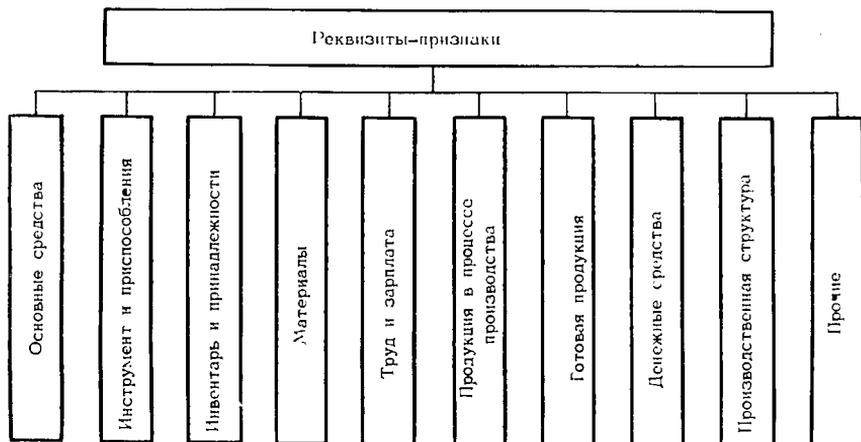


Рис. 4.8. Система классификации наименований реквизитов-признаков

управления; вид документа (массива); уровень управления; период времени.

Уровень 1 (функция управления предприятием): 1) управление технической подготовкой производства; 2) технико-экономическое управление; 3) оперативное управление основным производством; 4) управление МТС; 5) управление сбытом; 6) управление финансами; 7) управление качеством; 8) управление вспомогательным производством; 9) прочие функции.

Уровень 2 (задачи по функциям управления Z_1, Z_2, \dots).

Уровень 3 (вид документа (массива)): 1) входная нормативная информация; 2) хранимая нормативная информация; 3) выходная нормативная информация; 4) входная плановая информация; 5) хранимая плановая информация; 6) выходная плановая информация; 7) входная учетная информация; 8) хранимая учетная информация; 9) выходная учетная информация; 10) промежуточная информация всех видов.

Уровень 4 (уровень управления): 1) рабочее место; 2) бригада; 3) смена (участок, цех и т. д.); 4) конвейер; 5) отделение, служба в цехе; 6) цех; 7) отдел, корпус; 8) предприятие; 9) прочие подразделения.

Уровень 5 (период времени): 1) час; 2) смена; 3) сутки; 4) пятидневка, неделя, декада; 5) месяц; 6) квартал; 7) полугодие, год; 8) более года; 9) прочий.

На крупном машиностроительном предприятии применяется до 2—3 тыс. документов разных наименований.

Разработка системы классификации подсистем (функций) управления не требуется, так как их количество на предприятии (или в АСУП) невелико. Задачи управления целесообразно классифицировать по функциям управления, как это представлено в системе классификации документов (массивов).

Рассмотренные системы классификации позволяют распределить структурные единицы ИБ на подмножества для их идентификации и кодирования.

4.6. КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Основные методы кодирования. *Кодирование* — образование и присвоение обозначения (идентификатора) объекту классификации, признаку классификации и (или) классификационной группировке. Кодирование предназначено для сокращения избыточности и однозначного обозначения (идентификации) структурных единиц информационной базы.

В АСУ используются следующие виды кодирования: посимвольное, семантическое, помехозащитное, кодирование графической информации. При *посимвольном кодировании* каждый символ изображается на машинном носителе определенным сочетанием битов с учетом типа носителя и ЭВМ в соответствии со стандартами. *Семантическое кодирование* предназначено для присвоения кодовых обозначений реквизитам, показателям, документам и массивам. При *помехозащитном кодировании* к сообщениям прибавляются избыточные разряды, значение которых зависит от характера сообщения. Если в сообщении имеются искажения, то анализ избыточных разрядов сигнализирует о них. Этот вид кодирования используется при передаче сообщений. *Кодирование графической информации* используется при автоматизированном конструировании и подготовке технологических процессов обработки деталей. При этом информация о геометрии деталей, представленная на чертежах, преобразуется в алфавитно-цифровую форму и вводится в ЭВМ.

Цели семантического кодирования заключаются в следующем: обеспечить сокращение объема данных для более эффективного использования машинных носителей без искажения семантики сообщений; присвоить унифицированные идентификаторы элементам кодируемых множеств для автоматизации поиска сообщений; обозначить признаки логических элементов для выполнения логических операций над данными.

Таким образом, путем кодирования сообщение преобразуется в форму, эффективно воспринимаемую и обрабатываемую вычислительной техникой.

Описание структуры кода. Структура кода (кодového сообщения) — это порядок расположения знаков в кодovém обозначении.

Из различных способов описания структуры кода наиболее распространены следующие: поразрядный, буквенный, табличный.

При *поразрядном способе* описание структуры кода подразделений предприятия имеет вид, показанный на рис. 4.9.



Рис. 4.9. Структура кода подразделений предприятия при поразрядном способе описания

При *буквенном способе* та же структура имеет вид $a_1 a_2 b_1 b_2$, где a — признак подразделения высшего уровня; b — признак подразделения низшего уровня.

При *табличном способе* структура выглядит так:

Признак	Номер позиции	Количество разрядов
Подразделения высшего уровня	1	2
Подразделения низшего уровня	3	2

Для оценки способов описания структуры кода введены следующие понятия: алфавит кода — знаки, используемые для образования обозначений в соответствии с принятым методом кодирования; основание кода — число знаков в алфавите кода; длина кода — количество знаков в кодovém обозначении; блок кода — разряды кода, предназначенные для обозначения объектов с однородными признаками.

Указанные способы обуславливают порядок расположения знаков в коде и его длину. Эти способы обладают следующими недостатками: не учитываются возможность работы не только с цифровыми, но и с алфавитными и алфавитно-цифровыми кодами, а также связи между блоками.

Для более точного описания структуры кода используется понятие формулы структуры кода обозначения объекта (ФСКО). ФСКО представляет собой условную запись кода, выражающую структуру построения классификатора и примененные в нем методы классификации и кодирования, а также раскрывающую сущность каждого из разрядов и их взаимоотношения. Для обозначений используются знаки: X — цифровой алфавит кода; B — буквенный алфавит кода; O — порядковые номера; K — контрольный разряд; P — величина параметра; Z — время.

Для разделения элементов структуры кодového обозначения используются символы: $+$ — сильная (иерархическая) связь; $:$ — слабая (фасетная) связь; $[]$ — разделение блоков; $()$ — разделение фасет.

ФСКО с переменной длиной кода и указанием наибольшей длины кода обозначается, как $BB...M_k$, где k — максимальное количество разрядов, BB указывает минимальную длину кода 2. ФСКО с переменной нефиксированной длиной кода обозначается, как $B...$

При описании структуры кода используются правила описания

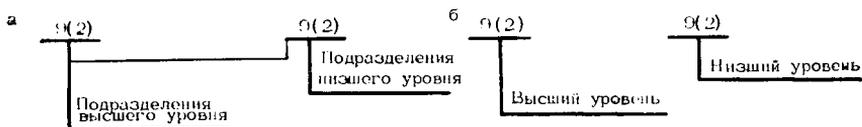


Рис. 4.10. Графическое изображение связей между блоками кода

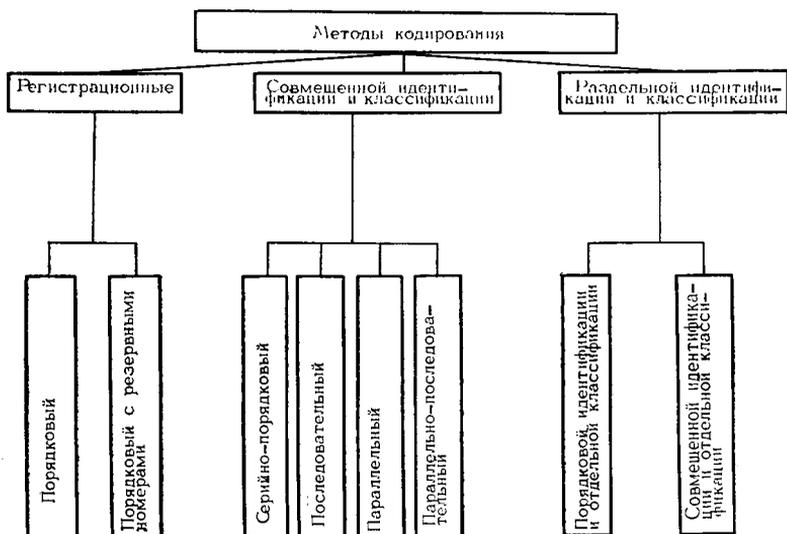


Рис. 4.11. Методы кодирования информации, применяемые в АСУ

шаблона данных, принятые в алгоритмических языках КОБОЛ и ПЛ/1 : 9 — цифровая информация; А — текстовая; X — алфавитно-цифровая.

Например, если в коде записываются два цифровых разряда, то в структуре кода будет обозначено: «99» или «9(2)»; если три буквенных разряда — «AAA» или «A(3)».

Связи между блоками обозначаются графически. Рассмотрим графический способ изображения связей между подразделениями предприятия. Если подразделения низшего уровня обозначаются начиная с 1-го номера по каждому подразделению высшего уровня, то схема кода имеет вид, показанный на рис. 4.10, а. Если подразделения высшего и низшего уровней обозначаются независимо, то схема кода имеет вид, изображенный на рис. 4.10, б.

При формировании в одном блоке нескольких признаков, распределенных по сериям, в описание структуры кода включается примечание, содержащее обозначения серий для каждого признака, номер нормативного документа и т. д. Для точного определения признаков в описание структуры кода входит фрагмент классификатора (несколько кодовых обозначений и наименований объектов). Таким образом, полное описание структуры кода содержит его схему, примечание и фрагмент классификатора.

Сущность методов кодирования информации. Совокупность методов кодирования информации в АСУ представлена на рис. 4.11. Рассмотрим достоинства, недостатки и область применения каждого из этих методов.

Регистрационные методы кодирования

1. **Порядковый метод.** Суть этого метода заключается в том, что заданное множество элементов кодируется числами натурального ряда. При появлении нового элемента ему присваивается очередной порядковый номер. В табл. 4.1 показан пример использования порядкового метода для кодирования категорий персонала предприятия.

Табл. 4.1. Порядковый метод кодирования

Наименование	Код
Производственные рабочие	1
Вспомогательные рабочие	2
ИТР	3
Служащие	4
Младший обслуживающий персонал	5
Непромышленный персонал	6

Достоинства метода: простота присвоения кодовых обозначений, минимальная длина кода, возможность расширения кодируемого множества в пределах длины кода. Недостаток: группирование элементов множества требует построения специальных алгоритмов.

Метод обычно применяется для кодирования множеств, которые не подвергаются классификации, например виды товарной продукции, производственные заказы.

2. **Порядковый метод с резервными номерами.** В этом методе при кодировании оставляются отдельные номера для резерва с целью обеспечения возможности расширения кодируемого множества. Пример приведен в табл. 4.2 (кодирование единиц измерения).

Табл. 4.2. Порядковый метод с резервными номерами

Наименование	Код
Миллиметр	1
Килограмм	4
Час	6
Сутки	7
Неделя	8

Здесь в резерве оставлены номера 2 и 3 для обеспечения возможности кодирования единиц измерения «сантиметр» и «метр», а также номер 5 для кодирования единицы «тонна».

Достоинство метода заключается в том, что резервные номера облегчают ручной поиск данных, к недостатку относится наличие определенной избыточности в коде. В технической литературе оба регистрационных метода носят название *порядковых методов*.

Методы совмещенной идентификации и классификации

1. Серийно-порядковый метод. Характеризуется тем, что кодовыми обозначениями являются числа натурального ряда с закреплением отдельных диапазонов (серий) чисел за объектами классификации с одинаковыми признаками.

В качестве примера рассмотрим кодирование единиц измерения (табл. 4.3). Множество единиц измерения делится на группы: меры длины (номера от 10 до 19), площади (20—29), объема (30—39), комплектности (40—69).

Табл. 4.3. Серийно-порядковый метод

Наименование	Код	Наименование	Код
Микрометр	11	Кубический миллиметр	31
Миллиметр	12	Кубический метр	32
Сантиметр	13	Литр	33
Квадратный сантиметр	21	Штука	41
Квадратный метр	22	Пачка	42

Достоинства метода: незначительная длина кода, возможность автоматической группировки сообщений по заданному признаку. Недостаток: возможность переполнения отдельных серий, что требует корректировки алгоритмов группировки.

2. Последовательный метод. Сущность этого метода заключается в том, что в кодовом обозначении последовательно указываются зависимые уровни иерархической классификации. Для обозначения уровня классификации отводится определенное количество разрядов. Разряды последующего уровня зависят от разрядов предыдущего, при этом обратной зависимости нет.

В качестве примера приведена структура кода общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП) (рис. 4.12). Фрагмент ОКП приведен в табл. 4.4.

Достоинства метода: упрощение алгоритмов подведения итогов, удобство ручной обработки информации. Недостатки: возможность переполнения отдельных группировок, возможность обозначения одного элемента различными кодами, большая избыточность кода.

3. Параллельный метод. Этот метод характеризуется независимым кодированием признаков элементов. Например, свойства «круглый», «квадратный», «овальный» объединяются признаком

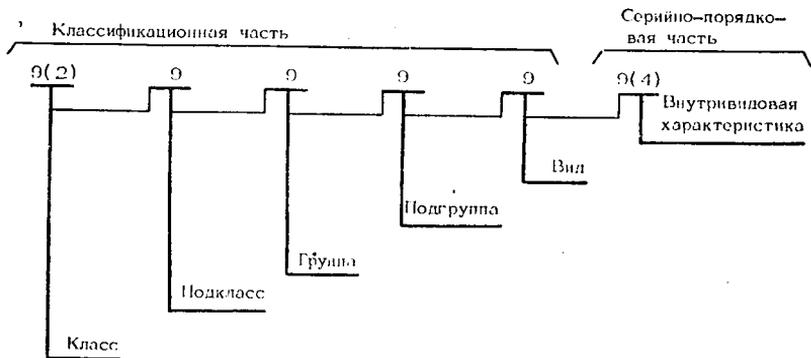


Рис. 4.12. Последовательный метод кодирования

«форма». В схеме кода каждый признак обозначается отдельным блоком, состоящим из одного или нескольких разрядов. Блоки независимы друг от друга, так как их образование основано на фасетной классификации. Набор блоков идентифицирует элемент.

Табл. 4.4. Последовательный метод

Наименование	Код
<i>Приборы электронные</i>	
Продукция кабельная	3500000000
<i>Приборы полупроводниковые</i>	
Провода эмалированные и обмоточные	3590000000
<i>Диоды полупроводниковые</i>	
Провода обмоточные с эмалевой изоляцией	3592100000
<i>Диоды германиевые</i>	
Провод эмалированный с двухслойной поливинилацеталевой изоляцией ПЭВ-2	3592120000
<i>Диоды германиевые импульсные</i>	
Провод ПЭВ-2 с диаметром медной проволоки 0,06 мм	3592120001

На рис. 4.13 проиллюстрирован пример кодирования деталей. Фрагмент классификатора приведен в табл. 4.5.

Табл. 4.5. Параллельный метод

Наименование	Код
Опора квадратной формы из стали Ст 5 размером 40 × 40 × 620 мм	01054040620
Вал круглой формы из стали У8А диаметром 80 мм, длиной 560 мм	02180080560

Достоинство метода: возможность отдельно использовать блоки. Недостатки заключаются в сложности определения набора блоков для идентификации и большой избыточности.

4. Параллельно-последовательный метод представляет собой комбинацию параллельного и последовательного методов. Пример приведен на рис. 4.14 (структура кода, используемого при кодировании документов в АСУП).

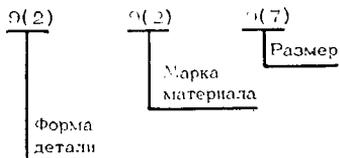


Рис 4.13. Параллельный метод кодирования

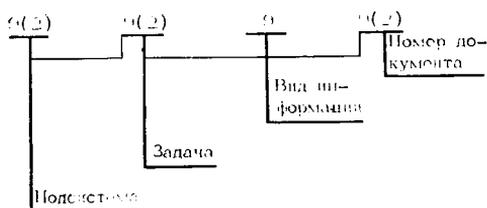


Рис 4.14. Последовательно-параллельный метод кодирования (кодирование документов в АСУП)

Методы совмещенной идентификации и классификации обычно используются для задач подведения итогов и сортировок по признакам, заложенным в кодах. Общие недостатки этих методов — большая длина кодов (так как идентификатор включает классификационные характеристики) и необходимость корректировки идентификатора и программ функционирующих задач при изменении классификационных признаков.

Методы раздельной идентификации и классификации

Эти методы совмещают достоинства регистрационных методов (минимальные затраты на сбор и передачу первичной информации) и методов совмещенной идентификации и классификации (возможность автоматического подведения итогов и выполнения различных логических процедур).

1. Метод порядковой идентификации и отдельной классификации. Суть метода заключается в том, что идентификация элементов производится независимо от их классификации. Построенная по данному методу структура кода состоит из двух блоков — идентификационного и блока классификационных характеристик.

Схема образования кода по данному методу следующая. Элементы, принадлежащие одному множеству, обозначаются порядковыми номерами (идентифицируются). Каждому идентификатору соответствует набор классификационных характеристик во втором блоке. Блок классификационных характеристик строится по последовательному, параллельно-последовательному или параллельному методам. Одному набору классификационных характеристик соответствует один или несколько идентификаторов. При введении нового элемента организуется поиск идентификаторов с набором ха-

рактических, аналогичных характеристикам данного элемента. Если он не обозначен ни одним из найденных идентификаторов, то ему присваивается очередной порядковый номер. Пример использования этого метода (кодирование списка работающих) приведен на рис. 4.15.

Достоинства метода: минимальная разрядность идентификатора; возможность отдельного использования блока идентификации без классификационного; возможность обозначать дополнительные

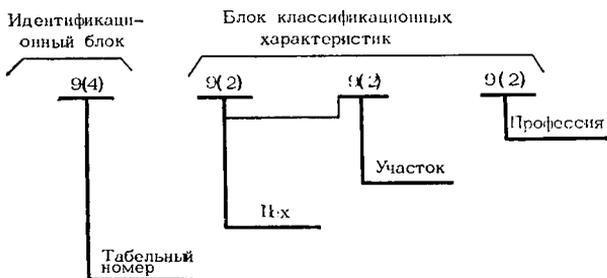


Рис. 4.15. Метод порядковой идентификации и отдельной классификации

свойства без нарушения идентификатора и предыдущих свойств; исключение случаев обозначения одного элемента различными кодами. Недостаток: сложность ручной обработки из-за трудности запоминания человеком кодовых обозначений.

2. Метод совмещенной идентификации и отдельной классификации. Схема данного метода подобна схеме предыдущего. Отличие состоит в том, что в блок идентификации вводится часть классификационных характеристик для удобства ручной обработки. Остальные характеристики помещаются в блок классификации. На рис. 4.16 приведен пример кодирования материалов.

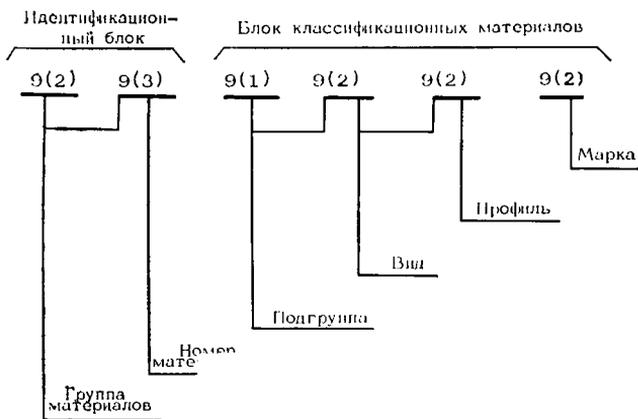


Рис. 4.16. Метод совмещенной идентификации и отдельной классификации

Метод позволяет использовать разные структуры классификационного блока при единой системе идентификации элементов кодируемого множества.

Сопряжение систем кодирования АСУ различных уровней. Любое предприятие или организация взаимодействует с внешними системами: вышестоящими организациями, плановыми органами, другими предприятиями и т. д. В связи с этим при разработке системы кодирования АСУ необходимо предусмотреть средства обмена данными с внешними системами.

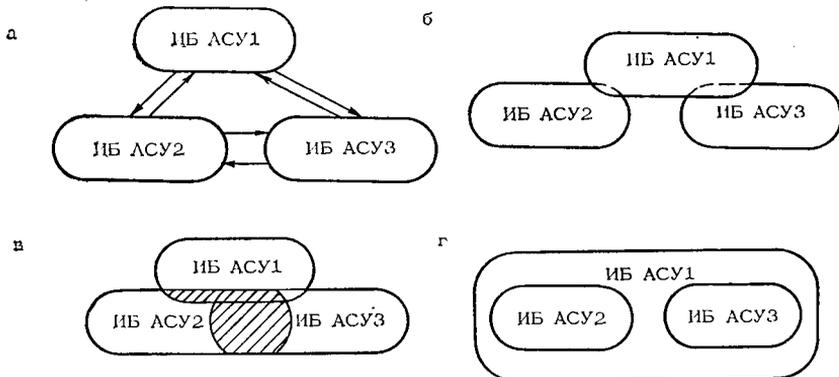


Рис. 4.17. Основные типы связей между АСУ

Выделяются следующие основные типы связей между АСУ: 1) с независимыми и равноправными классификаторами; 2) с приоритетными классификаторами; 3) с классификатором-посредником; 4) с единым классификатором.

Тип связи между АСУ определяется характером пересечения подмножеств сообщений данного вида, принадлежащих различным АСУ, соотношением объемов подмножеств и административной зависимостью систем.

1. При связи с независимыми и равноправными классификаторами (рис. 4.17, а) число структур кода на некоторый вид сообщений (например, на множество материалов) равно числу АСУ, с которыми производится обмен сообщениями данного вида. Каждая структура используется только внутри своей АСУ. При этом возможны два варианта обмена информацией: а) по кодам той АСУ, куда информация направляется; б) по кодам источника информации.

Этот тип связей характерен для случаев, когда подмножества сообщений данного вида, принадлежащие разным АСУ, не пересекаются.

Недостатки данного типа связей: большие затраты на перекодирование; необходимость хранения в каждой АСУ классификаторов других АСУ, при этом число классификаторов равно числу АСУ, с которыми такая система имеет связи по данному виду сообщений.

2. В случае связи с приоритетными классификаторами (рис. 4.17, б) каждая АСУ имеет свой классификатор, но при обмене информацией между АСУ различных уровней используется классификатор системы высшего уровня. Обмен между АСУ одного уровня может вестись по классификатору вышестоящей АСУ, но он часто не имеет детальных характеристик, необходимых для низшего уровня.

