СГАУ: У (2)
Н593

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

А. А. Нечитайло, Е. Н. Петров

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(обзор методических материалов)

САМАРА 1994

СГАУ УД
Н593

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

А. А. Нечитайло, Е. Н. Петров

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(обзор методических материалов)

Материалы лекций

Самарский Государственный
аэрокосмический университет
№ 630743
Научно-техническая
библиотека

САМАРА 1994

УДК 658.5.011.56

Основы проектирования автоматизированных организационно-экономических систем: Учеб. пособие/*А. А. Нечитайло, Е. Н. Петров*. Самар. аэрокосм. ун-т. Самара, 1994. 138 с.
ISBN 5-230-16872-2.

Рассмотрены тенденции развития автоматизированных организационно-экономических систем. Освещены основные проблемы проектирования автоматизированных организационно-экономических систем. Кратко изложены общие сведения о системном подходе к проблеме.

Дана литература для углубленного изучения вопроса.

Пособие предназначено для студентов специальностей 0408 и 0701. Подготовлено на кафедре организации производства.

Табл. 6. Ил. 14. Библиогр.: 9 назван.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева

Рецензенты: канд. экон. наук, доцент каф-ры экономики и менеджмента СГАУ Н. В. Герман,
канд. экон. наук, доцент каф-ры организации пр-ва СГАУ С. Д. Смирнов.

ISBN 5-230-16872-2

© Самарский государственный аэрокосмический университет, 1994

1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Предмет и задачи курса

1.1. Влияние научно-технического прогресса на управление экономикой и организацией производства

Начиная со второй половины XX века, наблюдается резкое возрастание темпов развития научно-технического прогресса, который оказывает глубокое влияние на развитие экономики и усложнение управления производством и государством в целом.

Рассмотрим основные причины увеличения сложности управления экономикой.

1. Увеличение выпуска промышленной продукции и расширение ее номенклатуры и ассортимента.

В СССР, например, выпуск промышленной продукции удваивался примерно каждое десятилетие, а номенклатура изделий выросла за последние два — три десятилетия более, чем в десять раз; она исчисляется многими миллионами. А ведь за каждым наименованием изделий стоит целый комплекс задач управления (определение потребностей, планирование, материально-техническое снабжение и др.).

2. Усложнение выпускаемых изделий и технологии их производства.

Количественный рост выпуска продукции сопровождается совершенствованием ее качества, что часто приводит к усложнению изделий. Новые технологии базируются на внедрении новой техники, механизации и автоматизации производственных процессов. Развитие последней привело к созданию сложных производственных комплексов с гибкой автоматизированной технологией. Все это, в свою очередь, усложнило организационное управление производством и предприятием в целом.

3. Увеличение частоты сменяемости выпускаемых изделий и технологий.

Этот фактор научно-технического прогресса связан с развитием потребностей общества предприятий, отдельных потребителей и ужесточением их требований к качеству выпускаемой продукции и к условиям работы на производстве.

4. Возрастание наукоемкости продукции.

В условиях научно-технического прогресса наука становится непосредственной производительной силой; результаты прикладных научно-исследовательских работ (НИР) воплощаются в изделиях новой техники, в новых технологиях. Для того, чтобы сократить цикл «НИР-ОКР (опытно-конструкторская работа) — производство», создаются научно-производственные объединения, включающие научно-исследовательские институты (НИИ), конструкторские бюро (КБ), производственные предприятия (заводы). Усложняются связи между разнородными предприятиями и организациями, входящими в объединение, что усложняет управление.

5. Развитие специализации и кооперирования производства.

Современный этап развития материального производства характеризуется усилением его концентрации и специализации на основе внедрения автоматизации, роботизированных и гибких производственных комплексов. Специализация, в свою очередь, приводит к необходимости развития кооперирования между специализированными предприятиями. Такая организация промышленного производства в регионе, отрасли, стране усложняет взаимосвязи между предприятиями и научно-производственными объединениями, требует решения проблемы создания рациональной структуры специализации и кооперирования, повышающей эффективность промышленного комплекса территориального, отраслевого, народнохозяйственного в целом.

6. Необходимость экономии ресурсов и охраны окружающей среды.

Этот фактор в нашей богатой природными ресурсами стране начал ощущаться позднее, чем в других странах. Однако в настоящее время задачи управления ресурсами осложняются не только необходимостью учета и распределения особоохранных ресурсов (драгоценных металлов, радиоактивного сырья и т. п.), но и уменьшением запасов нефти, угля, леса и т. п. природных ресурсов, а также проблемой трудовых ресурсов. Для охраны материаль-

ных природных ресурсов и здоровья человека (кадрового потенциала общества) необходимо: разрабатывать безотходные, экологически чистые технологии; рационально добывать и использовать нефть, уголь, газ и другие источники энергии; сохранять леса, реки и другие природные условия нормальной жизнедеятельности человека. Понятно, что необходимость решения ресурсных и экологических проблем еще в большей мере усложняет управление производством и экономикой страны в целом.

На первые три фактора научно-технического прогресса в 60-е годы обратил внимание академик В. М. Глушков. Наблюдая влияние этих факторов на усложнение управления экономикой, он дополнил их перечень еще двумя факторами, не имеющими прямого отношения к усложнению организации производства, но существенно изменяющими представления об организации управления экономикой.

Прежде всего, В. М. Глушков показал возрастание роли информации в процессах управления. Он ввел понятие «информационных барьеров».

Первый информационный барьер в развитии экономики был достигнут в тот период, когда экономические связи полностью замыкались в рамках ограниченных коллективов (род, семья, племя) и способностей одного человека; затем сложность задач управления коллективом стала превосходить способности одного человека. Это произошло многие тысячелетия тому назад и вызвало соответствующие изменения в технологии управления, которые состояли в изобретении двух механизмов, позволяющих распараллелить решение задач управления на многих людей.

Первый механизм относился к области организации и заключался в том, что руководитель стал заводить себе помощников, а те подбирали, в свою очередь, помощников себе, и таким образом возникли иерархические системы управления.

Второй механизм — экономического характера. Он основан на введении рыночных (товарно-денежных) отношений, которые организуют не только распределение товаров, но и являются регулятором производства (влияя на уровень цен, потребности в продукции и т. д.).

Второй информационный барьер связан с ограниченной способностью к переработке информации у всего населения страны. Были проведены исследования, которые показали, что сложность задач управления экономикой растет быстрее числа занятых в ней

людей и что если продолжать перерабатывать учетно-плановую информацию в нашем народном хозяйстве прежними методами, то в конце 70-х годов в сфере управления нужно было бы занять чуть ли не все население страны.

Для предотвращения второго информационного барьера В. М. Глушков предложил изменить технологию сбора и обработки экономической информации, создать **автоматизированные системы управления (АСУ)**. Однако только этот путь оказался недостаточным. Позднее стало очевидным, что необходимо внедрять в сферу управления новые методы и модели, помогающие человеку формировать целостное представление об управляемом объекте, организовывать процессы коллективного принятия решений; необходимо также понимать и учитывать закономерности функционирования и развития сложных систем, решать коренные политэкономические проблемы, изменяющие