Данный тип связей обычно используется в системах с иерархической подчиненностью, например в системах Госплан — министерство — предприятие. Преимущество связей с приоритетными классификаторами — малое число трансляторов и классификаторов, хранимых в одной системе.

3. Связи с классификатором-посредником необходимы в случае, если в обмене между АСУ используется небольшая общая часть номенклатуры сообщений (рис. 4.17, в). На практике роль классификатора-посредника выполняют общесоюзные классификаторы.

4. В случае связи с единым классификатором исключается перекодирование информации при межсистемных обменах. Недостаток данного типа связей — большая длина кода, что нецелесообразно, так как не все разряды будут реализованы в отдельных системах.

Обычно единый классификатор создается, если подмножества сообщений данного вида принадлежат одному из этих подмножеств, при этом объемы подмножеств должны быть соизмеримы (рис. 4.17, г).

Чтобы упорядочить применение классификаторов в АСУ различных уровней, Госстандарт СССР установил 5 их категорий: общесоюзные классификаторы; межотраслевые; отраслевые; республиканские; классификаторы предприятий.

Общесоюзные классификаторы используются в качестве единого посредника при обмене информацией между АСУ различных уровней. С их помощью ведется обмен между АСУ органов верхнего уровня управления, АСУ верхнего уровня управления и отраслевыми АСУ, АСУ предприятий различных министерств, республиканскими и другими АСУ, ВЦ коллективного пользования (ВЦ КП), ВЦ КП и АСУ.

Межотраслевые классификаторы используются временно в качестве посредника при обмене информацией между АСУ разных уровней аналогично общесоюзным и содержат информацию, для которой не созданы общесоюзные классификаторы.

Отраслевые классификаторы служат внутри министерств (ведомств) для обмена информацией между отраслевой АСУ и АСУ подчиненных предприятий. Они содержат: технико-экономическую информацию, отсутствующую в общесоюзных классификаторах; выборки из общесоюзных классификаторов, включающие объекты, специфические для данной отрасли; выборки, в которых кодовые обозначения отличаются от общесоюзных.

Республиканские классификаторы используются для обмена информацией в республиканских АСУ и содержат информацию, от-

существующую в общесоюзных классификаторах; выборки из общесоюзных классификаторов, включающие специфические для данной республики объекты, признаки или кодовые обозначения, отличаются от общесоюзных.

Классификаторы предприятий применяются в АСУП и содержат информацию, отсутствующую в общесоюзных, отраслевых и республиканских классификаторах; выборки из указанных классификаторов, включающие специфические для данного предприятия объекты, а также кодовые сообщения, отличные от принятых в указанных классификаторах.

Если кодовые обозначения в отраслевых, республиканских классификаторах и классификаторах предприятий отличаются от принятых в общесоюзных (для предприятий — от отраслевых и республиканских), то должно обеспечиваться однозначное соответствие между кодами общесоюзных классификаторов и кодами отраслевых, республиканских и классификаторов предприятий.

Для систематизации и взаимодействия классификаторов различных категорий в стране создана единая система классификации и кодирования (ЕСКК) технико-экономической информации (ТЭИ). Ее разработка и внедрение преследуют цель повышения эффективности управления народным хозяйством за счет создания единого информационного языка в АСУ и широкого внедрения машинных методов обработки информации, более эффективного функционирования действующих и быстрого ввода создаваемых АСУ, объединения АСУ различных сфер и уровней управления в ОГАС.

Основной состав единой системы классификации и кодирования ТЭИ включает: 1) комплекс взаимоувязанных нормативно-технических и методических материалов; 2) комплекс взаимоувязанных общесоюзных классификаторов ТЭИ; 3) автоматизированную систему ведения общесоюзных классификаторов ТЭИ.

Комплекс нормативно-технических и методических материалов обеспечивает организационно-методологическое единство всех работ. Он содержит документы, регламентирующие общие положения системы, принципы и методы классификации и кодирования ТЭИ, состав и сферы действия общесоюзных классификаторов, принципы их сопряжения и взаимодействия на разных уровнях, порядок разработки и внедрения ЕСКК.

Комплекс общесоюзных классификаторов включает следующие классификаторы: промышленной и сельскохозяйственной продукции; профессий и тарифных разрядов; должностей служащих; работ и услуг машиностроения в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве, в торговле, на транспорте; отраслей народного хозяйства; предприятий и организаций; единиц величин и счета в АСУ и т. д.

При определении состава общесоюзных классификаторов учитывается, что для каждой из разрабатываемых общесоюзных систем — Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД), Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) тре-

буются свои классификаторы типа общесоюзных. К ним относятся: система обозначений изделий и конструкторских документов для ЕСКД (классификатор ЕСКД), система обозначений технологических документов, технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения, классификатор технологических операций.

4.7. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БАНКОВ ДАННЫХ

С развитием и совершенствованием АСУ возникает новая проблема — дальнейшая организация внутримашинной информационной базы. При этом выделяют вопросы поддержания высокой степени согласованности и актуализации данных, реорганизации структуры данных при развитии АСУ, уменьшения времени поиска данных при известной логической зависимости между ними, санкционирования доступа, сохранности баз данных и т. д. Основные способы решения этих проблем — интеграция данных, введение многоуровневых схем организации данных с гибкими связями, использование формальных методов описания структур данных и процедур их преобразования.

Поиски решения указанных проблем привели к созданию систем управления базами данных, включающих комплекс программ по вводу данных, загрузке, корректировке и реорганизации баз данных, обеспечению доступа к данным, сохранности и контролю за их использованием. Как мы уже определили, база данных — это совокупность взаимосвязанных хранящихся вместе данных при наличии минимальной избыточности, допускающей их использование оптимальным образом для одного или нескольких приложений. Данные запоминаются так, чтобы они были независимы от использующих их программ. При добавлении новых или модификации существующих данных, а также для поиска их в базе данных применяется общий управляемый способ. Данные структурируются таким образом, чтобы была обеспечена возможность дальнейшего наращивания приложений. Говорят, что система содержит совокупность баз данных, если эти базы данных структурно полностью самостоятельны.

Банк данных — это организационно-техническая система, представляющая собой совокупность баз данных пользователей, языковых, технических и программных средств формирования и ведения баз и коллектива специалистов, обеспечивающих функционирование системы.

База данных проектируется на логическом и физическом уровнях. Термины «логический» и «физический» используются для описания различных аспектов данных: логический указывает на то, как данные представляются программисту или пользователю; физический — каким образом данные хранятся в среде хранения.

На логическом уровне определяются элементы данных (реквизиты), их группы (сегменты, логические записи), формируется ло-

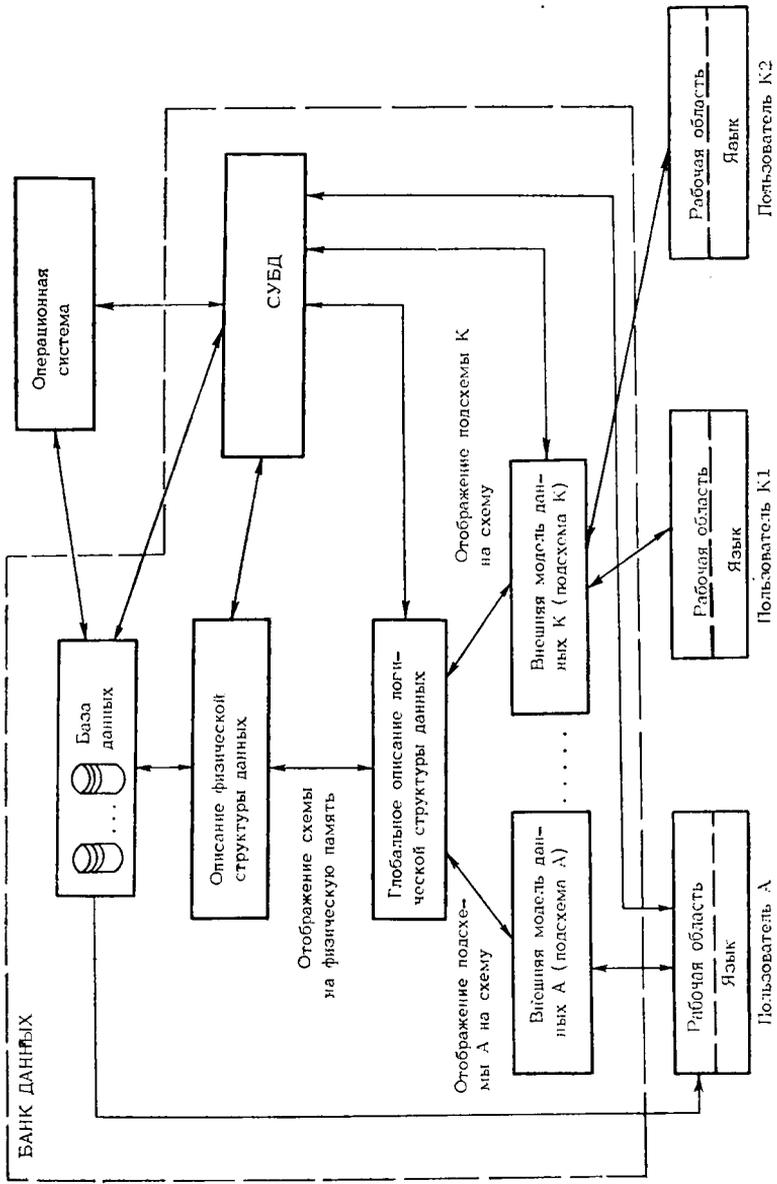


Рис. 4.18. Структура банка данных

гическая структура данных в виде глобальной и внешних моделей (рис. 4.18). При построении логической структуры описываются параметры элементов данных и связи между ними.

Различают иерархические, сетевые и реляционные структуры данных. Пример иерархической структуры данных приведен на рис. 4.19. *Иерархическим* называется файл, в котором записи связаны в виде древовидной структуры. Дерево представляет собой

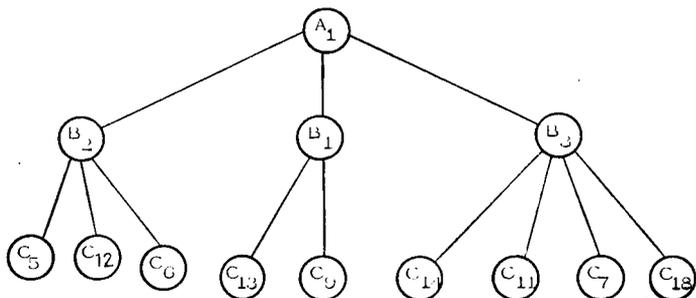


Рис. 4.19. Древовидная (иерархическая) структура

иерархию элементов, называемых *узлами*. На самом верхнем уровне иерархии имеется только один узел (корень) (элемент A_1 на рис. 4.19).

Каждый узел, кроме корня, связан с одним узлом более высокого уровня, называемым исходным узлом для данного узла. Каждый элемент может быть связан с одним или несколькими элементами, называемыми *порожденными*, на более низком уровне. Каждый порожденный элемент имеет не более одного исходного. Элементы, не имеющие порожденных, называются *листьями* (элементы $C_5, C_6, C_7, C_9, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{18}$).

Дерево может быть определено как иерархия узлов с попарными связями, в которой: 1) самый верхний уровень иерархии имеет один узел, называемый корнем; 2) все узлы, кроме корня, связываются с одним и только одним узлом на более высоком уровне по отношению к ним самим.

Деревья применяются как для логического, так и для физического описания данных. В логическом описании они используются для определения связей между типами записей, а при определении физической организации данных — для описания набора указателей и связей между элементами в индексах.

Дерево называется *сбалансированным*, если каждый его узел имеет одинаковое число ветвей, причем процесс включения новых ветвей в узлы дерева идет сверху вниз, а на каждом уровне дерева — слева направо. Для таких деревьев физическая организация оказывается более простой, чем для деревьев с переменным числом ветвей, но большая часть логических организаций данных не может быть задана в виде сбалансированной структуры.

Сбалансированные древовидные структуры, в которых допускается не более двух ветвей для одного узла, называются *двоичными деревьями*. Подобно другим сбалансированным деревьям, они имеют значение в основном для физического представления данных.

Для физической реализации связей в древовидных структурах служат следующие методы: физически последовательное размещение, указатели, цепи и кольца, справочники, битовые отображения.

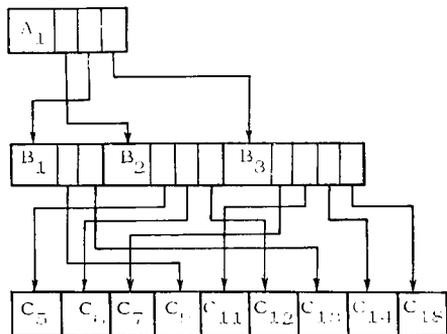


Рис. 4.20. Реализация древовидной структуры с использованием указателей на порожденные записи

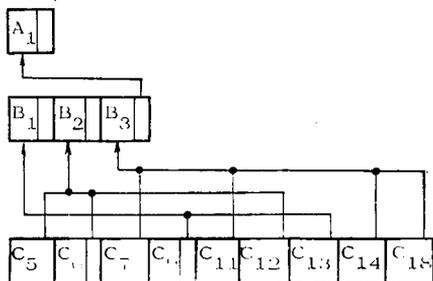


Рис. 4.21. Реализация древовидной структуры с использованием указателей на исходные записи

При использовании физически последовательного размещения последовательность строится следующим образом: перебираются узлы, начиная от вершины дерева и вниз по самой левой ветви дерева; когда выбран узел самого нижнего уровня этой ветви, перебираются подобные (т. е. относящиеся к одному уровню) узлы слева направо; процесс повторяется, причем уже выбранные узлы пропускаются. Полученная последовательность называется *левосписковой структурой*. Недостаток метода — необходимость пересмотра всего списка при замене записи.

Древовидная структура может быть реализована при помощи указателей между записями. Примеры приведены на рис. 4.20 и 4.21.

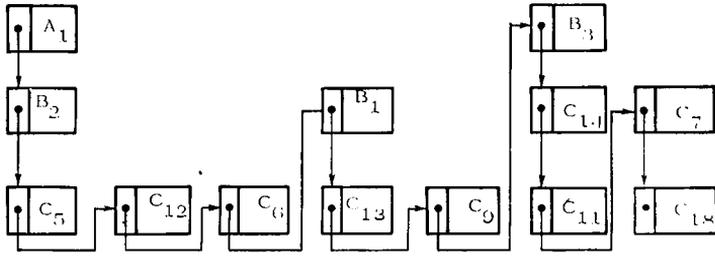
Цепочная структура — это структура с использованием одного указателя на запись (рис. 4.22, а), кольцевая — с двумя указателями на запись (рис. 4.22, б).

При использовании справочников указатели удалены из записи и размещены в отдельном справочнике указателей. Справочник представляет собой файл, в котором хранится информация о связях в других файлах.

На рис. 4.23 приведен пример использования битового изображения (для связей, показанных на рис. 4.19).

В *сетевой структуре* каждый элемент может быть связан с любыми другими (рис. 4.24). В отличие от иерархической структуры, где связи безымянные, связям в сетевой структуре присваиваются уникальные имена. Сетевую структуру можно описать с помощью

а



б

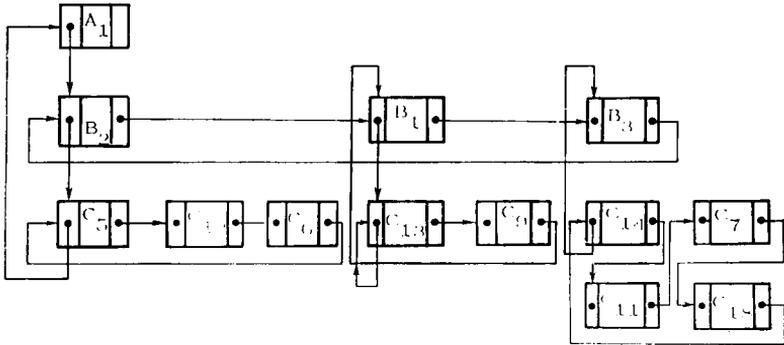


Рис. 4.22. Реализация древовидной структуры

	A_1	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{18}
B_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
B_2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B_3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1

Рис. 4.23. Битовое отображение древовидной структуры

исходных и порожденных элементов, но в них порожденный элемент может иметь более одного исходного. Иногда сетевую структуру можно представить в виде иерархической путем введения определенной избыточности.

Методы, используемые для физического представления сетевых структур, аналогичны применяемым для древовидных: физически последовательное размещение, указатели, цепи и кольца, справочники, битовые отображения.

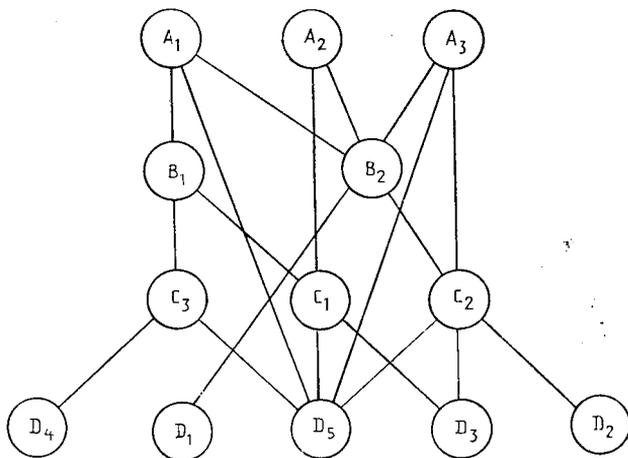


Рис. 4.26. Сложная сетевая структура

ветствующем разделе справочника может выполняться быстрее, чем по указателям; 2) справочник можно организовать оптимальным и надежным образом; 3) данные могут располагаться таким образом, что их перемещение при включении или удалении записей не требуется, а производится корректировка элементов справочников.

В иерархических и сетевых структурах информация представляется в двух формах: в виде элементов данных и связей между ними. На логическом уровне структура данных представляется в виде графа, нагруженного графа или структурной схемы, на физическом уровне — в виде списков, элементы которых содержат поля данных и поля адресных ссылок.

Общий недостаток иерархических и сетевых структур — сложность системы отношений между элементами. В связи с этим в последние годы широко разрабатываются реляционные структуры данных.

Записи Указатели

A ₁	B ₁ B ₂ D ₅
A ₂	B ₂ C ₁
A ₃	B ₂ C ₂ D ₅
B ₁	A ₁ C ₁ C ₃
B ₂	A ₁ A ₂ A ₃ C ₂ D ₁
C ₁	A ₂ B ₁ D ₃ D ₅
C ₂	A ₃ B ₂ D ₂ D ₃ D ₅
C ₃	B ₁ D ₄ D ₅
D ₁	B ₂
D ₂	C ₂
D ₃	C ₁ C ₂
D ₄	C ₃
D ₅	A ₁ A ₂ C ₁ C ₂ C ₃

Рис. 4.27. Представление сложной сетевой структуры списком указателей переменной длины

Особенность *реляционных структур* состоит в том, что вся информация в базе данных представляется в единой унифицированной форме — в виде таблиц. Таблицы рассматриваются как математические отношения. Для решения практических задач с использованием таких баз данных служит теория отношения. Строки таблиц называются *кортежами*, столбцы — *атрибутами*. *Таблица* — набор кортежей, задающих отношение степени n , где n — число столбцов.

Таблица обладает следующими свойствами: 1) каждый элемент таблицы представляет собой один элемент данных; 2) все столбцы в таблице однородные, т. е. элементы столбца имеют одинаковую природу; 3) столбцам однозначно присвоены имена; 4) в таблице нет одинаковых строк; 5) в операциях с таблицей ее строки и столбцы могут просматриваться в произвольном порядке безотносительно к их смыслу.

Набор значений, из которого появляются фактические значения в данном атрибуте, называется *доменом*. Основное свойство реляционных баз данных состоит в том, что связи между кортежами представлены исключительно значениями данных в атрибутах, полученных из общего домена.

Процесс представления связей между данными в виде двухмерных таблиц, выполняемый шаг за шагом для каждой связи, называется *нормализацией*.

Пользователи могут выделять в базе данных различные наборы данных и отношения между ними. Поэтому должен применяться специальный язык, позволяющий для одних пользователей извлекать подмножества атрибутов, создавая отношения меньших размерностей, а для других — объединять отношения, создавая отношения больших размерностей. С логической точки зрения базу данных можно представить как множество двухмерных отношений с операциями извлечения и объединения атрибутов. Пользователь рассматривает реляционную базу данных как переменный во времени набор отношений всевозможных степеней. Благодаря названным операциям отношения обладают большей гибкостью, чем иерархические и сетевые структуры.

Логическая структура данных формируется в виде глобальной и внешних моделей.

Глобальная модель (схема) (см., например, рис. 4.18) представляет собой структуру данных для АСУ в целом и находится в ведении администратора базы данных. Администратор осуществляет координацию всей работы базы и контроль за структурой данных. Внешняя модель (подсхема) описывает структуру данных, предназначенных для одного или нескольких пользователей, работающих с определенным набором данных.

На физическом уровне определяются физические параметры данных (размеры физических записей и т. д.), выбираются методы их организации и размещения файлов на носителях. Физическая структура данных является отображением схемы в запоминающем устройстве. Одна и та же логическая структура данных в физической памяти может быть организована несколькими способами. При

этом оптимизируются структура массивов, размещение данных по иерархии памяти (магнитный барабан, пакет дисков, магнитная лента), размещение данных в пределах однотипной памяти.

Таким образом, в банке данных реализуется трехуровневая организация данных: логический уровень пользователя (подсхема), логический уровень системы (схема), физический уровень системы. Схема не зависит от применяемых прикладных программ и языков программирования. Для логического описания подмножества базы данных, обрабатываемого прикладной программой, служит подсхема. Описания структурных элементов в схеме и подсхеме могут отличаться, но так, чтобы по каждой единице данных в подсхеме можно было однозначно определить соответствующую единицу данных в схеме.

Глобальная модель описывается языком описания данных (ЯОД), не зависящим от языков программирования. Это обеспечивает инвариантность модели к техническому и программному обеспечению АСУ. Подсхема дается с использованием ЯОД, ориентированного на конкретный язык программирования прикладной программы. Прикладные программы должны передавать системе управления базами данных команды и иметь средства интерпретации сообщений системы о результатах обработки. Для этого в СУБД предусмотрен набор макрокоманд, рассматриваемых как расширение языка программирования или как язык манипулирования данными.

Отделение подсхем от схемы позволяет в определенных пределах изменять схему без изменения подсхем. Изменение подсхем не влечет изменения схемы, если типы данных остаются прежними.

Исходными данными для построения оптимальной базы данных являются: частота обращения к данным, их корректировок, поступления новых данных, количество прикладных программ, использующих один и те же данные, и т. д. Эти данные накапливаются в СУБД путем ведения системного журнала.

Пользователями базы данных являются: 1) администратор базы данных, имеющий доступ ко всем базам и программам их обслуживания; 2) системные программисты, поддерживающие функционирование программного обеспечения; 3) пользователи-программисты; 4) пользователи-непрограммисты, осуществляющие общение с базой данных на языке запросов.

СУБД функционирует совместно с операционной системой и по существу является ее расширением. Функции этих систем разграничены следующим образом. СУБД дает потребителю следующие средства: интеграции и исключения избыточности в базе данных, независимости проблемных программ от вида хранения и способов организации данных на физических носителях, создания базы данных и ее поддержания в работоспособном состоянии, обработки сообщений и запросов, обновления и защиты данных и т. д.

Операционная система обеспечивает ввод-вывод данных с физических носителей и функции управления проблемной программой.

Функции СУБД подразделяются на три группы: управление дан-

ными; извлечение данных; обеспечение связи потребителя с банком данных.

Управление данными дает возможность создания и поддержания необходимых отношений между данными; модификации и включения данных с новой структурой; обеспечения защиты данных от разрушений и требуемой секретности отдельных массивов по отношению к определенным категориям пользователей.

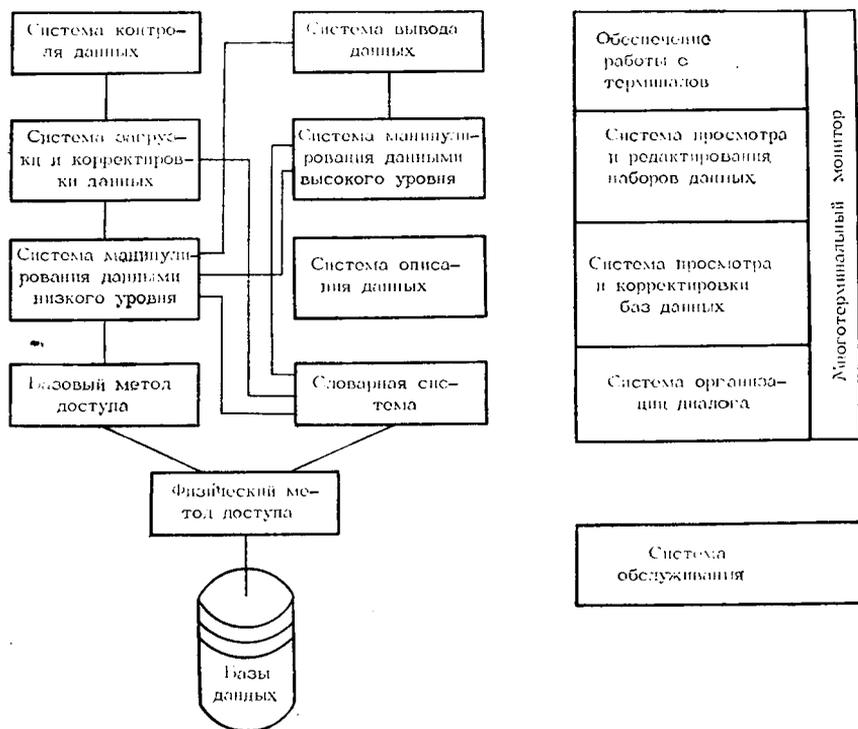


Рис. 4.28. Архитектура СУБД ИНЕС

Извлечение данных — это поиск, сортировка, корректировка данных. Сюда также относятся обращение к запоминающим устройствам, проверка, уплотнение и переформирование данных.

Связь потребителя с банком данных реализуется с помощью терминалов, которые могут быть удалены на большое расстояние. Сюда входят предоставление средств обращения к данным из проблемных программ, контроль сообщений, анализ и обработка ошибок.

В зависимости от языковых средств СУБД разделяются на два класса: 1) СУБД с базовым языком открытого типа. Такие системы используют в качестве базового языка стандартные средства программирования (АССЕМБЛЕР, ПЛ/1, КОБОЛ, ФОРТРАН); 2) замкнутые системы, не имеющие связи с языком программиро-

вания, а лишь собственные языковые средства, обычно близкие к естественному языку.

В качестве примера приведем архитектуру СУБД «ИНЕС» (рис. 4.28).

Сравнительная характеристика СУБД дана в табл. 4.6.

Табл. 4.6. Основные СУБД, используемые в АСУ

Характеристика	СУБД					
	ОКА	БАНК	КАМА	НАБОВ	ИНЕС	СИОД
Тип структуры данных	Дерево	Сеть	Сеть	Сеть	Дерево, сеть	Сеть
Тип операционной системы	ОС	ДОС, ОС	ОС	ОС	ОС	ДОС, ОС
Наличие языка манипулирования	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Наличие языка запросов	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Нет
Наличие языка ввода документов	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Нет
Наличие языка описания и формирования выходных документов	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Нет
Средства теледоступа:						
локальные комплексы	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет
удаленные комплексы	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет	Нет
Средства контроля данных при вводе	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Нет
Средства защиты данных	Нет	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
Средства восстановления данных	Есть	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ

5.1. ЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ АСУ

АСУ относится к классу сложных систем, характеризуется значительной стоимостью и ответственностью возлагаемых на нее функций, поэтому на всех стадиях ее жизненного цикла необходимо использовать методы математического моделирования. Ценность методов моделирования в том, что при малых затратах сил и средств создается возможность для более глубокого и быстрого понимания поведения и прогнозирования характеристик объектов. Модель является экономичным, а порой и единственным средством проверки возможности функционирования систем в заданных условиях, их совместимости и жизнеспособности, устойчивости и эффективности, сущности явлений, прогноза ожидаемых результатов и получения количественных соотношений между параметрами системы в предельных условиях.

На разных этапах создания и использования АСУ математические модели применяют с разными целями, а эффективность метода моделирования зависит от того, насколько грамотно разработчик его использует.

На предпроектной стадии создания АСУ, как правило, применяют обобщенные модели, которые служат средством общения разработчика с заказчиком. Они позволяют определить все существенные особенности объекта автоматизации и выявить возможности улучшения показателей его функционирования за счет использования в системе управления средств вычислительной техники и экономико-математических методов. На моделях исследуют особенности материальных, информационных потоков, документооборота, содержания и периодичности функций управления, выявляют факторы, препятствующие и способствующие достижению целей производства.

Например, при исследовании материальных потоков используемые модели отражают местоположение и правила формирования оборотных и страховых заделов, порядок комплектации деталей перед сборочными операциями, структуру и параметры транспортной сети и т. п. С их помощью определяются возможности улучшения показателей функционирования объекта за счет внесения изменений в правила управления материальным потоком.

Для информационных потоков важно показать на моделях избыточность или дефицит информационных связей отдельных подраз-

делений, эффективность изменения структуры, увеличения полноты и оперативности информации, используемой для принятия управленческих решений.

Этап анализа объекта автоматизации завершается созданием «глобальной» модели АСУ, в которой заложены основные концепции автоматизированного управления. Документально эта модель представлена в форме технического задания.

На стадиях разработки технического и рабочего проекта необходимо, с одной стороны, количественно оценить возможные проектные решения, с другой — провести структурный, алгоритмический и параметрический их синтез. Для этого модели, полученные на предпроектной стадии, детализируются и дополняются. И если раньше они помогали выявить возможность улучшения результатов функционирования объекта автоматизации, то на стадиях технического и рабочего проектирования с их помощью исследуют варианты построения подсистем и звеньев АСУ, а также получают оптимальные в некотором смысле проектные решения (синтез). Например, если на предпроектной стадии удалось показать, что введение на отдельных производственных участках точек автоматизированного сбора и передачи информации позволяет повысить оперативность управленческих решений и тем самым улучшить показатели функционирования предприятия, то на стадиях технического и рабочего проектирования находят оптимальное расположение этих точек.

Отметим, что в числе проектных решений наряду с теми, которые касаются технических средств АСУ, программного и информационного обеспечения, присутствуют математические модели, описывающие правила управления, т. е. налицо двойная роль моделей — как средства и как результата анализа и синтеза.

Назначение моделей при вводе в эксплуатацию и при промышленной эксплуатации АСУ — прогнозирование возможных ситуаций для принятия своевременных и обоснованных управленческих решений, обучение персонала АСУ. В последнем случае организуют комплексные имитационно-моделирующие стенды (КИМС), которые содержат технические средства АСУ и программное обеспечение имитационного моделирования. КИМС позволяют замещать объект управления его моделью. Обслуживающий персонал путем информационного обмена с моделью отрабатывает типовые и экстремальные ситуации.

5.2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Общая характеристика моделей. Модели, используемые при проектировании АСУ, как правило, являются машинно-ориентированными, т. е. эксперименты с ними проводят на ЭВМ. В этой связи процесс построения модели можно представить так, как показано на рис. 5.1. На основе словесного описания системы и выбранной математической схемы разрабатывают концептуальную модель си-

стемы. На концептуальном уровне не рассматриваются вопросы вычисляемости, управления машинным экспериментом и т. п. Для их решения разрабатывают или выбирают ту или иную алгоритмическую схему или язык, с помощью которых будет произведена машинная реализация модели.

Выбранная алгоритмическая схема описания моделей определяет способ получения количественных характеристик моделируемой системы (программная имитация, аналитический или численный расчет).



Рис. 5.1. Общая схема построения моделей

Программная имитация подразумевает воспроизведение шаг за шагом описанных в модели явлений. Аналитический расчет представляет собой получение для искомых величин явных зависимостей в общем виде. Численный расчет (при конкретных начальных значениях) выполняют тогда, когда нет возможности получить зависимости в общем виде.

Кратко опишем некоторые основные математические схемы, используемые для построения моделей при проектировании и эксплуатации АСУ.

Модель индустриальной динамики Дж. Форрестера. Данная математическая схема построена на следующих элементах (рис. 5.2): уровнях или ресурсах; потоках, перемещающих содержимое одного уровня к другому; функциях решений (изображают с помощью вентилей), которые регулируют темпы потока между уровнями; каналах информации, соединяющих функции решений с уровнями.

Уровни характеризуют возникающие накопления внутри системы. Это заготовки, комплектующие и готовая продукция, страховые межоперационные запасы, производственные площади, численность работающих, финансовые ресурсы и т. п. Каждый уровень описывается его переменной величиной, зависящей от разности входящих и исходящих потоков. Темпы определяют существующие мгновенные потоки между уровнями в системе и отражают работу, в то время как уровни измеряют состояние, которого система достигает в результате выполнения некоторой работы.

Функции решений, или, как их еще называют, уравнения темпов, представляют собой формулировку правила поведения, определяющую, каким образом имеющаяся информация об уровнях приводит к выбору решений, связанных с величинами текущих темпов.

Базовая структура модели Форрестера, представленная на рис.

5.2, показывает только одну сеть с элементарной схемой информационных связей между уровнями и темпами. Чтобы отразить деятельность всего промышленного предприятия, необходимы несколько взаимосвязанных сетей. Выделяют шесть типов сетей, представляющих существенно различные типы переменных: заказы, материалы, денежные средства, рабочую силу и оборудование, соединенных воедино с помощью сети информации. Любая из этих сетей может быть разбита еще на несколько отдельных частей.

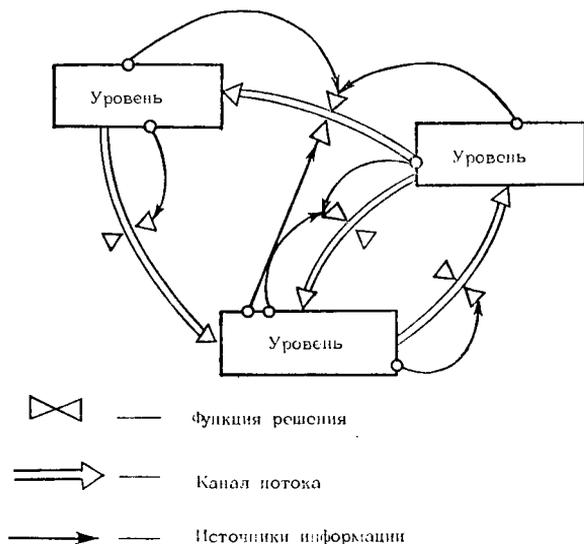


Рис. 5.2. Базовая структура модели Форрестера

Информационная сеть служит для остальных сетей как бы соединительной тканью. Она переносит информацию от уровня к точкам решений, а также информацию о темпах в двух сетях к уровням в сети информации. В самой сети информации тоже существуют уровни и темпы. Например, информация о фактическом текущем темпе в потоке материалов усредняется для определения уровня среднего темпа потока материалов. Этот уровень относится к сети информации.

Описанная выше базовая структура модели дополняется системой уравнений, которые связывают характеристики уровней этой структуры. В основном эта система состоит из уравнений двух типов: уравнения уровней и уравнения темпов.

При построении уравнений временная ось разбивается на интервалы времени Δt_{ij} между i -м и j -м моментами времени.

Новые значения уровней рассчитываются на конец интервала, и по ним определяются новые темпы (решения) для следующего интервала Δt_{ij+1} .

Уравнения уровня имеют вид

$$Q_{ij} = Q_{tk} + \Delta\tau_{kj} \left(\sum_{x'} q_{x_1, i}^{k, j} - \sum_{x''} q_{x_2, i}^{k, j} \right),$$

где $x_1 \in x'$, $x_2 \in x''$, $x' \cup x'' = x$; x — множество уровней, связанных с i -м уровнем; Q_{ij} — значение i -го уровня в j -й момент времени; $\Delta\tau_{kj}$ — величина интервала от момента времени k до момента времени j ; $q_{x_1, i}^{k, j}$ — темпы потоков, входящих в i -й уровень в интервале между моментами k и j ; $q_{x_2, i}^{k, j}$ — темпы потоков, выходящих из i -го уровня в интервале между моментами времени k и j .

Примером уравнения темпа может служить $q_j^{k, j} = S_h / \Delta t$, где S_h — величина уровня, отражающего запаздывание в момент времени k ; Δt — константа (среднее время), необходимое для преодоления запаздывания.

С использованием данной математической схемы построение модели осуществляется в 3 этапа: 1) построение базовой структуры модели в виде специализированного графа; 2) параметризация графа и построение соответствующей системы уравнений; 3) описание полученной модели на языке DYNAMO и проведение машинных экспериментов.

К числу достоинств данной математической схемы относятся: возможность отражать практически любую причинно-следственную связь; простая математическая форма; использование терминологии, синонимичной языку экономики и производства.

Модели математического программирования. Класс задач, решаемых методами математического программирования, достаточно широк. Это задачи составления оптимальной производственной программы, оптимального распределения ресурсов, минимизации затрат, распределения материалов, оптимальной загрузки оборудования и т. п.

Наибольшее практическое применение среди методов математического программирования нашли модели линейного программирования.

Рассмотрим общую постановку задачи *линейного программирования*.

Требуется определить экстремум некоторой линейной функции от переменных $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ при следующих ограничениях, наложенных на переменные:

$$L(x) = L(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n C_j x_j = \text{extr}, \quad (5.1)$$

$$\sum_{j=1}^n A_j x_j \leq b, \quad x_n \geq 0,$$

где $A_j = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{mj} \end{pmatrix}$ — j -й вектор-столбец условия задачи;

нельзя установить только по значению соответствующего коэффициента целевой функции, так как объем потребления ограниченных ресурсов также является важным фактором. Поскольку все виды производственной деятельности, представленные в модели, предполагают использование ограниченных ресурсов, относительная полезность некоторого из них зависит как от величины коэффициента целевой функции C_j , так и от интенсивности потребления ресурсов a_{ij} . Поэтому может оказаться, что из-за слишком большого расхода ограниченных ресурсов некоторый j -й вид производственной деятельности, характеризующийся высокой прибылью, использовать нецелесообразно (т. е. в оптимальном решении $x_j=0$).

К числу наиболее распространенных методов решения моделей линейного программирования относится метод последовательного улучшения плана, или симплекс-метод. Суть его заключается в том, что выбирается некоторый опорный план, который затем последовательно улучшается до оптимального.

Кроме моделей линейного программирования, при построении АСУ могут быть использованы модели целочисленного, динамического и нелинейного программирования.

Целочисленное программирование ориентировано на построение моделей математического программирования, в которых все или некоторые переменные должны принимать только целочисленные значения. Модель называется *полностью целочисленной*, если условие целочисленности наложено на все ее переменные; когда это условие относится лишь к некоторым переменным, модель называется *частично целочисленной*. Если при этом целевая функция и функции, входящие в ограничения, линейные, то модель является *линейной целочисленной*. В случае, если целевая функция имеет нелинейный вид, речь идет о моделях *нелинейного программирования*.

Динамическое программирование представляет собой математический аппарат, разработанный для повышения эффективности вычислений. Он применяется при решении некоторого класса задач математического программирования путем их декомпозиции на относительно небольшие и, следовательно, менее сложные подзадачи. Характерным для динамического программирования является подход к решению задачи по этапам, с каждым из которых ассоциирована одна управляемая переменная. Набор рекуррентных вычислительных процедур, связывающих различные этапы, обеспечивает получение допустимого оптимального решения задачи в целом при достижении последнего этапа.

Абстрактные автоматы и сети Петри. Абстрактный автомат A задается как совокупность шести объектов: конечного множества X входных сигналов, называемого входным алфавитом автомата; конечного множества Y выходных сигналов, называемого выходным алфавитом автомата; произвольного множества ZY , называемого множеством состояний автомата; элемента $Z_0 \in Z$, называемого начальным состоянием автомата; двух функций $\delta(z, x)$ и $\lambda(z, x)$, задающих однозначные отображения множества (z, x) , где $z \in Z$ и $x \in X$ в множества Z и Y . Функция $\delta(z, x)$ называется функцией пе-

переходов автомата, а функция $\lambda(z, x)$ — функцией выходов либо сдвинутой функцией выходов. Автомат, заданный функцией выходов, называется автоматом первого рода, автомат, заданный сдвинутой функцией выходов, — автоматом второго рода.

Абстрактный автомат функционирует в дискретном времени, принимаящем целые неотрицательные значения $t=0, 1, 2, \dots$

В каждый момент t этого времени он имеет определенное состояние $z(t)$ из множества Z состояний автомата, причем в начальный момент времени $t=0$ автомат всегда находится в своем начальном состоянии z_0 , т. е. $z(0) = z_0$. В каждый момент времени t , отличный от начального, автомат способен воспринимать входной сигнал $x(t)$ — произвольную букву входного алфавита X и выдавать соответствующий выходной сигнал $y(t)$ — некоторую букву выходного алфавита Y .

Закон функционирования абстрактного автомата первого рода задается уравнениями $z(t) = \delta(z(t-1), x(t))$; $y(t) = \lambda(z(t-1), x(t))$ ($t=1, 2, \dots$), а в случае автомата второго рода — уравнениями $z(t) = \delta(z(t-1), x(t))$, $y(t) = \lambda(z(t), x(t))$ ($t=1, 2, \dots$).

Автомат называется *конечным*, если конечно множество его состояний. В практике, как правило, используют конечные автоматы Мили и Мура. Конечным автоматом Мили называют произвольный конечный автомат первого рода, а конечным автоматом Мура — частный случай конечных автоматов второго рода, у которых сдвинутая функция выходов $\lambda(z, x)$ не зависит от переменной x .

Чтобы задать конечный автомат, необходимо описать все его элементы, т. е. входной и выходной алфавиты, а также функции переходов и выходов.

Простейший табличный способ задания конечного автомата основан на использовании таблиц переходов и выходов. Строки обеих этих таблиц обозначаются входными сигналами автомата, а столбцы — его состояниями. На пересечении x -й строки и z -го столбца таблицы переходов ставится соответствующее значение $\delta(z, x)$ функции переходов, а в таблице выходов (обычной и сдвинутой) — соответствующее значение $\lambda(z, x)$ функции выходов (обычной или сдвинутой).

Для автомата Мура, так как его сдвинутая таблица выходов сводится по существу к одной строке, введено понятие таблицы переходов. В этой таблице переходов над каждым состоянием z_i автомата, обозначающим тот или иной столбец таблицы, стоит соответствующий этому состоянию выходной сигнал $\lambda(z_i, x) = \lambda_0(z_i)$.

Второй способ задания абстрактных автоматов основан на использовании направленных графов. Вершины графа отождествляются с состояниями автомата, а стрелки — с выходными сигналами. Если входной сигнал x_i вызывает переход автомата из состояния z_j в состояние z_h , то на графе автомата этому сигналу соответствует помеченная буквой x_i стрелка, соединяющая вершину, соответствующую состоянию z_j , с вершиной, соответствующей состоянию z_h . Для задания функции выхода ребра графа также помечаются соответствующими выходными сигналами.

Если обозначенная входным сигналом x_i стрелка соединяет вершину z_j с вершиной z_h , то в случае автоматов первого рода ей приписывается выходной сигнал $\lambda_1(z_j, x_i)$, а в случае автоматов второго рода — выходной сигнал $\lambda_2(z_h, x_i)$, где λ_1 и λ_2 — соответственно обычная и сдвинутая функции выходов автомата.

В случае автоматов Мура все стрелки, входящие в одну и ту же вершину z_h , должны быть обозначены одним и тем же выходным

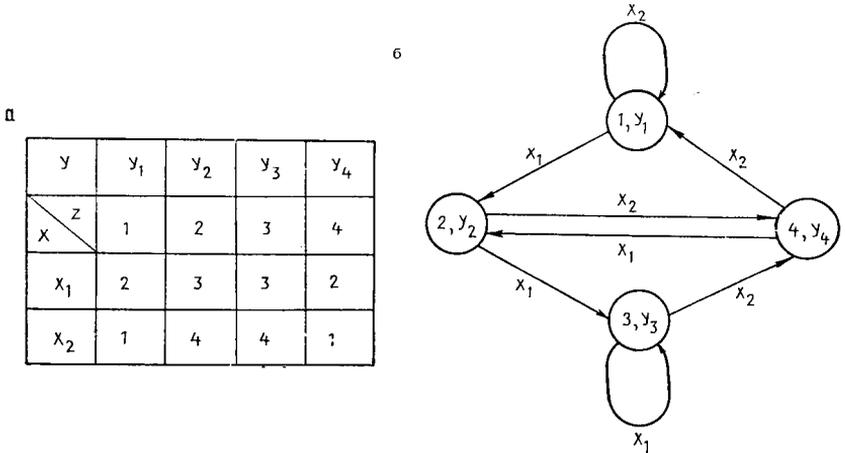


Рис. 5.3. Пример конечного автомата

сигналом. Поэтому принято обозначать выходными сигналами не стрелки, а вершины, в которые эти ребра входят.

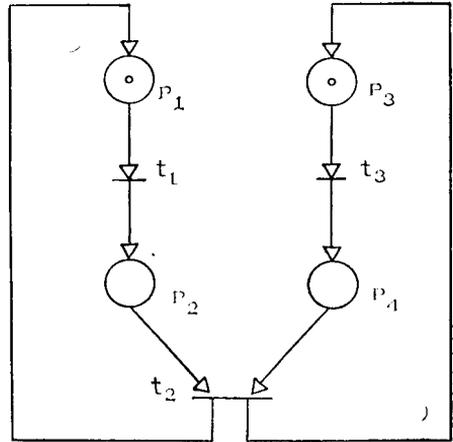
Таким образом, на графе автомата Мура каждая вершина имеет два обозначения — одно, определяющее состояние автомата, и другое, обозначающее выходной сигнал.

Переход от задания конечного автомата с помощью таблиц к заданию с помощью графа и обратный переход выполняются вполне очевидным образом. Пусть, например, конечный автомат Мура задан таблицей переходов, показанной на рис. 5.3, а. Этой таблице соответствует граф, изображенный на рис. 5.3, б.

Понятие конечного автомата является удобной математической абстракцией для описания реальных объектов автоматизированных систем управления. В числе таких объектов элементы и узлы ЭВМ, устройство контроля и регулирования, системы коммутации, программы и операционные системы. Для всех перечисленных объектов характерно наличие дискретных состояний и дискретный характер работы во времени.

Однако для моделирования ряда объектов АСУ использование абстрактно-автоматной математической схемы встречает трудности несмотря на то, что данные объекты могут быть представлены как дискретные переходные системы (протоколы в сетях ЭВМ, взаимодействие конкурирующих задач). Это объясняется тем, что абстракт-

Рис. 5.4. Графическое изображение сети Петри



ция конечного автомата косвенно связана с понятием последовательной алгоритмической системы, и в ней состояния рассматриваются «глобально». Указанные же объекты способны выполнять свои функции параллельно, асинхронно, независимо одна от другой, за исключением некоторых строго заданных точек, называемых *точками взаимодействия параллельных процессов*. Рассмотрение их с точки

зрения «глобальных» состояний практически невозможно в силу быстрого роста числа последних с увеличением сложности моделируемых процессов. Сгладить проблему роста числа состояний можно путем декомпозиции модели на части, каждая из которых представлена частичным автоматом. При этом «глобальное» состояние получается путем декартова произведения состояний частных автоматов.

Такой подход породил ряд математических схем, наиболее распространенная из которых — сети Петри. Модель в виде *сети Петри* представляет собой ориентированный граф, содержащий позиции, определяющие условия, имеющиеся в системе, и переходы, отображающие связанные с этими условиями действия. В позициях про- ставляются метки, если соответствующее условие выполнено. Передвижение меток по сети определяет последовательность изменения состояний моделируемого объекта. Графически позиции изображаются кружками, переходы — планками (рис. 5.4). Позицию соединяют дугой с переходом, если выполнение заданного условия является необходимым для запуска связанного с данным переходом действия. Переход соединяют дугой с позицией, если связанное с ним действие порождает выполнение условия, представленного данной позицией.

Формально сеть Петри можно определить в виде следующей записи: $PN = (P, T, E, S, M_0)$, где P — непустое множество позиций; T — непустое множество переходов; $E: T \times P \rightarrow N$ — отображение, называемое входной функцией; $S: T \times P \rightarrow N$ — отображение, называемое выходной функцией; $M_0: P \rightarrow N$ — отображение, называемое начальной маркировкой.

Другими словами, сеть Петри — это двудольный граф, дополненный начальной маркировкой: $PN = (G, M_0)$, где $G = (P \cup T, V)$ — двудольный граф; $P \cup T$ — множество вершин графа; $V = (P \cup T)^2 \rightarrow N$ — оценочная функция; $V(x, y)$ — число дуг, выходящих из вершины x и входящих в вершину y (вес дуги x, y);

$$\begin{aligned} \forall (x, y) \in T \times P: V(x, y) &= S(x, y); \\ \forall (x, y) \in P \times T: V(x, y) &= E(x, y); \\ V(x, y) &= 0 \text{ для всех других пар } (x, y); \end{aligned}$$

$M_0: P \rightarrow N$ — начальная маркировка, изображающаяся на графе точками (метками) в соответствующих позициях.

Кроме формальной и графической форм записи сети Петри, используют также матричную и табличную формы.

Предположим, что есть сеть Петри $PN = (P, T, E, S, M_0)$, где $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$.

Входная и выходная функции такой сети могут быть представлены матрицами, содержащими n строк и m столбцов, j -й элемент i -й строки матрицы PE (соответственно PS) будет равен $E(t_i, P_j)$ (соответственно $S(t_i, P_j)$).

Начальная маркировка представляется вектором из m элементов, где j -й элемент есть $M_0(P_j)$.

Матрицей инцидентности сети Петри называют матрицу $C = PS - PE$.

Таким образом, приведенное выше матричное представление сети Петри содержит вектор начальной маркировки и матрицу инцидентности.

При табличном представлении выделяют два типа таблиц: первая для каждой вершины сети задает список ее последователей, вторая определяет веса дуг сети. Максимальное число колонок таблицы определяет степень параллелизма модели.

Вероятностные автоматы. В общем виде вероятностный автомат можно представить как дискретный потактный преобразователь информации с памятью, функционирование которого в каждом такте зависит только от состояния памяти в нем и может быть описано статистически.

Применение схем вероятностных автоматов имеет важное значение для разработки методов проектирования дискретных элементов АСУ, проявляющих статистически закономерное случайное поведение, выяснения их возможностей и обоснования границ и режимов использования, а также для решения задач синтеза по выбранному критерию.

Как уже отмечалось выше, для детерминистического конечного автомата функция переходов вида $z(t) = \delta(z(t-1), x(t))$ позволяет определить состояние автомата $z(t)$ в момент t по предыдущему состоянию $z(t-1)$ и входному сигналу $x(t)$. Если состояние $z(t-1)$ и входной сигнал $x(t)$ определяют не конкретное состояние $z(t)$, а распределение вероятностей P_{ij} перехода из состояния $z_i = z(t-1)$ в одно из состояний $z_j \in Z$, где Z — конечное число состояний, то переходим к понятию автомата со случайными переходами.

Для того чтобы задать автомат со случайными переходами, кроме функциональных выходов, необходимо указать совокупность матриц вида $\|P_{ij}(x)\|$, элементы которых

$$P_{ij}(x) = P \{z(t) = z_j / z(t-1) = z_i; x(t) = x\}$$

представляют собой условные вероятности того, что $z(t) = z_j$ при условии, что $z(t-1) = z_i^*$ и $x(t) = x$.

Автомат со случайными переходами функционирует следующим образом. В момент t поступает входной сигнал $x(t) = \hat{x}$; по значению \hat{x} из совокупности матриц $\|P_{ij}(x)\|$ определяется конкретная матрица $\|P_{ij}(\hat{x})\|$, по значению $z(t-1) = z_i^*$ автомата из этой матрицы выбирается строка

$$P_{i1}^*, P_{i2}^*, \dots, P_{in}^*, \quad (5.2)$$

где $\sum_{j=1}^n P_{ij}^* = 1$.

Далее в соответствии с (5.2) выбирается случайным образом конкретное состояние $z_j = z(t)$ и вычисляется с помощью функции выходов соответствующий выходной сигнал.

Вероятностным автоматом называется объект, определяемый множеством X, Y, Z и семейством матриц $\{M(y/x)\}$. Если $X = (x_1, x_2, \dots, x_l)$ — входной алфавит, $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ — выходной алфавит, $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ — множество состояний, то $\{M(y/x)\}$ — семейство $l \times m$ матриц размерностью $n \times n$. Элемент $\mu_{ij}(y_p/x_r)$ матрицы $M(y_p/x_r)$ есть вероятность $\mu_{ij}(y_p/x_r) = P(y_p, z_j/z_i, x_r)$, $i, j = 1, 2, \dots, n$, того, что, находясь в состоянии z_i и получив входной сигнал x_i , автомат перейдет в состояние z_j , а выходной сигнал будет y_p .

Если $\mu_{ij}(y_p/x_r)$ принимает только значения единицы или нуля, имеем частный случай вероятностного автомата: обычный детерминистический конечный автомат.

Модели массового обслуживания. Помимо вероятностных автоматов для описания объектов автоматизации и элементов АСУ, функционирующих в условиях случайных факторов, на практике часто используют класс математических схем, разработанных в теории массового обслуживания. В качестве процесса обслуживания могут быть представлены различные по своей физической природе процессы: потоки поставок продукции предприятию, потоки деталей и комплектующих изделий на сборочном конвейере, заявки на обработку информации ЭВМ от удаленных терминалов и т. д. При этом характерным является случайное появление заявок (требований) на обслуживание и случайная длительность обслуживания каждой заявки.

Кратко рассмотрим основные понятия массового обслуживания, необходимые для использования данной концептуальной схемы как при аналитическом, так и при имитационном моделировании элементов АСУ и объектов автоматизации.

В любом элементарном акте обслуживания выделяют две составляющие: ожидание заявкой обслуживания и собственно обслуживание заявки. В терминах теории массового обслуживания определяют приборы обслуживания заявок, которые состоят из накопителя заявок H емкостью l и канала обслуживания K . На каждый прибор обслуживания Π_i поступают потоки событий, в накопитель H_i — поток заявок w_i , на канал K_i — поток обслуживаний U_i .

Потоком событий называется последовательность событий, происходящих одно за другим в какие-то случайные моменты времени.

Заявки, обслуженные каналом K_i , и заявки, покинувшие прибор Π_i по различным причинам необслуженными (например, из-за переполнения накопителя H_i), образуют выходной поток $y_i \in Y$. Процесс функционирования прибора Π_i можно представить как процесс изменения состояния его элементов во времени. Переход в новое состояние для Π_i означает изменение количества заявок, которые в нем находятся (в канале и накопителе).

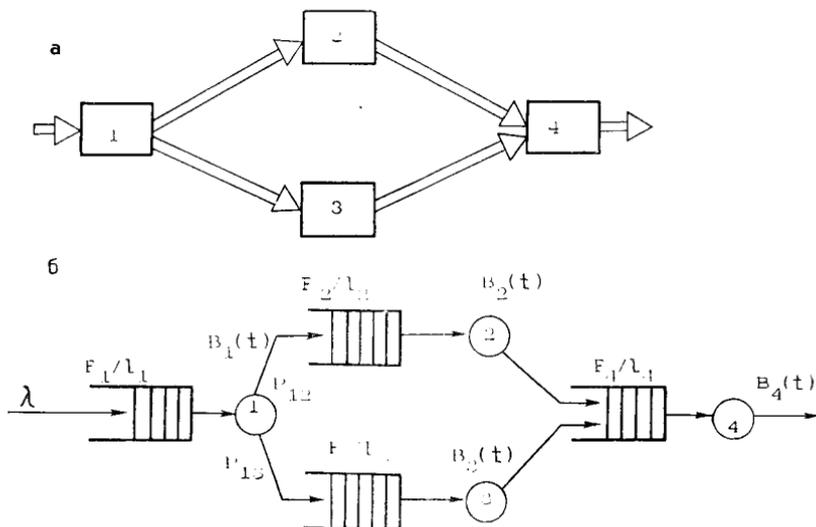


Рис. 5.5. Модель производственного участка в виде сети массового обслуживания: F_i — правило обслуживания i -й очереди; $B_i(t)$ — функция распределения длительности обслуживания на i -м приборе; P_{12}, P_{13} — вероятности соответствующих переходов в сети; l_i — максимальная величина i -го накопителя; λ — входной поток деталей

Как правило, для моделирования реальных систем используют не один прибор, а сети приборов массового обслуживания, полученные путем композиции многих элементарных приборов обслуживания. На рис. 5.5 показан пример производственного участка и его модели в терминах сети систем массового обслуживания. Участок состоит из 4 единиц оборудования. После обработки на 1-м оборудовании детали передаются на 2-е с вероятностью P_{12} либо на 3-е оборудование с вероятностью $P_{13}=1-P_{12}$ (P_{12} зависит от вероятности выхода кондиционных деталей на 1-м оборудовании).

Как правило, аналитически исследуют модели массового обслуживания, если: функции $B_i(t)$ имеют экспоненциальный вид; входной поток заявок λ простейший; дисциплины обслуживания F_i для всех очередей FIFO (первым пришел, первым обслужился); объемы накопителей бесконечны ($l_i = \infty$).

Аналитическое моделирование сводится к построению системы дифференциальных уравнений, описывающих сеть массового об-

служивания, и ее решению. Например, если рассмотреть один прибор обслуживания, на который поступают заявки с интенсивностью λ и у которого время обслуживания распределено экспоненциально с параметром μ , то вероятность того, что в произвольный момент времени t на приборе находится m заявок можно найти, решив следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{dP_m(t)}{dt} = -(\lambda + \mu)P_m(t) + \lambda P_{m-1}(t) + \mu P_{m+1}(t);$$

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t).$$

Если нет возможности исследовать данный класс моделей аналитически, прибегают к методам имитационного моделирования.

Агрегативные системы Н. П. Бусленко. Наиболее известным общим подходом к формальному описанию процессов функционирования систем является подход, предложенный Н. П. Бусленко. В отличие от автоматов, функционирование которых состоит только из скачков при поступлении входных сигналов и систем массового обслуживания, где скачки вообще отсутствуют, агрегативная схема может описывать любые фрагменты — и перемещения, и скачки.

При агрегативном описании объект моделирования разбивается на конечное число частей (подсистем), сохраняя при этом связи, обеспечивающие их взаимодействие. Если некоторые из полученных подсистем оказываются в свою очередь еще достаточно сложными, то процесс их разбиения продолжается до тех пор, пока не образуются подсистемы, которые в условиях рассматриваемой задачи моделирования могут считаться удобными для математического описания. В результате такой декомпозиции модель системы представляется в виде многоуровневой конструкции из взаимосвязанных элементов. В качестве элемента выступает кусочно-линейный агрегат, а связь между агрегатами осуществляется с помощью оператора сопряжения.

Любой агрегат характеризуется следующими множествами: моментов времени T , входных X и выходных Y сигналов, состояний Z в каждый момент времени t .

Состояние $z \in Z$ кусочно-линейного агрегата представляется в виде $z = (v, z_v)$, где v выбирается из не более чем счетного множества индексов, а z_v — точка многогранника Z_v с координатами $z_{v_1}, z_{v_2}, \dots, z_{v_n}$, т. е. $Z_v = (z_{v_1}, z_{v_2}, \dots, z_{v_n})$. Значения v можно рассматривать как номер или шифр соответствующего многогранника Z_v .

Компоненту v называют дискретной составляющей состояния или основным состоянием, а Z_v — вектором дополнительных координат.

Процесс функционирования кусочно-линейного агрегата можно описать следующим образом. Пусть в начальный момент времени t_0 агрегат находится в состоянии $z_0 = (v_0, z_{v_0}^0)$, где $z_{v_0}^0$ — внутренняя точка многогранника Z_{v_0} . Тогда при $t > t_0$ точка $z_{v_0}(t)$ перемещается

внутри многогранника z_{v_0} до тех пор, пока она не выйдет на границу (в некоторую точку $z_{v_0}^*$) в момент $t_0^* > t_0$.

В момент выхода на границу кусочно-линейный агрегат выдает выходной сигнал вида $y = (\lambda, y_\lambda)$, где λ — дискретная составляющая; y_λ — вектор дополнительных координат: $y_\lambda = (y_{\lambda_1}, y_{\lambda_2}, \dots, y_{\lambda_n})$ выходного сигнала. В тот же момент состояние агрегата совершает мгновенный скачок из точки $(v_0, z_{v_0}^*)$ в новую внутреннюю точку $(v', z_{v'})$ нового или того же самого многогранника. Далее происходит перемещение точки $z_{v'}(t)$ внутри многогранника $z_{v'}$ до тех пор, пока она не выйдет на границу этого многогранника, и т. д.

Если в момент t в агрегат поступает входной сигнал вида $x = (\mu, x_\mu)$, где μ — дискретная составляющая, а x_μ — вектор дополнительных координат $x_\mu = (x_{\mu_1}, x_{\mu_2}, \dots, x_{\mu_{m(\mu)}})$ входного сигнала, то в этот момент перемещение точки $z_v(t)$ внутри многогранника прекращается, $z_v(\hat{t}) = \hat{z}_v$, и состояние агрегата совершает мгновенный скачок из точки (v, \hat{z}_v) в новую внутреннюю точку $(v'', \hat{z}_{v''})$ нового (или того же самого) многогранника $z_{v''}$. Кроме того, в момент поступления входного сигнала кусочно-линейный агрегат выдает выходной сигнал. Далее происходит перемещение точки внутри $z_{v''}$ и т. д.

5.3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Методы построения имитационных моделей. Имитация представляет собой воспроизведение (шаг за шагом) описанных в концептуальной модели состояний.

Перечислим основные условия, указывающие на целесообразность применения имитационного моделирования.

Во-первых, имитационное моделирование целесообразно применять, когда не существует законченной математической постановки данной задачи либо еще не разработаны аналитические методы решения сформулированной концептуальной модели. К этой категории относятся многие модели массового обслуживания, связанные с рассмотрением отличных от FIFO правил управления очередями, модели в терминах различных алгоритмических расширений абстрактных автоматов и сетей Петри, модели Форрестера и агрегативные системы Бусленко в общем виде; во-вторых, когда аналитические методы имеются, но математические процедуры столь сложны и трудоемки, что имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи; в-третьих, когда аналитические решения существуют, но их реализация невозможна вследствие недостаточной математической подготовки персонала; и, наконец, в-четвертых, когда, кроме оценки определенных параметров, желательно осуществить на модели наблюдение за ходом процесса в течение определенного временного периода, при этом необходимо иметь возможность сжатия и растяжения временной шкалы.

При построении имитационных моделей, как правило, выбирают некоторые базовые единицы модели, так называемые объекты или сущности. В моделируемом объекте им в зависимости от уровня детализации описания соответствуют различные физические объекты (производственный участок, единица оборудования, ЭВМ, деталь, узел ЭВМ и т. д.). Логическим объектам присваиваются атрибуты. Фиксированные атрибуты описывают природу и характеристики объекта, переменные — состояние объекта. Состояние моделируемой системы характеризуется состояниями всех составляющих ее объектов. Связи между объектами задаются атрибутами. Фиксированные атрибуты описывают статические, переменные — динамические характеристики связи. Если значения переменных атрибутов изменяются непрерывно, говорят о непрерывных моделях, если они принимают значения из дискретной области, речь идет о моделях дискретных событий.

В моделях дискретных событий выделяют определенный набор «работ» (например, технологические операции по обработке деталей). Каждая «работа» задействует фиксированное число ресурсов, которые становятся недоступными для других «работ». Для «работы», описывающей обработку детали, такими ресурсами могут быть, например, станок и деталь. Началу и концу «работы» соответствуют события. Совокупность схожих событий определяет понятие процесса.

Построение концептуальной модели в этом случае состоит в логико-математическом описании соответствующих работ, событий и процессов.

Формирование структуры событий. Подход через события является наиболее известным. Он включает: выделение всех возможных типов событий, которые могут возникнуть во время функционирования модулируемой системы; описание в виде алгоритма логики изменения состояний, соответствующих этим событиям.

Так, например, рассматривая производственный участок, можно выделить три типа событий: запуск деталей в производство, начало и окончание обработки деталей на некотором оборудовании. Заметим, что только два из них являются существенными, так как события начала обработки можно выразить через события двух других типов.

При данном подходе в качестве математической схемы, кроме описанных выше, используют «диаграммы событий». Вершины таких диаграмм представляют различные события. Если дата появления события j определяется в момент возникновения события i , то вершины i и j связываются ориентированной дугой. Дуги, соответствующие нулевым длительностям, изображаются штриховой линией.

Такое представление позволяет выделить перечень начальных событий и упорядочить все оставшиеся; сократить число событий путем слияния тех, которые всегда совпадают.

Рассмотрим упрощенный пример производственной системы (рис. 5.6, а). Детали поступают случайным образом и обрабатыва-

ются в зависимости от их типа либо на первом, либо на втором оборудовании. Осуществив преобразования, получим диаграмму, представленную на рис. 5.6, б.

После выделения всех существенных типов событий и их взаимосвязей в соответствие каждому типу событий ставят некоторую процедуру, описывающую все необходимые действия, связанные с данным событием. Пример такой процедуры показан на рис. 5.7 (процедура связана с событием окончания обработки i -й детали на j -м оборудовании). Буквой T обозначено текущее модельное время.

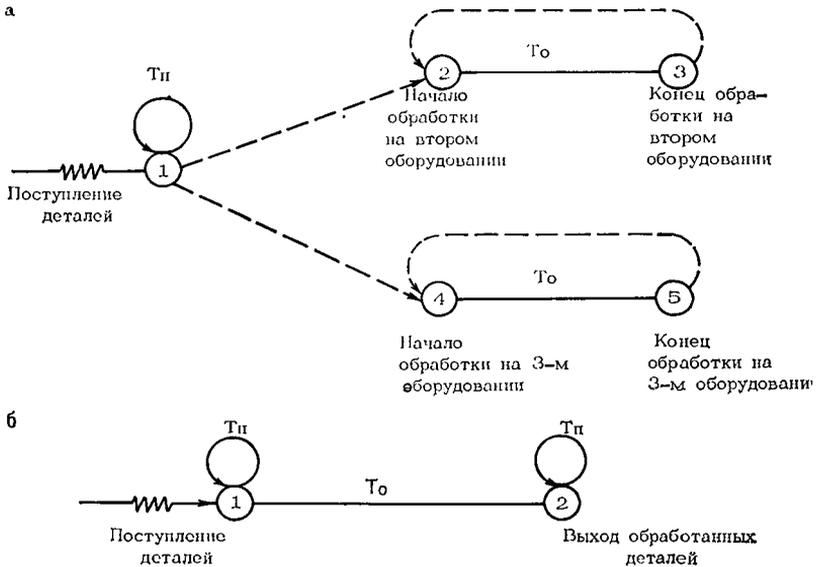


Рис 5.6. Диаграмма событий

Имитатор упорядочивает начальные события в таблице, называемой списком событий, затем последовательно извлекает события из данного списка и активизирует связанные с ними процедуры, которые в свою очередь могут изменять список событий.

Модельное время, как правило, в этом подходе изменяется скачком от текущего времени к времени наступления следующего события.

Выделение перечня активностей. В данном подходе выделяют всевозможные типы активностей, которые характерны для функционирования моделируемой гибкой производственной системы ГПС. Затем определяются все необходимые условия для начала и окончания каждой активности. Когда условия начала или окончания некоторой активности выполняются, состояние модели изменяется. В табл. 5.1 приведен пример описания соответствующих условий.

Известна ориентированная на данный подход схема построения моделей в виде циклов активностей. Каждому типу объектов соот-

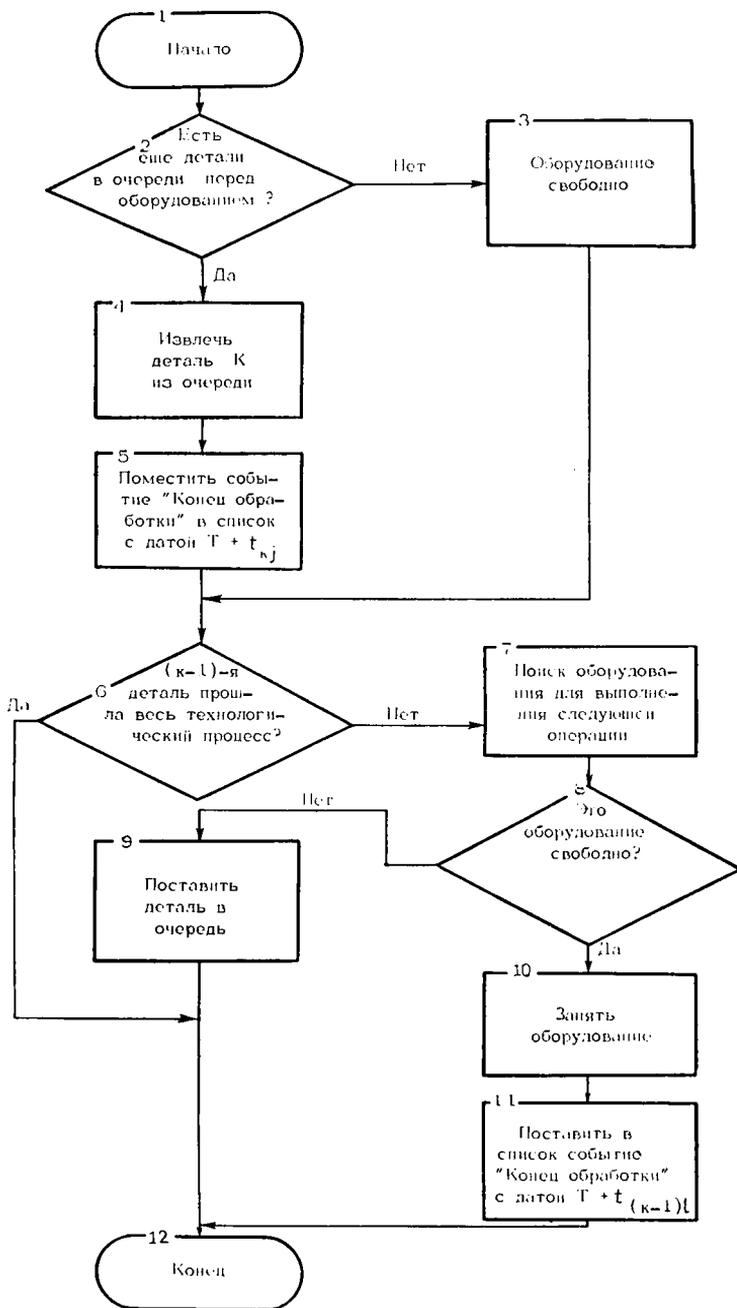


Рис. 5.7. Алгоритм обработки i -го события

Табл. 5.1. Условия начала и окончания активностей

Активность	Условия начала	Условия окончания
Обработка i -й детали на j -м оборудовании	Деталь готова к обработке; оборудование свободно	Текущее время больше или равно времени окончания обработки
Ожидание запуска деталей в производство	Запуск предыдущей детали	Текущее время больше или равно интервалу запуска

ветствует один цикл активностей, графически представляемый вершинами (активности) и дугами (условия). Активности, описывающие процесс ожидания, обозначаются овалом в отличие от просто активностей, изображаемых прямоугольниками. Очевидно определенное соответствие между таким описанием и представлением сетью Петри: все метки (объекты) должны присутствовать для того, чтобы переход был запущен (началась активность). Отличие заключается в том, что условия начала и конца активностей здесь могут быть как угодно сложны и описаны произвольным образом.

Механизм продвижения времени в данном подходе, как правило, состоит в использовании фиксированного временного шага. На каждом шаге проверяют, выполняются ли условия для начала или окончания активностей. Недостаток заключается в том, что необходимо проверять все активности, и, следовательно, быстродействие моделирования будет снижаться. Этот подход представляет интерес для задач моделирования, в которых длительность активностей определяется состоянием моделируемой системы. На рис. 5.8 изображена модель производственного участка в виде циклов активностей.

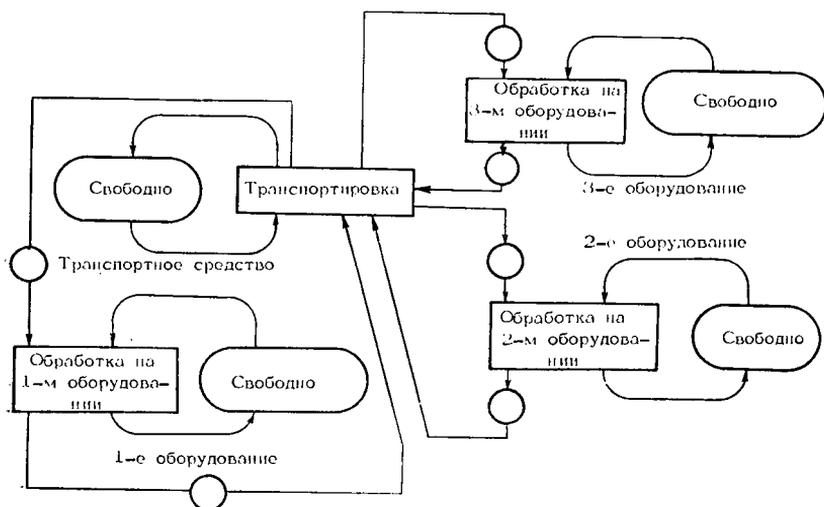


Рис. 5.8. Пример моделирования «циклами активностей»

Определение процессов и их взаимодействия. В данном подходе вместо того, чтобы определять логику изменения состояний относительно каждого события или начала каждой активности, описывают эту логику отдельно для некоторых заранее определенных последовательностей (процессов). В процессы объединяют такие последовательности событий, которые для некоторой группы объектов повторяются многократно. Например, обработка любой детали на любом оборудовании включает три фазы: ожидание в очереди

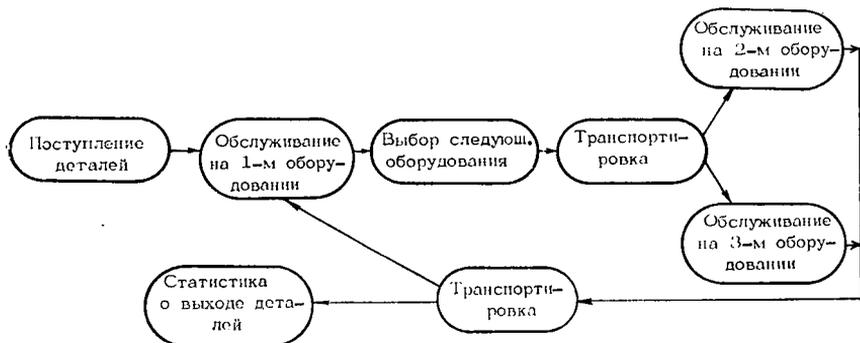


Рис. 5.9. Пример модели в виде сети взаимодействующих процессов

на обработку, закрепление на рабочей позиции оборудования и непосредственно обработку. Объединив эти три активности, можно определить процесс обслуживания детали на станке.

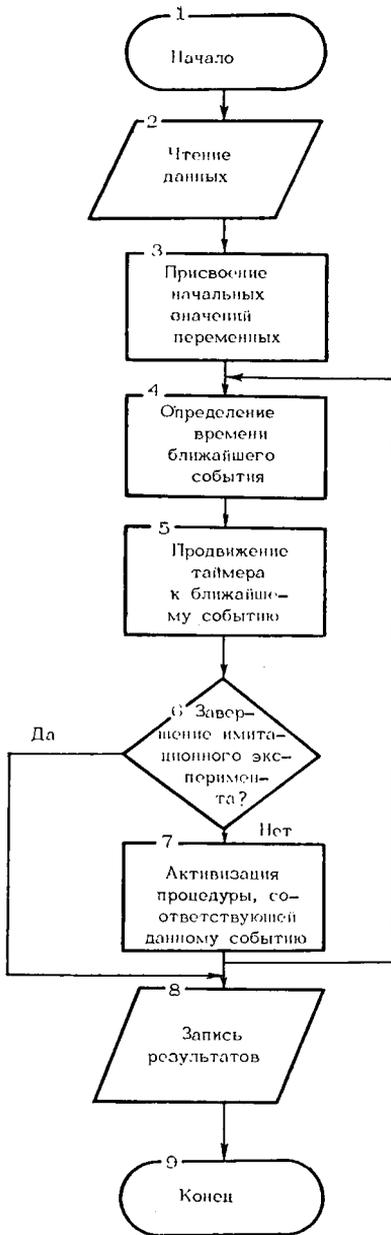
Построение модели ГПС требует, следовательно, выделения перечня типовых процессов. Для каждого из них описывают логику изменения состояния, при этом используют один из указанных выше подходов через события или через активность, некоторый формальный аппарат, например сети Петри. Конфликты и взаимодействие процессов учитываются по правилу типа «ждать до другого, внешнего к процессу события». Каждый процесс может быть прерван, или иметь подпроцессы, которые ему подчиняются, или становиться в ожидание, заставляя ждать другие процессы. Выделенные процессы программируются независимо друг от друга.

Построение модели осуществляется на множестве заданных процессов и заключается в спецификации их взаимодействия. На рис. 5.9 приведена модель в виде последовательности типовых процессов.

Преимущества данного подхода состоят в том, что он позволяет структурировать процесс построения модели, приближать описание модели к понятиям, привычным проектировщикам АСУ, а также создавать библиотеки типовых процессов и тем самым ускорять построение моделей.

Программное обеспечение имитационных моделей. Использование универсальных языков программирования. Наиболее гибким способом построения программного обеспечения имитационных моделей ГПС является использование языков программирования (как

Рис. 5.10. Принцип построения «ядра синхронизации»



правило, языков высокого уровня: ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ и т. п.). В этом случае для реализации имитационной модели на ЭВМ программируют все необходимые составляющие: «ядро синхронизации», модельный таймер, средства сбора статистики, средства генерации случайных чисел, процедуры, связанные с каждым типом модельных событий, и т. п.

«Ядро синхронизации» представляет собой набор программ и структур данных, предназначенных для организации имитационного эксперимента. На рис. 5.10 приведена укрупненная схема лежащего в ее основе алгоритма. Блоками 4 и 5 обозначены функции модельного таймера. В зависимости от выбранного способа продвижения модельного времени эти функции реализованы процедурой с фиксированным или переменным временным шагом.

К достоинствам данного способа построения программного обеспечения имитационных моделей относятся: эффективность получаемых моделей с точки зрения использования ресурсов ЭВМ; возможность построения достаточно сложных и детализированных моделей. Вместе с тем имеются недостатки: большая трудоемкость построения программного обеспечения и необходимость в программах высокой квалификации.

Следовательно, использование языков программирования целесообразно, когда нет возможности применить средства автоматизации построения имитационных моделей (языки моделирования, специализированные пакеты программ) и когда фактор использо-

вания вычислительных ресурсов является критическим и предполагается на одной и той же модели проводить большое число имитационных экспериментов.

Языки моделирования общего назначения. Существуют различные средства автоматизации построения имитационных моделей. К их числу можно отнести языки моделирования общего назначения и специализированные языки моделирования. Для них характерно наличие запрограммированных стандартных функций, процедур и правил их объединения, что позволяет значительно упростить процесс построения моделей.

Данные языки могут быть классифицированы по следующим признакам: по принципам построения моделей (языки, ориентированные на события, активности и процессы); по методу представления функций языка (непосредственно языки моделирования и пакеты программ); по представляемым средствам автоматизации построения моделей (языки высокого и низкого уровней).

Метод представления функций языка моделирования очень важен для пользователя. Если используется библиотека функциональных подпрограмм, имеют дело с пакетом программ. Если функции вызываются с помощью оператора программы, то это язык моделирования. Примерами пакетов программ являются GASP, GPSS — FORTRAN. К языкам моделирования относятся, например, GPSS, SLAM. Как правило, пакет программ состоит из главной программы и библиотеки подпрограмм. Пользователь сам вызывает подпрограммы, которые выполняют необходимые ему функции, для этого он оперирует исходной (неоттранслированной) программой модели.

Стандартные функции языка моделирования не всегда полностью удовлетворяют конкретного пользователя. В пакетах программ пользователь имеет возможность модифицировать стандартные и вводить новые подпрограммы. Очевидным недостатком пакетов программ является то, что пользователь должен хорошо владеть базовым языком программирования (на котором написан пакет программ). Кроме того, возрастает число возможных ошибок в модели.

Преимущества языков заключаются в простоте их использования неспециалистами в области программирования. В табл. 5.2 частично представлены преимущества и недостатки пакетов программ и языков программирования.

Табл. 5.2. Сравнение пакетов программ и языков моделирования

Средства моделирования	Преимущества	Недостатки
Пакеты программ	Высокая степень расширяемости	Необходимость знания базового языка программирования; возрастание возможности ошибок
Язык моделирования	Простота использования	Очень низкая степень расширяемости

Из сравнения языков и пакетов программ вытекают следующие рекомендации. Недостаточно квалифицированный в области программирования пользователь, который хотел бы быстро и просто решить с помощью модели ГПС типовые проблемы, может использовать один из языков моделирования. Более глубокие и сложные исследования, для которых требуется специалист в области технологии моделирования, предполагают применение пакетов программ.

Для объединения преимуществ языка и пакета программ создаются различные предкомпиляторы, которые в соответствии с разработанным языком описания модели генерируют моделирующую программу в терминах некоторого пакета программ. В этом случае квалифицированный программист может работать непосредственно с данным пакетом программ, а неподготовленный пользователь реализует возможности предкомпилятора.

Дальнейшая классификация базируется на понятии *уровня языков* моделирования. Уровень возможностей языка означает ранг и эффективность предоставляемых им функций. По уровню языка классифицируются как пакеты программ, так и языки моделирования. Для пакетов программ уровень языка означает ранг функций подпрограмм, для языков — указывает на возможности их семантики.

По уровню языки общего назначения делятся на языки низкого уровня (GASP, SIMSCRIPT, SIMULA и др.) и языки высокого уровня (GPSS, GPSS — FORTRAN и др.). Языки низкого уровня предоставляют пользователю: ядро синхронизации, позволяющее упорядочить запланированные и случайные события в стройную последовательность; основные процедуры, такие, как генерирование случайных чисел и т. п.; средства сбора статистики. Компоненты модели так же, как и ее структура, должны быть смоделированы и запрограммированы пользователем. Поэтому язык низкого уровня является либо пакетом программ (GASP), либо языком с некоторыми возможностями языков программирования (SIMSCRIPT), либо языком программирования высокого уровня, расширенным для построения моделей (SIMULA).

Языки моделирования высокого уровня предлагают пользователю в стандартном виде все необходимые для построения моделей функции и компоненты, тем самым устраняя достаточно трудоемкий этап их программирования.

Специализированные языки моделирования. Необходимость в средствах моделирования, доступных широкому кругу пользователей, привела к появлению целого семейства специализированных (целевых) языков моделирования. Такие языки ориентированы на решение некоторого определенного круга задач и содержат элементы, которые характеризуют область их применения. Они отличаются от языков общего назначения тем, что очень просты в использовании.

Специализированные языки по принципу построения моделей являются языками, ориентированными на процессы, а по уровню

стоят выше языков моделирования общего назначения. По принципу реализации функций их можно разделить на языки моделирования, пакеты программ, генераторы моделей и макроязыки, модели, управляемые данными. В качестве примеров языков моделирования можно привести языки SAGA, TRANSIM, SIMAN. Так, в языке SIMAN наряду с операторами из общего языка моделирования существуют такие, как TRANSPORT и STATION, описывающие транспортировку и обработку деталей и др.

Среди пакетов программ наибольшее распространение получил SIKTAS. Он состоит из 15 основных программ и 20 подпрограмм, моделирующих наиболее часто встречающиеся компоненты производственных систем. На принципе генерации моделей основан макроязык, разработанный М. Аммаром. Здесь средствами языка описания модели (макроязыка) создается модель, которая затем компилируется в моделирующую программу на языке SLAM (т. е. осуществляется прекомпиляция). Данный макроязык ориентирован на моделирование транспортных операций в производственных системах. Он позволяет в 10 раз сократить трудоемкость построения моделей по сравнению с языком SLAM.

Одной из специализированных систем моделирования являются модели, управляемые данными. Они представляют собой некоторые типовые модели, настройка которых на конкретный объект осуществляется посредством исходных данных. Это наиболее простые в обращении средства моделирования, однако число реализуемых ими функций, как правило, сильно ограничено.

К данному классу параметризованных, управляемых данными имитационных моделей с более или менее ограниченной областью применения относятся: SIMULAP, SIMPLE, SIFLA, GRAFSIM, MOMOS, ISIMOS, SIMGRAI, PSS-FMS, INSIMAS и др.

5.4. СОСТАВ И СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рост интереса к системам, работающим в режиме реального времени, тенденции расширения функциональной части АСУ, вопросы интегрирования находящихся в эксплуатации и разрабатываемых к настоящему периоду систем автоматизированного управления породили множество новых проблем в области программного обеспечения. Это повлекло за собой выделение данной подсистемы, до недавнего времени относившейся к математическому обеспечению, в самостоятельную часть АСУ.

Программное обеспечение (ПО) представляет собой совокупность программ, предназначенных для решения задач функциональных подсистем АСУ и обеспечения функционирования комплекса технических средств АСУ. ПО содержит различные компоненты, предназначенные для снижения стоимости программирования, упрощения доступа к системе, повышения эффективности работы, а также для настройки, планирования и учета. Цель такого комплекса — получить экономический выигрыш при использовании систе-

мы путем увеличения производительности труда программистов и эффективности работы оборудования. Для достижения этой цели разрабатываются языки программирования, многочисленные пакеты прикладных программ, системы управления базами данных, программы сортировки и объединения, планирования, библиотеки и системы управления ими, системы ввода-вывода, редакторы связей, программы перезаписи данных. Предусматриваются функции, позволяющие снизить затраты на программирование посредством упрощения структур программ и облегчения процесса их написания. Существуют также программно-реализованные средства, которые могут быть полезны администрации и обслуживающему персоналу.

Структурная схема ПО АСУ приведена на рис. 5.11. Из семейства классификационных признаков ПО АСУ остановимся на двух: функции элементов ПО и его взаимосвязи с вычислительной системой. Последний критерий дает деление ПО на внутреннее, занятое организацией функционирования вычислительных средств, и внешнее (специальное), составляющее основу функциональных подсистем АСУ. Классификация по функциям элементов ПО выделяет управляющую часть, ответственную за вычислительный процесс, и обрабатывающую, призванную решать отдельные задачи.

Внутреннее ПО является общесистемным, создается разработчиками ЭВМ и включает три основные системы: программирования, обслуживающих программ и операционную.

Системы программирования заняты решением языковых проблем. Сюда относятся трансляторы и стандартные подпрограммы. Главной целью трансляторов, или транслирующих программ, является перевод алгоритма с одного языка на другой. Сущность алгоритма при этом сохраняется, но изменяется форма его представления: часто из формы, ориентированной на человека, в форму, ориентированную на ЭВМ. Типичными примерами транслирующих программ являются ассемблеры, компиляторы, интерпретаторы, редакторы связей, загрузчики. Стандартные подпрограммы описывают наиболее часто употребляемые пользователем алгоритмы, например средства поддержки матобеспечения, т. е. заранее оттранслированные математические программы, доступ к которым можно осуществить, указав их во время трансляции прикладной программы.

Назначением *обслуживающих программ* является преобразование программ и данных при смене носителей информации, изменения их расположения и представления. К первому типу относятся программы переноса данных с карт на ленту, ввода данных с клавиатуры на диск, распечатки информации, находящейся на диске. По существу их функции сводятся к операциям ввода-вывода. Программы изменения расположения данных, называемые *программами сортировки*, осуществляют реорганизацию данных. В их функции может включаться либо не включаться ввод и вывод, но всегда входит явное или неявное изменение адресов расположения информации на носителе. Изменение представления данных становится

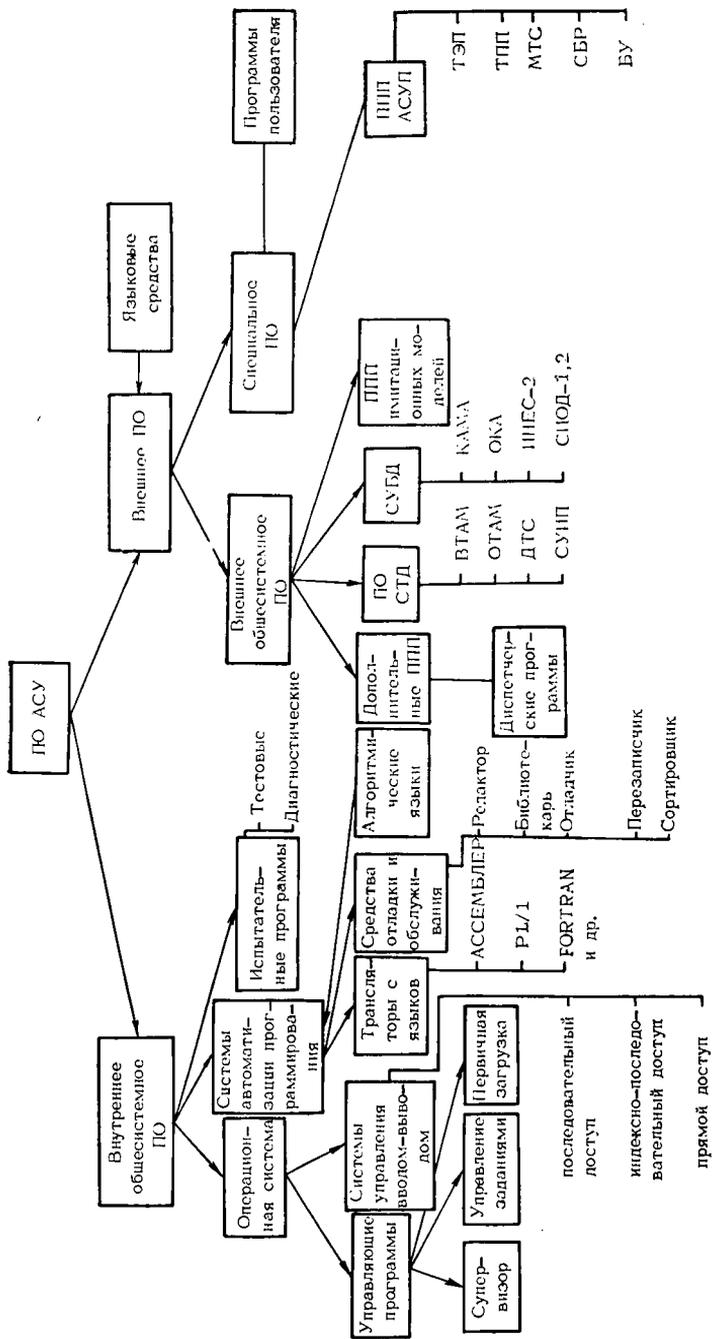


Рис. 5.11. Структура программного обеспечения АСУ

все более важной функцией системных программ. Эти функции реализуются редакторами, которые осуществляют редактирование программ и других текстов, и программами форматирования текста, управляющими печатью и размещением текста.

К программам данного типа относятся и те, которые осуществляют перекодировку данных как для согласования прикладных программ, использующих разные системы кодирования, так и для шифровки и дешифровки секретной информации. Программы, обеспечивающие сбор статистических данных об использовании вычислительной системы, а также программы управления библиотеками данных и программ могут рассматриваться и как обслуживающие программы, и как часть операционной системы.

5.5. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЭВМ И ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Операционная система — это интерпретирующая совокупность программ, реализующая практические требования пользователей и операторов, лиц, управляющих работой комплекса технических средств. Вообще операционная система — несколько расплывчатое понятие, опирающееся на определенные традиции, параметры оборудования, размеры программ, реализующих некоторые функции, а также распределение функций между различными прикладными программами. Обычно считается, что операционная система поддерживает функции связи с оператором в реальном времени для подготовки устройств к работе, переопределения конфигурации и изменения состояния системы.

Операционная система дает возможность оператору запускать и прерывать выполнение программ, запрашивать информацию об использовании аппаратуры и о ходе выполнения конкретной программы, сообщать системе о соответствии наборов данных конкретным устройствам и т. д. В частности, в состав операционной системы входят программы обработки очередей запросов на выполнение ввода-вывода, распределения этих запросов между устройствами, обработки прерываний от устройств ввода-вывода, распределения устройств и каналов конкретных программ, а также наборов данных. Иногда частью операционной системы являются и механизмы управления, которые предоставляют выполняющимся программам системное обслуживание соответствующих уровней. Но эти же механизмы могут считаться расширением системы, поскольку они реализуют управляющие функции высшего уровня. Например, компоненты считывания и управления входным потоком в пакетном режиме и интерпретации поступающих с терминалов команд в диалоговом режиме позволяют установить связь между системой и программами для приема запросов последних на соответствующее обслуживание. Указанные компоненты операционной системы фиксируют запросы на вычислительные ресурсы и присваивают их отправителям статусы, согласно которым они могут получать требуемое обслуживание. Хотя каждый пользователь и является чле-

ном сообщества, совместно используя ресурсы системы с другими пользователями, он тем не менее конкурирует за обладание этими ресурсами, и операционная система обслуживает пользователя, выделяя ему ресурсы или (реже) отнимая их. Поэтому функцию управления ресурсами можно рассматривать как основную в операционной системе. Компоненты, обеспечивающие доступ, могут считаться не входящими непосредственно в операционную систему. В таком случае эти компоненты образуют подсистемы, напоминающие по характеру взаимоотношений с системой прикладные программы.

Трансляторы, которые мы упрощенно отнесли к системе программирования, в действительности не принято рассматривать как часть операционной системы. Однако иногда они оказываются настолько сильно связанными с другими компонентами программного обеспечения, что искать четкие границы становится бессмысленным.

Многие функции современных операционных систем в прошлом считались функциями компиляторов и обеспечивались библиотеками компиляторов. Вообще распределение функций между компиляторами и операционной системой является весьма гибким, поэтому невозможно однозначно ответить на вопрос о роли как компиляторов, так и системы в обеспечении выполняющихся программ памятью и другими ресурсами. Во многих простых диалоговых системах только с одним языком программирования процессы компиляции, распределения и управления настолько взаимосвязаны, что строго определить, где кончается операционная система и начинается компилятор, не представляется возможным.

Решение о включении какого-либо элемента программного обеспечения в операционную систему зависит от разработчика, требуемых сервисных возможностей системы и сложившихся традиций. Многие компоненты программного обеспечения не вошли в операционную систему лишь потому, что необходимость их реализации стала очевидной только после того, как структура операционной системы и ее интерфейсы уже приняли отчетливые очертания. В качестве примера можно привести телеобработку или управление базами данных.

Примеры операционных систем ДОС и ОС даны на рис. 5.12, 5.13.

Для преодоления разнообразия суждений и взглядов на само понятие операционной системы будем различать операционную систему в широком и узком смысле. Операционная система в узком смысле включает систему средств ввода-вывода и управляющие программы. Вообще все системные программы, входящие в состав операционных систем, являются управляющими. Их цель — обеспечить совместное использование вычислительной системы несколькими пользователями независимо от того, каким это использование будет — последовательным или параллельным. Примерами являются программы распределения памяти, планировщики доступа к диску, диспетчеры работ, программы обработки прерываний. Редакторы связей и особенно загрузчики несут в себе черты не только

трансляторов, но и управляющих программ. Некоторые программы управления вводом-выводом могут также использоваться как компоненты стандартных подпрограмм системы программирования.

Выше говорилось об управлении ресурсами как основном назначении операционной системы. Анализируя остальные функции операционной системы, можно говорить о втором ее назначении как об

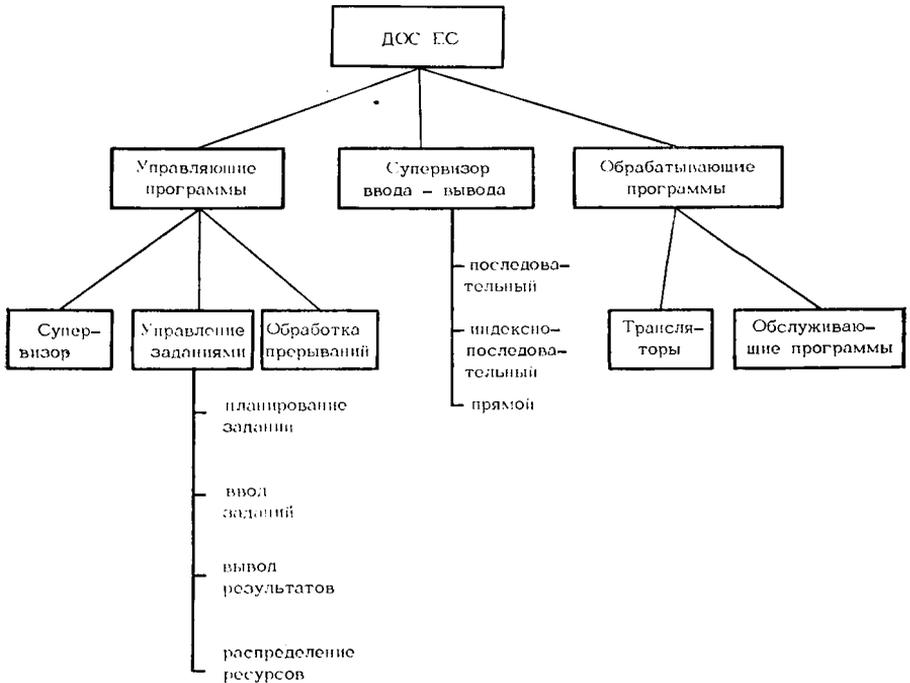


Рис. 5.12. Структура ДОС ЕС

обеспечении прохождения потока заданий, где под заданием понимается независимая единица работы, предоставляемая пользователем.

Задания характеризуются классом — характеристикой заданий для установления их совместимости. Имеются у задания и другие атрибуты: приоритет, требуемое время процессора. Каждое задание состоит из шагов — элементарных работ, взаимосвязанное выполнение которых и ведет к прохождению задания, например: трансляция, редактирование, загрузка и выполнение программы или ввод, сортировка, компоновка и перезапись информационных массивов.

На ресурсы ЭВМ (процессор, память, каналы, устройства ввода-вывода) во времени претендует каждый шаг задания, для которого операционная система организует задачу.

Таким образом, в операционной системе «уживаются» два механизма планирования: управление заданиями — планировщик и управление задачами — супервизор.

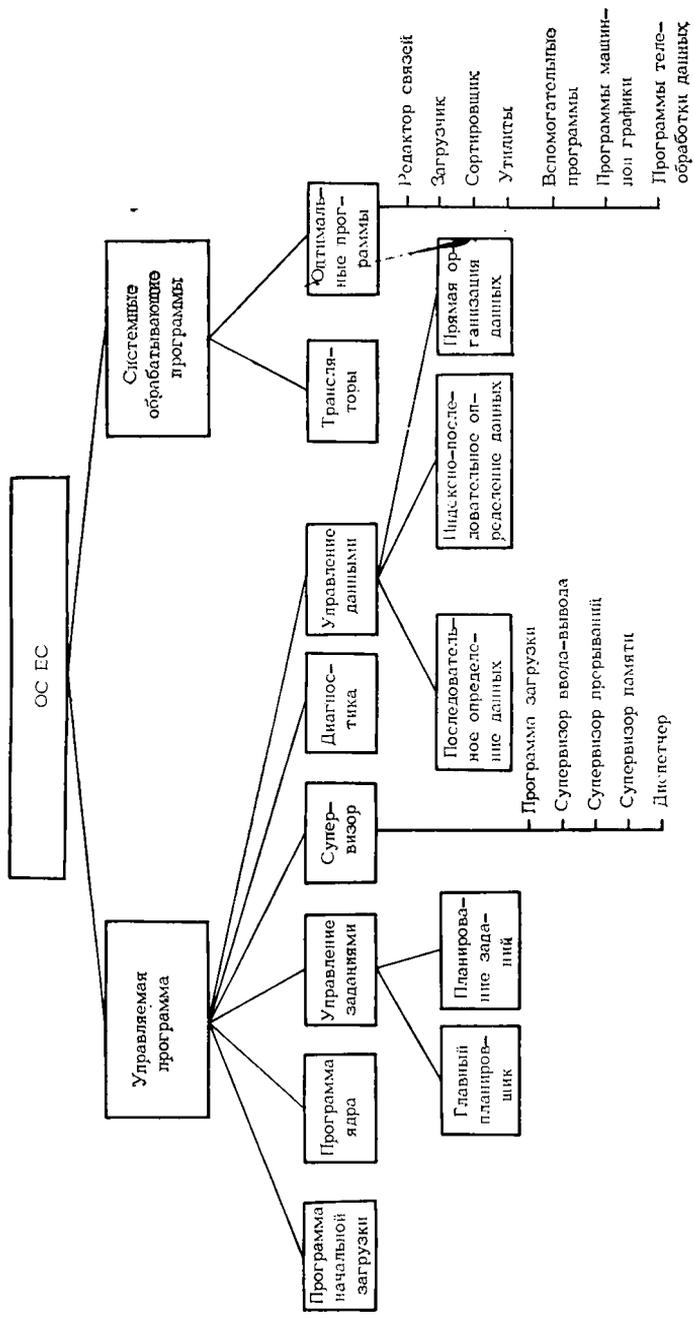


Рис. 5.13. Структура ОС ЕС

В простых операционных системах (ДОС ЕС, ОС ЕС) управляющая программа включает программы первичной обработки, управления заданиями, супервизор. Система средств ввода-вывода содержит набор программ, реализующих методы доступа к внешним устройствам на физическом и логическом уровнях. К первому относятся капсельные программы из команд обращения к конкретным устройствам, а ко второму — реализация некоторой схемы обмена данными без доступа к каналным программам.

На супервизор управляющей программы ложатся функции организации мультипрограммной обработки для повышения пропускной способности системы и более эффективного использования ресурсов ЭВМ. Различают ядро супервизора, транзиты и обслуживающие программы. Ядро супервизора занимается управлением загрузочной программы, операциями ввода-вывода, планированием каналов, распознаванием прерываний, обработкой машинных и программных сбоев, обслуживанием таймера, обработкой сбоев дисковых устройств.

Схемы функционирования ДОС ЕС и ОС ЕС приведены на рис. 5.14, 5.15. Внешнее (специальное) программное обеспечение АСУ разделяют на два класса: общесистемное внешнее ПО и специальное внешнее ПО. *Общесистемным* называют программное обеспечение, инвариантное по отношению к классу задач. Сюда входят диспетчерские программы, программы СУБД, обслуживания, моделирующих систем и программное обеспечение систем КТС.

Специальное ПО — это программное обеспечение для решения заданного класса задач АСУ. К нему относятся пакеты прикладных программ и средства адаптации ППП к условиям применения. Прикладные программы в АСУ выполняют обработку записей и сообщений. Они соответствуют программам обработки данных в обычных системах и в принципе уникальны для каждой системы. Накопленный опыт показывает, что одной из важнейших тенденций ускорения разработки АСУ и повышения их качества является применение ППП. Для их использования не требуются специальные знания в области программирования. Пользователь должен уметь лишь обращаться к ППП, вводить исходные данные и читать выходные отчеты. ППП формируют по принципу функциональной принадлежности программ. Иными словами, ППП — это совокупность алгоритмических и программных средств с проблемной ориентацией их на конкретные классы задач управления, входящих в состав АСУ.

ППП разделяют на пакеты общего и функционального назначения. Примером первого класса пакетов может служить ППП статистической обработки. В качестве примера второго класса назовем ППП «Бухгалтерский учет».

Анализ структур пакетов дает деление на ППП простой и сложной структуры (рис. 5.16).

Все прикладные программы обычно составляются совершенно отдельно от управляющей программы, поэтому возникает вопрос:

как прикладные программы взаимодействуют с управляющей программой? Прикладные программы могут быть написаны на языке уровня автокода, в котором одна строка в программе соответствует одной машинной команде или иногда макрокоманде, в результате которой генерируется целая подпрограмма. Для связи прикладных

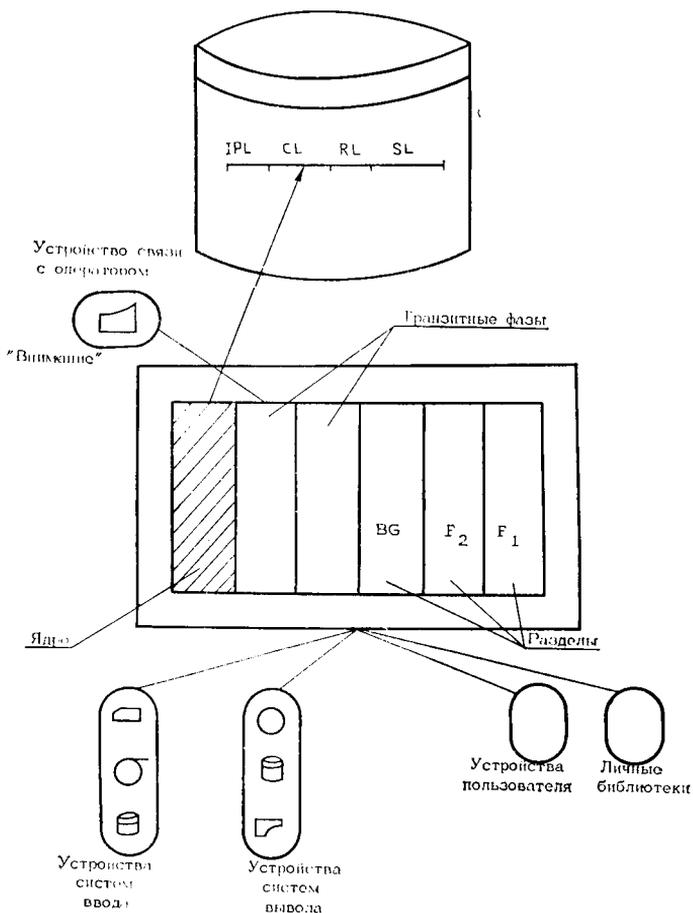


Рис. 5.14. Схема функционирования ДОС ЕС

программ с управляющей программой обычно пишутся макрокоманды, посредством которых эта связь и обеспечивается. Эти макрокоманды обычно составляют часть того или иного блока управляющей программы.

Программист, разрабатывающий прикладные программы, обычно пишет их для машины, которая обеспечена определенной управляющей программой с соответствующими макрокомандами. Если управляющая программа составлена хорошо, программист может думать лишь об обработке одного сообщения и не учитывать дру-

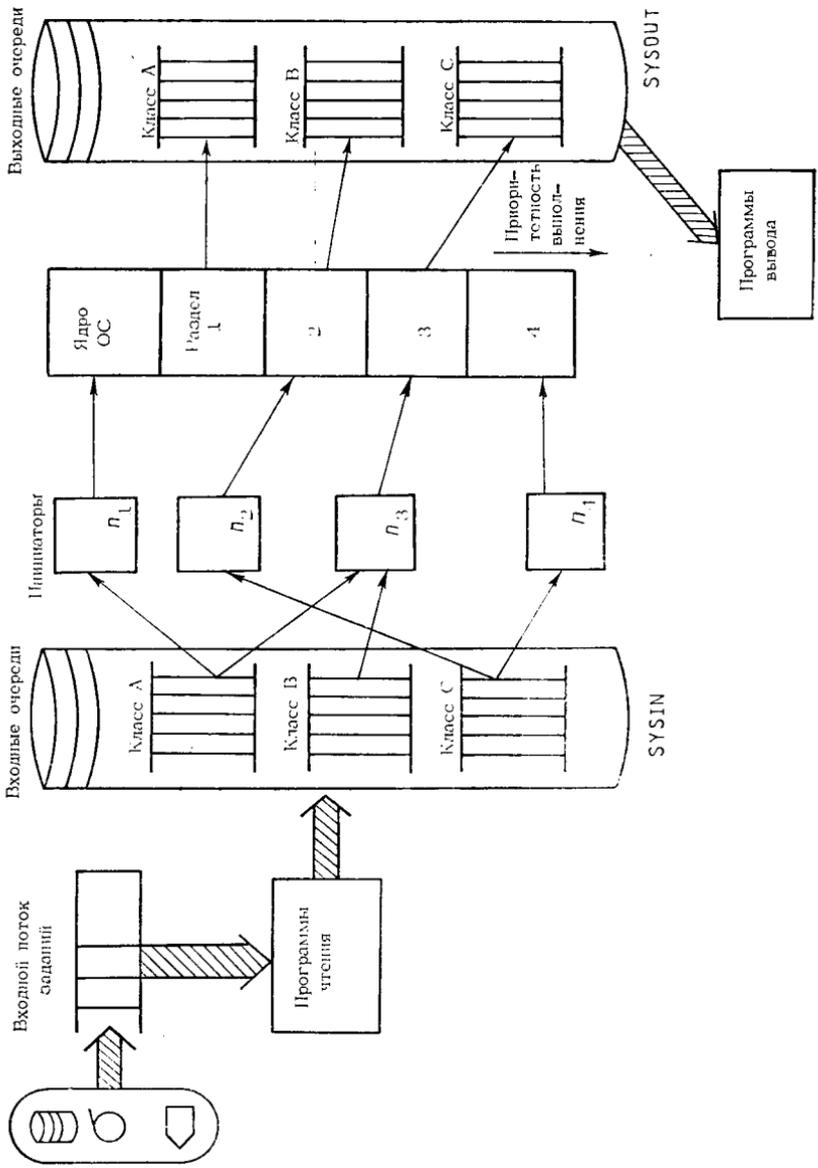


Рис. 5.15. Схема функционирования ОС ЕС

гие сообщения, которые поступают в систему в это же время. Он не должен учитывать время на ввод-вывод в своей программе, так как это будет выполняться управляющей программой. Но вместе с помощью от управляющих программ программист испытывает и затруднения, которые вызваны налагаемыми ограничениями. Они необходимы в том случае, если несколько программ используют

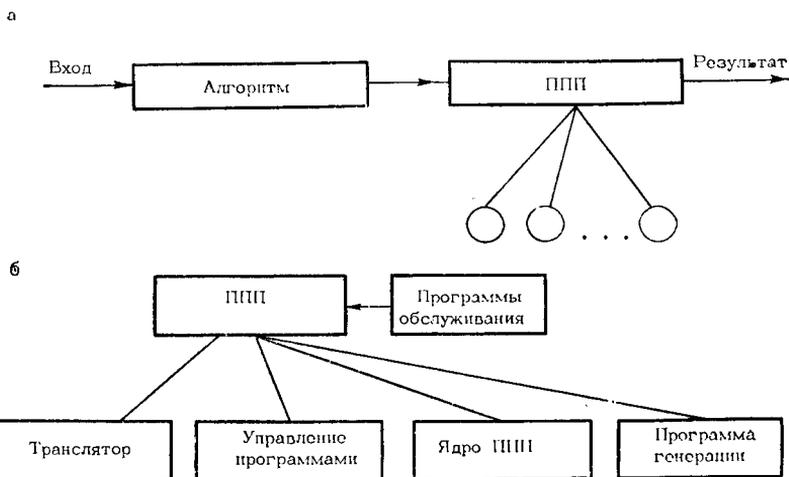


Рис. 5.16. Структура ППП:
а — простая; б — сложная

одни и те же средства. Ограничения значительно меняются в зависимости от системы. Они должны быть точно сформулированы разработчиками внутреннего программного обеспечения.

К типичным ограничениям относятся следующие: прикладная программа не может использовать оперативную память вне предназначенного для нее участка; в прикладных программах никогда не могут выполняться команды ввода-вывода и команды, вызывающие прерывания (применяются только определенные макрокоманды); прикладная программа может быть ограничена во времени, в течение которого она занимает процессор, и т. д.

5.6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Часто программист сталкивается с проблемой выбора языка программирования.

Для выбора языка программирования руководствуются следующими соображениями: классом задачи, технологией разработки программ, качеством, особенностями и возможностями языка, а также возможностями операционной системы, наличием описания и пакетов программ. Но часто степень распространения языка программирования и его использование определяются не вышеприве-

денными критериями, а сложившейся практикой и технической политикой.

В настоящее время в ЕС ЭВМ, а значит, и в АСУ применяются следующие языки: АССЕМБЛЕР — машинно-ориентированный язык; АЛГОЛ-60 — разработанный для решения научных задач; ФОРТРАН — для научно-технических задач; КОБОЛ — специализирующийся на обработке данных; ПЛ-1 — являющийся универсальным языком. Предполагается использование языков АЛГОЛ-68, ПАСКАЛЬ, АДА.

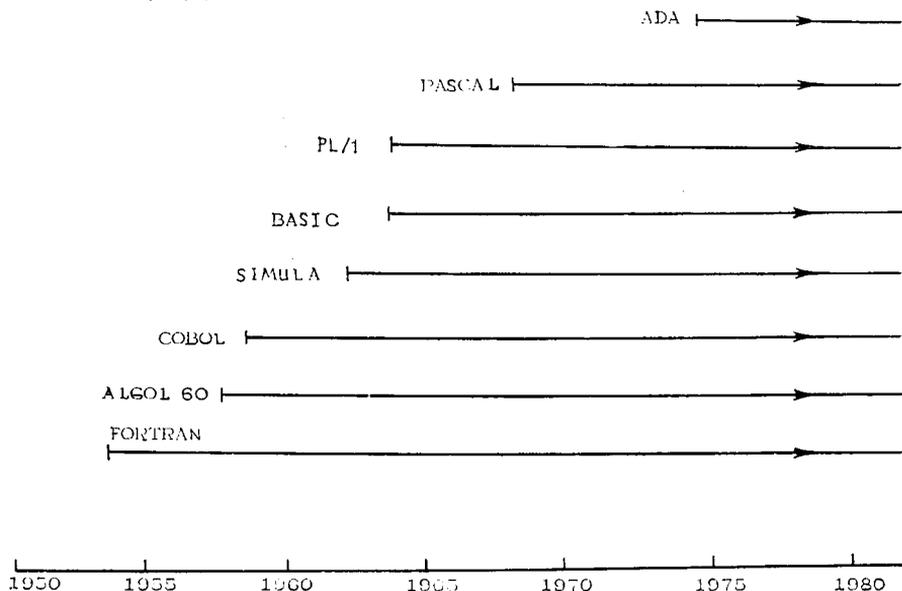


Рис. 5.17. Хронологическая схема появления языков программирования

Наибольшее применение в системах автоматизированного управления находит язык КОБОЛ, так как это первый язык обработки данных, т. е. качество, незаменимое для обеспечения функционирования АСУ. Появился он в конце пятидесятых годов, практически сразу после ФОРТРАНА и АЛГОЛ-60. Расположение языков программирования в хронологическом порядке приведено на рис. 5.17.

Языковые средства вступают за техническими и потребностями потребителей претерпевают изменения, которые могут проходить двумя путями — революционным и эволюционным. Первому свойственно рождение абсолютно новых языков программирования или появление новых языков на базе уже существующих. Второй путь, эволюционный, характеризуется «ростом» какого-либо языка, созданием все более совершенных или специализирующихся версий. Яркий пример тому — цепочка ФОРТРАН-2 — ФОРТРАН-4 — ФОРТРАН-77.

У каждого языка программирования есть явные сторонники. Тем не менее выбор бывает ошибочным. В СССР выбор языка

ФОРТРАН для системы автоматизированного проектирования несколько неудачен, поскольку ФОРТРАН — лишь механическое объединение языковых средств и конструкций.

АЛГОЛ-60 — первый язык, породивший АЛГОЛ-68 и ПЛ-1 (рис. 5.18). АЛГОЛ-68 является формальной базой для построения отдельных языков программирования, как бы логическое обобщение опыта программирования. Перспективными языками считаются ПАСКАЛЬ и АДА. Язык АДА создан на базе языка PASKAL в 1975 г., он учитывает технологию программирования и языки моделирования GPSS, SIMULA, DINAMO и т. д.

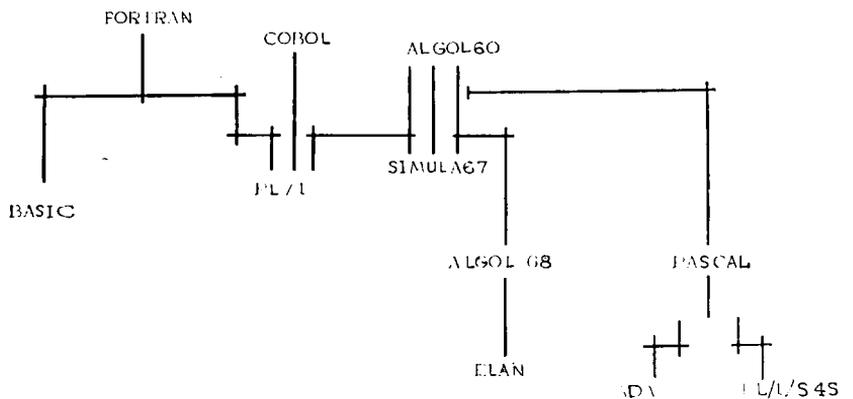


Рис. 5.18. Механизм появления новых языков на базе существующих

АССЕМБЛЕР применяется узким кругом квалифицированных программистов в специально обусловленных случаях. Он позволяет использовать потенциальные возможности ЭВМ и реализацию наиболее эффективных программ.

Кроме соображений по выбору языка, приведенных в начале параграфа, на выбранный язык программирования налагается основное требование — наличие связи с ОС (в ЭВМ I и II поколений программа работала в среде операционной системы (см. рис. 5.15)). Связь с ОС нужна для запросов к обстановке: текущая дата, разрядность, память; возможность обработки аномальных ситуаций (прерываний).

КОБОЛ — первый язык, имеющий возможности обработки прерываний, возможность параллельного вычисления, возможность введения новых типов объектов и операций над ними.

Традиционные языки имеют фиксированные типы объектов и операций. В АЛГОЛ-68 введены обобщающие понятия поименованных объектов и иерархии наименований.

В заключение обратим внимание на то, что производство и эксплуатация ПО АСУ в настоящее время приобретает черты, характерные индустриальной технологии. В этой сфере деятельности во всем мире заняты миллионы людей, а ежегодные затраты на раз-

работку программ и языков оцениваются десятками миллиардов долларов. К примеру, на создание языка АДА в США было выделено 3 млрд долларов.

Основной массе потребителей АСУ никогда не потребуется создавать самостоятельно все программное обеспечение. Эта проблема решается с помощью специализированных организаций. Однако знания основ технологии производства, содержания, назначения и эксплуатации программной продукции необходимы самому широкому кругу пользователей. Это позволит выбрать из имеющегося ассортимента нужную программу, корректно сформулировать спецификации, оценить результаты тестирования готовой программы.

Низкая эффективность процесса создания программ влечет за собой большие потери материальных средств, завышает сроки работ и, главное, не позволяет достичь высокого качества программ. Дилетантский подход к решению такого важнейшего вопроса, как обеспечение надежности программных средств, может стать источником различных отрицательных последствий. Многочисленные широко известные факты свидетельствуют о том, что подобная проблема оказалась чрезвычайно трудной даже для профессионалов высшего класса.

6. ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ АСУ

6.1. СПЕЦИФИКА ВВОДА АСУ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Ввод АСУ и ее подсистем в эксплуатацию осуществляется путем постепенного перехода от существующих методов «ручного» управления к методам автоматизированного управления. Обычно он проводится силами организации-заказчика при участии разработчика. Их взаимодействие происходит на основании договорных условий и плана-графика сдачи АСУ в промышленную эксплуатацию.

Ввод в эксплуатацию идет поэтапно — по мере ввода технических средств, способных к самостоятельному функционированию.

Познакомимся с основными этапами ввода отдельных функциональных подсистем и АСУ в целом:

1) подготовка предприятия к внедрению АСУ, включающая подготовку специалистов по обслуживанию АСУ, внесение изменений в структуру управления предприятием, создание единого нормативного хозяйства и системы кодов, материально-технической базы АСУ, монтаж и наладку технических средств;

2) разработка программ, инструкций и сдача их заказчику путем прорисовки контрольных примеров, оформление актов сдачи программ и инструкций;

3) издание приказа по предприятию о начале опытной эксплуатации АСУ;

4) опытная эксплуатация отдельных задач, их комплексов и подсистем АСУ, а также сдача их в промышленную эксплуатацию;

5) проведение приемо-сдаточных испытаний;

6) приемка АСУ в промышленную эксплуатацию и оформление акта приемки.

Состав и очередность реализации перечисленных этапов определяются согласованными планами-графиками ввода в эксплуатацию, в которых отражаются состав и сроки выполнения работ.

Рассмотрим обязанности, которые лежат на заказчике и разработчике АСУ на этапе ввода в эксплуатацию, от выполнения которых зависят сроки ввода и качество дальнейшего функционирования АСУ.

Заказчик должен завершить выполнение организационно-технических мероприятий по подготовке предприятия к внедрению; обеспечить ввод в эксплуатацию технических средств; издать приказ и оформить план-график проведения опытной эксплуатации АСУ; осу-

ществуем опытную эксплуатацию комплексов задач АСУ на фиктивных и реальных данных и приемку их в промышленную эксплуатацию; внести изменения в организационную структуру предприятия в соответствии с проектом АСУ; согласовать программу приемодаточных испытаний; подготовить приказ по составу приемочной комиссии и организовать ее работу.

Разработчик должен корректировать техническую документацию по результатам опытной эксплуатации, принимать участие в разработке программы испытаний АСУ и сдаче комплексов задач и подсистем АСУ в промышленную эксплуатацию, осуществлять руководство, участвовать в работе комиссии по приемке АСУ.

Приемочная комиссия организует работу рабочих групп, проверку отдельных подсистем, расчетов экономической эффективности и подготовку актов приемки АСУ. Проверка условий эксплуатации, режимов работы технических средств проводится одновременно с проверкой функционирования комплексов задач. Подготовленность персонала определяется должностными инструкциями и программой обучения. Результаты проверки обсуждаются на рабочих совещаниях и оформляются протоколами.

Завершающим этапом работы приемочной комиссии является составление акта, в котором указываются: состав комиссии, должности и места работы членов комиссии, дата приемки, состав проектировщиков АСУ, приказ (распоряжение) о проведении приемки, перечень предъявленной документации и ее оценка, готовность всех видов обеспечений и функциональных подсистем АСУ, сведения об экономической эффективности, выводы комиссии о возможности приемки АСУ, рекомендации по дальнейшему развитию АСУ.

Акт приемки подписывается председателем и всеми членами комиссии. Дата подписания акта комиссией считается датой ввода АСУ в промышленную эксплуатацию.

6.2. РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ РУКОВОДИТЕЛЕЙ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Внедрение новой хозяйственной системы и переход к рыночным отношениям изменяют поведение хозяйственного руководителя в управленческой практике и его потребности в информации, получаемой от АСУ.

В представленных табл. 6.1, 6.2 отражен опыт анализа перемен в организациях при переходе от централизованной к децентрализованной макромодели управления.

Табл. 6.1. Изменения свойств модели управления организациями⁷ при переходе от централизованной к децентрализованной макромодели

Свойства модели	Модель управления народным хозяйством	
	централизованная	децентрализованная
1	2	3
Специализация руководителей	Узкая специализация. Основной специализации является декомпозиция целей на подцели. Специализация осуществляется в области подцелей	Широкая специализация. Ориентация на цели всей организации. Возрастает роль группового решения проблем управления
Квалификация руководителей	Специализированная. Знание и профессиональный опыт направлены на реализацию частных подцелей	Универсальная. Знание и профессиональный опыт направлены на цели всей организации
Отношение к реализации задач	Абстрактный характер поведения. Акцентируется на отдельных задачах, несмотря на их связь с общей целью хозяйственных организаций (ХО)	Реалистический характер поведения через призму общей цели ХО. Каждая задача выполняется в связи с условиями реализации общей цели
Характер координации	Технический. На каждом уровне иерархии и для каждой задачи координация осуществляется соответствующим руководителем, ответственным за выполнение собственных задач	Автоматический. Координация выражается в непрерывной адаптации ЛПР к существующим условиям в коллективе и во всей ХО. Она вытекает из принципа многообразия взаимодействия (особенно в группе, а не только по линии руководитель — подчиненный)
Особенности рабочего места руководителя	Интерпретируется как совокупность точно определенных прав, обязанностей и ответственности. Переход в сферу компетенции не допускается. Полномочия описаны подробно	Интерпретируется как расплывчатое описанное поле активности. Компетентности можно и даже рекомендуется не соблюдать. Полномочия описаны в общих чертах
Ответственность	Ответственность рассматривается как выполнение указанных обязанностей	Ответственность определяется степенью реализации целей
Характер контроля и авторитарности	Иерархическая структура контроля и власти. Стимулы и санкции вытекают из формальной власти	Комплексная структура контроля и власти. Стимулы имеют внутренний характер. Вытекают из общих интересов и достижения целей ХО
Место и характер организации власти	На высшем уровне управления ХО. Главный руководитель «обладает» всей информацией и принимает все решения по всем вопросам функционирования ХО. Минимальное делегирование решений	Везде, в зависимости от задач и условий их выполнения. Понятие «высшее руководство» определено не точно. Обладание всей информацией — привилегия высшего руководства. Центром принятия решения, контроля, каналом связи и власти становится тот, кто лучше всего может решить данную проблему. Делегирование решений

1	3	4
Информационные связи	Преимущественно вертикальные. Основное — приказ сверху и отчет снизу. Это в основном относится к формальной информации	Горизонтальные и диагональные — на одном уровне управления или между уровнями без отношения руководитель — подчиненный. Формальные и неформальные связи явные и имеют одинаковый вес
Место инструкций в управлении	Большое. Инструкции как приказы и предписания для их выполнения являются основным инструментом в управлении	Инструкции формируют основу для управления, но не имеют характера инструмента. Информационные взаимоотношения имеют характер сведений о проблеме или советов о способах их решения
Участие в управлении	Базируется на лояльности и исполнительности	Базируется на технологическом способе выполнения задач

Табл. 6.2. Изменения в информационных системах организаций при переходе от централизованной к децентрализованной макромодели

Критерии	Модель управления народным хозяйством	
	централизованная	децентрализованная
1	2	3
Периодичность информации	Ориентация на описание состояния в определенный момент. Динамика явлений в ХО сводится к сравнению состояния в выбранный момент текущего года с предыдущим годом. Перспективные планы, включая и пятилетние, имеют низкую практическую значимость	Ориентация на рассмотрение явлений в их динамике на базе анализа тенденций для явлений как в перспективе, так и в ретроспективе. Ведущие планы — пятилетние и перспективные
База данных (БД)	Преобладает ориентация на организационную структуру, представленную потребителями информационной системы. Это приводит к формированию отдельных информационных потоков, не зависящих друг от друга. Так, спроектированные системы с трудом базируются на единой БД (словари, каталоги)	Проблемная ориентация с акцентом на «общие» поисковые системы для двух или более звеньев. Тенденции к унификации и единству БД рассматриваются в рамках целой ХО, а информационная система облучивает большие ее фрагменты
Язык описания явлений	Объективный язык или близкий к объектному. Им описывается первичная и вторичная информация. Ориентация на описание предметов или агрегированных предметов. Малая доля метаязыка (т. е. описания пропорций и взаимоотношений между явлениями) и метаинформации. Частичное применение хозрасчета под воздействием детализированных норм	Наращение доли метаязыков и метаинформации, т. е. предпочтение описанию пропорций и зависимостей между явлениями. Это результат использования разных методов и видов хозрасчета
Алгоритмизация	Простые алгоритмы (четыре арифметических действия, проценты, средние арифметические, простые логические операции)	Сложные алгоритмы (математико-статистические методы, математико-экономические методы, исследование операций, математико-эвристические методы, необходимые для вариантного поискового рабочего места, связанные с выбором политики, стратегии и пр.)
Формализация информационных потоков	Почти исключительное использование массовой, стандартной и рутинной по содержанию, форме и периодичности программируемой информации. Низкая достоверность данных, сравнительно большой период ожидания вторичной информации. Тенденция к использованию информации, подробной по содержанию и точной по количеству	Кроме массовой стандартной информации, широко используется специальная дополнительная по «заявкам». Возрастает достоверность, несмотря на снижение надежности из-за работы с гипотезами, приближенными экспертными оценками. Возрастает роль агрегированной информации. Уменьшается время

1	2	3
	венной характеристике явлений. Преимущественно документальное представление информации	получения обработанной информации
Информационные потоки	Центральное место занимают информационные потоки, описывающие «внутренность» ХО. Недостаточность информации о состоянии и тенденциях развития внешней среды. Эти информационные потоки не имеют стабильного характера и появляются в основном при «доказательстве объективных трудностей»	«Внутренние» информационные потоки существуют, но в сочетании с потоками от внешней среды. Значительный рост потоков от динамической внешней среды, содержащих в основном НТИ, экономическую и рыночно-ценовую информацию
Направление информационных потоков	Преобладают вертикальные потоки — постановка задач и отчет о их выполнении	Вертикальные потоки ограничены. Вертикально поданная информация не имеет директивного характера. Она содержит хозяйственные, политические и другие условия. Возрастает значение горизонтальных, диагональных и перекрестных информационных потоков
Семантика	Преобладает отчетно-контрольная информация. Слабо используется аналитическая информация, часто для прикрытия ненадежного функционирования и переоценки достижений. Директивная информация связана с короткими плановыми периодами	Отчетно-контрольная информация ориентирована на соответствующий уровень и зависит от места ХО во внешней среде. Растет роль аналитической информации, ориентированной как на ХО в целом, так и на ее части. Растет роль прогнозной информации
Интегрированне	Низкое из-за слабо развитой БД. Частые изменения в методах вычисления. Отсутствие сравнимости в основных оценках и методологии. Низкая степень интегрирования методов формирования информационных потоков. Преобладает удовлетворение текущих информационных потребностей	Высокое. Развитая БД. Развитые методы приведения данных к относительной сравнимости. Стабилизирование методов вычисления. Интеграция методов формирования информационных потоков. Нарастает потребность в информации о долгосрочных и стратегических целях
Общая цель	Оперативное управление и регулирование	Стратегическое управление

6.3. СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ АСУ

Рассматривая социально-психологические (СП) аспекты разработки и функционирования АСУ, следует остановиться по крайней мере на трех проблемах: роли СП факторов в процессе проектирования АСУ; СП последствиях внедрения АСУ; создании специальных подсистем для управления социальными процессами на предприятии.

Опыт применения средств вычислительной техники показал, что игнорирование человеческого фактора резко снижает эффективность новой техники. Реализация рекомендаций, накопленных в рамках инженерной психологии, позволила резко увеличить эффективность новых систем управления. Однако для сложных АСУ инженерно-психологических рекомендаций оказалось недостаточно, возникли новые проблемы.

Специалисты в области АСУ столкнулись с различными психологическими барьерами, порожденными необходимостью психологической перестройки деятельности, вплоть до качественного изменения процессов принятия решений. В условиях АСУ расширилось число типов контроля, значительно увеличилась гласность информации и действий, что также сказалось на отношении к новым системам, ибо породило своеобразную боязнь потери «степени свободы». Появилась необходимость систематического пополнения знаний, постоянного овладения новыми навыками. Резко повысились требования к профессиональным качествам специалистов, изменилось само положение людей в системе управления, что привело к перестройке взаимоотношений в коллективе, к значительному усложнению СП аспектов производства.

Сложность появившихся СП проблем выпадает в большинстве случаев из поля зрения специалистов (по крайней мере они не нашли еще должного отражения в существующих методических пособиях), что приводит к снижению эффективности разработок и эксплуатации АСУ.

В этой связи возникают следующие вопросы:

1) поскольку качество АСУ закладывается на стадии проектирования, на проектировщиков ложится основная ответственность за судьбу системы, в связи с чем необходимо разрабатывать требования как к каждому разработчику, так и к организации и функционированию коллективов разработчиков АСУ;

2) непрерывное появление новых методов проектирования АСУ требует постоянной перестройки, переучивания, развития у разработчиков чувства нового. Нужен тщательный учет СП факторов при организации коллективов разработчиков;

3) предпроектный этап создания АСУ связан с обследованием предприятия. Один из основных приемов обследования — интервьюирование — требует от разработчиков определенных качеств: умения общаться и убеждать в преимуществе автоматизированных си-

стем. Естественно, залогом успешной работы является высокая квалификация разработчика;

4) изменение методов получения, передачи и обработки информации ведет к появлению новой системы отношений, сложившихся на производстве: меняется функциональная ориентация одних должностных лиц, вводятся новые должности, потребность в некоторых отпадает. Возникает необходимость учета СП факторов при таких изменениях.

Таким образом, опыт создания АСУ побуждает обратить внимание на социально-психологическое обеспечение процесса разработки систем, в ходе которого должны решаться следующие задачи:

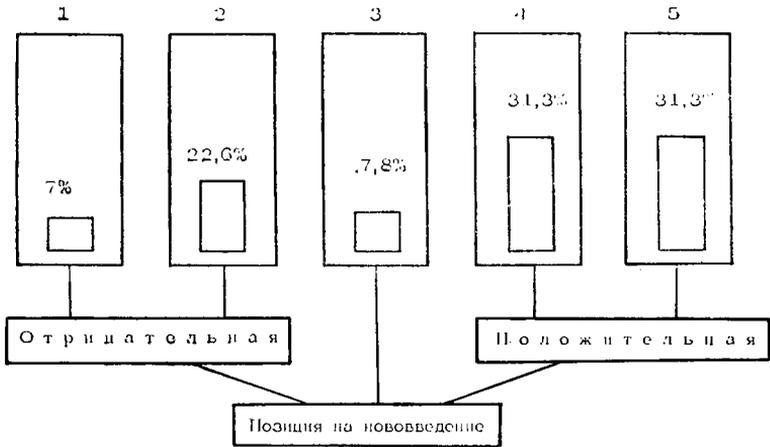


Рис. 6.1. Разделение персонала организации в зависимости от их отношения к нововведениям:

1 — противники; 2 — скептики; 3 — «нейтралы»; 4 — сторонники; 5 — энтузиасты

1) формулировка квалификационных требований к разработчикам с учетом СП особенностей создания, внедрения и функционирования АСУ;

2) разработка рекомендаций по учету на стадии проектирования СП факторов, связанных с изменением методов реализации процедур управления;

3) создание психологической атмосферы, благоприятствующей формированию положительного отношения к новым методам разработки систем;

4) преодоление психологических барьеров у разработчиков и пользователей;

5) создание системы морального и материального стимулирования разработчиков в использовании новых методов работы и в постоянном повышении профессионального уровня;

6) разработка рекомендаций по составлению планов социально-го развития коллективов разработчиков АСУ.

Благоприятность ситуации для внедрения зависит от величины психологического барьера. Чем меньше сила сопротивления нововведению, тем благоприятнее ситуация внедрения и наоборот (рис. 6.1).

Расчет силы сопротивления нововведению, т. е. величины психологического барьера, предлагается проводить по формуле

$$П = 1 - \frac{(0P_1) + (1P_2) + (2P_3)}{2P},$$

где P_1 — количество работников, отрицательно относящихся к нововведению; P_2 — количество работников, занявших нейтральную позицию; P_3 — количество работников, положительно относящихся к нововведению.

Возможный диапазон значений показателя от 0 до 1. При отсутствии сопротивления показатель $П$ стремится к нулю, а при нарастании силы сопротивления (величины психологического барьера) — к единице.

С помощью величины $П$ определяется характер сложившейся ситуации для внедрения по шкале, которая приведена в табл. 6.3.

У значительной части персонала складывается неправильное представление об изменении объема работы после окончательного

Табл. 6.3. Зависимость ситуации для внедрения АСУ от силы сопротивления

Ситуация для внедрения	Сила сопротивления (величина $П$)
Очень благоприятная	0—0,2
Благоприятная	0,21—0,4
Средняя степень благоприятности	0,41—0,6
Неблагоприятная	0,61—0,8
Очень неблагоприятная	0,81—1

внедрения АСУ, а именно об его увеличении. Такое искаженное представление может усилить психологический барьер и тем самым затруднить внедрение АСУ. Поэтому необходимо проводить разъяснительную работу о действительном изменении объема деятельности. Особое внимание следует обратить на изменение структуры выполняемых работ: увеличивается количество содержательных операций и уменьшаются рутинные, монотонные работы, что ведет в конечном итоге к большей гуманизации труда.

6.4. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ АСУ

Широкое внедрение АСУ в различных областях народного хозяйства предъявляет повышенные требования к организации планирования и управления при ее разработке. Однако планирование

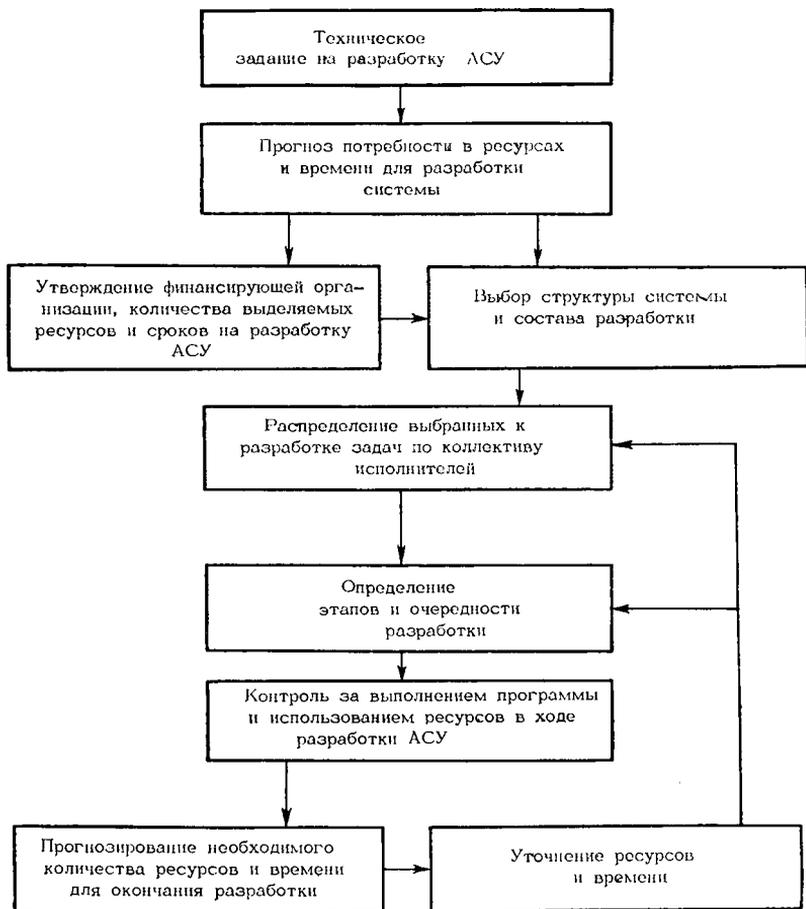


Рис. 6.2. Основные этапы процесса управления ресурсами при разработке АСУ

и управление разработкой АСУ осуществляются в основном на интуитивном уровне. Это приводит к увеличению сроков разработки системы, удорожанию процесса разработки и внедрения. Получение эффекта от внедрения АСУ затягивается. Возникает необходимость в формализации, оптимизации и автоматизации процессов планирования и управления разработкой и внедрением АСУ.

По результатам анализа существующей системы составляют перечень первоочередных задач. Необходимо определить такой перечень задач, который дает максимальный экономический эффект. Задачу при этом называют «Задачей составления титульного списка». После составления титульного списка возникает задача 2-го типа, заключающаяся в определении времени начала работ по раз-

работке и внедрению задач титульного списка, сроков их внедрения и распределения ресурсов.

Планирование работ по созданию АСУ на начальных этапах разработки происходит при недостаточной информации относительно возможностей коллектива и трудоемкости задач. Поэтому необходимо предусмотреть возможность корректировки и уточнения планов в ходе разработки системы. Часто до начала официальной разработки АСУ часть работ по ее созданию уже выполнена, что необходимо учитывать при планировании.

На рис. 6.2 представлены основные этапы процесса управления ресурсами при разработке АСУ. Процесс управления ресурсами состоит из комплекса взаимосвязанных задач, большинство из которых трудноформализуемы и сводятся к принятию индивидуальных или коллективных решений с использованием ЭВМ. При этом применяют математические модели и методы оптимизации.

Рассмотрим задачи оптимизации, возникающие при планировании разработки и определении очередности и этапности создания подсистем АСУ. Задачу составления титульного списка можно сформулировать в следующем виде.

Необходимо максимизировать линейную форму:

$$L = \max \sum_{i=1}^I a_i x_i$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^I W_{ij} x_i \leq \int_0^T R_j(t) dt, \quad j = \overline{1, J};$$

$$\sum_{i=1}^I r_{ij}^B x_i \leq \max R_j(t), \quad j = \overline{1, J};$$

$$\frac{W_{ij}}{r_{ij}^B} \leq T, \quad i = \overline{1, I}; \quad j = \overline{1, J}.$$

Здесь I — число задач, содержащихся в полном списке; i — номер задачи; T — заданное время разработки и внедрения АСУ; J — количество видов ресурсов, необходимых для разработки и внедрения АСУ; j — индекс ресурсов; $R_j(t)$ — поток j -го ресурса, поступающего в систему для разработки и внедрения АСУ ($0 \leq t \leq T$); $r_{ij}(t)$ — выделяемый ресурс j -го вида для разработки и внедрения i -й задачи; $r_{ij}^B(t)$ — максимально допустимое значение $r_{ij}(t)$; $W_{ij} = \int_0^T r_{ij}(t) dt$ — общая потребность j -го ресурса для i -й задачи; a_i — ожидаемый эффект от внедрения i -й задачи;

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я задача включается в титульный список;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

В такой постановке при $j=1$ задача сводится к известной в целочисленном программировании «задаче о ранце».

Проблема определения сроков внедрения задач титульного списка (задача 2-го типа) сводится к следующей постановке.

Необходимо максимизировать

$$L = \max \sum_{i=1}^n \varphi_i(\rho_i),$$

где n — задачи, включенные в титульный список; ρ_i — момент внедрения i -й задачи; φ_i — функция эффективности i -й задачи.

Решить эту задачу нетрудно, если φ_i представляет собой линейную функцию. Тогда критерий имеет вид

$$L = \max \sum_{i=1}^n a_i (T - \rho_i)$$

при выполнении следующих ограничений:

$$\sum_{i=1}^n r_{ij}(t) \leq R_j(t), \quad j = \overline{1, J};$$

$$\int_{\alpha_{ij}}^{\rho_{ij}} r_{ij}(t) dt = W_{ij}, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J};$$

$$\max \rho_i \leq T.$$

Здесь a_{ij} — момент начала потребления j -го ресурса для i -й задачи; ρ_{ij} — момент его окончания; ρ_i — момент окончания разработки i -й задачи.

Для решения задачи может быть использован метод ветвей и границ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Один из важнейших путей улучшения управления — автоматизация его на основе широкого внедрения экономико-математических методов и средств вычислительной техники. Работы по использованию ЭВМ в управлении в нашей стране начались около 25 лет назад. В начале 60-х годов в СССР впервые было употреблено понятие «автоматизированная система управления».

Разработка АСУ осуществляется коллективами НИИ, проектных и конструкторских организаций, учебных заведений, предприятий. Однако процесс этот нельзя считать завершенным. В настоящее время необходима выработка путей улучшения создания АСУ.

В нашей стране принята обширная программа всеобщего компьютерного обучения, которая должна привести к большим социально-экономическим последствиям. Это обстоятельство не может не сказаться на характере деятельности специалистов, занятых проектированием и эксплуатацией АСУ. Представляется, что развитие будет идти в различных направлениях.

Рост масштабов производства и усложнение управления экономикой предопределили необходимость создания суперЭВМ — многопроцессорных машинных комплексов со скоростью вычислений, достигающих нескольких сотен миллионов операций в секунду. Их применение позволит, в частности, решать сложнейшие экономические задачи.

В то же время тенденции к микроминиатюризации вычислительной техники, стремление предоставить возможность работы с ней каждому специалисту конкретной области привели к появлению и широкому распространению персональных ЭВМ.

Сфера применения персональных ЭВМ велика. Новым перспективным направлением их использования является организация автоматизированных рабочих мест специалистов в экономике, технике и науке.

Разработка и внедрение персональных ЭВМ — новый этап в развитии вычислительной техники в нашей стране, который в сильной степени будет влиять на методы проектирования АСУ.

Важным моментом является возрастающая активность пользователя, его умение самостоятельно обращаться к системе, формулировать и решать относительно простые задачи. Постепенно изменится традиционное представление о технической документации АСУ — проектирование будет осуществляться по «безбумажной» технологии.

Новые тенденции наметились в области программного обеспечения. Основным направлением стало создание рациональных способов производства программной продукции, эффективных и высокопроизводительных форм ее эксплуатации. Большое внимание уделяется разработке непроцедурных языков программирования, обеспечивающих возможность применения вычислительной техники непрофессионалами в области проектирования АСУ.

Начаты работы в направлении повышения уровня интеллектуальности систем обработки данных. В этой связи ведутся теоретические и экспериментальные работы по экспертным системам. Специалисты, занимающиеся проблемой экспертных систем, возлагают на них большие надежды в связи с их принципиальной возможностью превратить ЭВМ из традиционного вычислителя во всестороннего и незаменимого помощника и советчика человека. Основой построения информационной базы АСУ по-прежнему остаются интегрированные базы данных. Однако сейчас они не воспринимаются как универсальное средство автоматизации управления. Наметилась тенденция разумного использования баз данных там, где они себя оправдывают, включая и распределенные базы данных.

Переход к гибким автоматизированным производствам с безлюдной технологией, развитие систем автоматизированного проектирования выпускаемой этими производствами продукции, возможность создания интегрированных автоматизированных систем управления приведут к коренному изменению содержания многих традиционных подсистем АСУП.

С развитием средств вычислительной техники будут меняться и совершенствоваться методы и средства проектирования АСУ. Созданию разнообразных систем автоматизированного проектирования АСУ уделяется в настоящее время большое внимание.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

Мамиконов А. Г. Основы построения АСУ.— М.: Высш. шк., 1981.— 248 с.

Мамиконов А. Г. Проектирование АСУ.— М.: Высш. шк., 1987.— 303 с.

Модин А. А., Яковенко Е. Г., Погребной Е. П. Справочник разработчика АСУ.— М.: Экономика, 1978.— 582 с.

Рахимов Т. Н., Заикин О. А., Советов Б. Я. Основы построения АСУ.— Ташкент: Укитувчи, 1984.— 376 с.

Советов Б. Я. Основы построения АСУ.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975.— 134 с.

Дополнительная

АСУ в строительстве/Под ред. А. И. Смирнова.— Л.: Стройиздат, 1980.— 224 с.

Балагин В. В., Кротюк Ю. М. Текст лекций по курсу «Проектирование автоматизированных систем управления».— Мн.: Минвуз БССР, 1988.— 102 с.

Бусленко В. И. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем.— М.: Наука, 1977.— 239 с.

Внедрение автоматизированной системы управления производством на базе пакетов прикладных программ/Э. М. Бенецкий, Г. А. Морозов, Л. А. Оболенский, В. А. Черноиванов.— М.: Статистика, 1980.— 135 с.

Глушков В. М. Основы безбумажной информатики.— М.: Наука, 1982.— 552 с.

Зажарский А. И., Строцев Ю. В., Голоднов В. И. Техническое обеспечение АСУ.— Мн.: Высш. шк., 1974.— 367 с.

Котов В. Е. Сети Петри.— М.: Наука, 1984.— 160 с.

Мамиконов А. Г., Цвиркун А. Д., Кульба В. В. Автоматизация проектирования АСУ.— М.: Энергоиздат, 1981.— 327 с.

Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах.— М.: Мир, 1980.— 662 с.

Модин А. А. Основы разработки и развития АСУ.— М.: Наука, 1981.— 279 с.

Морозов В. П. Особенности проектирования систем обработки экономической информации на базе ЕС ЭВМ.— М.: Финансы и статистика, 1983.— 271 с.

Пелипенко В. Ф., Утевский М. Б. Информационное обеспечение АСУ. — Мн.: Выш. шк., 1983. — 301 с.

Проектирование подсистем и звеньев автоматизированных систем управления/Под ред. А. Г. Мамиконова.— М.: Выш. шк., 1975.— 248 с.

Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование сложных систем.— М.: Выш. шк., 1985.— 271 с.

Хотяшов Э. Н. Проектирование машинной обработки экономической информации.— М.: Финансы и статистика, 1987.— 247 с.

Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука.— М.: Мир, 1978.— 418 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автомат абстрактный 200
— вероятностный 204, 205
— конечный 201
- Активность 211
- Анализ и учет оперативный 134
— предпроектный 47
- Аспекты социально-психологические 232
- Атрибут 190
- База данных 161, 168, 183
— информационная 53, 58, 159
— системы управления 162
- Банк данных 183
- Бит 168
- Блок функциональный стандартный 27
- График вероятностный 129
— детерминированный 129
— многоцелевой 128
— одноцелевой 128
— сетевой 128
- Данные 167
- Декомпозиция предметная 77
- Дерево двоячное 187
— сбалансированное 185
- Документ 163
— входной 164
— выходной 164
- Домен 190
- Запись логическая 168
— физическая 168
- Извлечение данных 192
- Информационно-вычислительный центр 59
- Информация 168
- Кибернетика 25
- Классификаторы межотраслевые 181
— отраслевые 181
— предприятий 182
— республиканские 181
- Классификация информации 168
- Кодирование 172
— графической информации 172
— помехозащитное 172
— посимвольное 172
— семантическое 172
- Комплекс инструментальный 91
— оперативный 91
- Комплексность 23
- Кортеж 190
- Лицо, принимающее решение 12
- Массив 164
— выходной 164
— накапливаемый 164
— хранимый 164
- Метод иерархический 168
— комбинированный 169
— проектирования 61

- — автоматизированный 63
- — — модельный 64, 83
- — оригинальный 62
- — типовой 62
- — — объектный 63, 82
- — — — групповой 83
- — — — подсистемный 63, 75
- — — элементный 62, 64
- сетевого планирования и управления 122
- фасетный 169
- Методы идентификации и классификации совмещенной 176
- — — — — раздельной 178
- кодирования информации 175
- — регистрационные 175
- управления 16
- Мероприятия по подготовке объекта к внедрению 57
- Модели массового обслуживания 205
- Моделирование имитационное 84
- Модель сетевая 123
- Модуль алгоритмический 67, 70
- программный 67

- Наполнение системное 78
- функциональное 77
- Нормализация 190

- Обеспечение АСУ информационное 53, 106, 159
- — лингвистическое 106
- — математическое 106
- — программное 55, 106
- — — общее 55
- — — специальное 55
- — — техническое 106
- Обоснование выбора задач 52
- проектных решений 51
- Объект управления 9

- Описание алгоритмов реализации задач 52
- выбора комплекса технических средств 54
- постановок задач 52
- Организация 21

- Пакет прикладных программ 77, 224
- — — назначения общесистемного 77
- — — — функционального 77
- Пакеты программ 216, 217
- План подетальный 136
- среднесуточный 137
- Планирование 12
- исходное 116
- календарное 134
- оперативное 133
- перспективное 13
- предварительное 115
- Подготовка производства техническая 113
- — технологическая 120
- Подсистема АСУ обеспечивающая 106
- — функциональная 106
- — исходных данных 90
- — оборудования вспомогательного 90
- — — основного 88
- — — текстовой документации 90
- Подход системно-кибернетический 23
- системный 22, 39, 40
- Показатель 165
- Поле 168
- Поток событий 206
- Принцип автоматизации документооборота 43
- генерации 78
- интерпретации 78
- единства информационной базы 43

- новых задач 40
- обеспечения непрерывного гибкого развития АСУ 43
- первого руководителя 42
- разделения функциональный 77
- совместности 43
- типовых решений 42
- человеко-машинный 42
- Программа обслуживания 218
- сортировки 218
- Программирование динамическое 200
- линейное 198
- нелинейное 200
- целочисленное 200
- Программное обеспечение 217
- — общесистемное 224
- — специальное 224
- Продукция реализованная 145
- Проект АСУ 60
- рабочий 46, 57
- технический 46, 50
- Путь 125
- критический 126
- Разнообразие системы 21
- Регулирование оперативное 134
- Режим автономный 91
- комплексный 90
- Реквизит 164
- Решение типовое проектное 65
- Связь потребителя с банком данных 192
- Сегмент 168
- Сеть информационная 197
- Петри 203
- Символ 168
- Синтез структуры АСУ 96
- Система 20
- абстрактная 24
- бездефектного изготовления продукции 149
- — труда 150
- кибернетическая 25
- классификации 169
- подетальная 134
- позаказная 134
- управления 59
- физическая 24
- Системы операционные 220
- программирования 218
- Системотехника 8
- Ситуация 21
- Снабжение материально-техническое 140
- Событие 124, 125, 209
- Состояние системы 21
- Структура 20, 96
- детерминированная 129
- кода 173
- — способ буквенный 173
- — — поразрядный 173
- — — табличный 173
- левосписковая 186
- организационная 21, 53
- реляционная 190
- сетевая 186
- случайная 129
- смешанная 129
- функциональная 53
- цепочная 186
- Субъект 9
- Таблица 190
- Технико-экономическое планирование 107
- Технология проектирования АСУ 46
- Том 168
- Узел 185
- Управление 9
- данными 192

- качеством продукции 148
- — — комплексное 150
- — межцеховое 134
- оперативное 118
- — основным производством 133
- сбытом и реализацией продукции 145

Уровень языков моделирования 216

Учет бухгалтерский 154

Файл 168

- иерархический 185

Функция анализа 15

- контроля 14
- координации 14
- мотивации 14

- организации 14
- управления 11

Цель 9

Часть АСУ обеспечивающая 106

- — функциональная 106

Эффективность АСУ экономическая 56

Язык заданий 78

- описания данных 191

Языки моделирования 215

- — специализированные 216
- программирования 213, 214

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Список сокращений	5
Введение	7
1. Управление и системы	9
1.1. Управление, основные понятия и определения	9
1.2. Проблемы управления	17
1.3. Понятие и определения системы	20
1.4. Системный и системно-кибернетический подходы к управлению и АСУ. Классификация систем	22
1.5. Принципиальные схемы сложных кибернетических систем	25
1.6. Примеры АСУ	30
2. Методология разработки АСУ	39
2.1. Принципы построения АСУ	39
2.2. Основные стадии создания АСУ	45
2.3. Организация проектирования АСУ	60
2.4. Основы промышленных методов разработки АСУ	64
2.5. Синтез структуры АСУ	96
2.6. Роль человека в АСУ	103
3. Функциональные подсистемы АСУ	106
3.1. Классификация и особенности функциональных подсистем	106
3.2. Подсистема технико-экономического планирования	107
3.3. Подсистема управления технической подготовкой производства	113
3.4. Подсистема оперативного управления основным производством	133
3.5. Подсистема управления материально-техническим снабжением	140
3.6. Подсистема управления сбытом и реализацией продукции	145
3.7. Подсистема управления качеством	148
3.8. Подсистема бухгалтерского учета	154
4. Информационное обеспечение АСУ	159
4.1. Основные понятия информационного обеспечения	159
4.2. Основные принципы и этапы создания ИО	161
4.3. Информационная база системы управления и ее структура	162
4.4. Основные понятия об информации и ее свойствах	167
4.5. Классификация информации	168
4.6. Кодирование информации	172
4.7. Основы организации и функционирования банков данных	183
5. Математическое и программное обеспечение АСУ	194
5.1. Значение моделей и математических методов при построении АСУ	194
5.2. Основные методы построения математических моделей	195
5.3. Имитационное моделирование производственных процессов	208
5.4. Состав и структура программного обеспечения	217

5.5. Особенности работы ЭВМ и операционных систем	220
5.6. Организация программирования	227
6. Ввод в эксплуатацию и управление разработкой АСУ	231
6.1. Специфика ввода АСУ в эксплуатацию	231
6.2. Развитие информационных потребностей руководителей в новых условиях хозяйствования	232
6.3. Социально-психологические аспекты внедрения АСУ	237
6.4. Современные методы планирования и управления разработкой АСУ	239
З а к л ю ч е н и е	243
Л и т е р а т у р а	245
Предметный указатель	247

Учебное издание

Балагин Валерий Валентинович

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий редакцией *Л. Д. Духвалов*

Редактор *С. С. Голод*

Младшие редакторы *В. М. Кушилевич,*
Л. С. Крумкачева

Художественный редактор *Ю. С. Сергачев*

Технический редактор *И. П. Тихонова*

Корректоры *Н. В. Кудрейко, Н. И. Бондаренко*

ІІБ № 2908

Сдано в набор 23.07.90. Подписано в печать 16.01.91.
Формат 60×90/16. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 16. Усл. кр.-отг. 16.
Уч.-изд. л. 17,7. Тираж 4900 экз. Заказ 562. Цена
2 р. 20 к.

Издательство «Вышэйшая школа» Государственного комитета БССР по печати. 220048, Минск, проспект Машерова, 11.

Набрано на Минском ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинате МППО им. Я. Коласа. 220005. Минск, ул. Красная, 23.

Отпечатано в типографии им. Франциска Скорины издательства «Навука і тэхніка». 220600, Минск, ул. Жодинская, 18. Зак. 439.

Балагин В. В.
Б20 Теоретические основы автоматизированного управления:
Учеб. пособие для вузов.— Мн.: Выш. шк., 1991.— 252 с.: ил.
ISBN 5-339-00343-4.

Рассмотрены вопросы методологии автоматизированного управления, описаны основные функциональные подсистемы АСУ и решаемые в них задачи, приведены сведения об информационном, математическом и программном обеспечении систем, вводе в эксплуатацию, планировании и управлении разработкой.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления», может быть полезно научно-техническим работникам, связанным с проектированием и внедрением АСУ.

Б 0605010201—008
М 304(03)—91 — 3—90

ББК 65.050.9(2)я73

ДЛЯ ЗАМЕТОК
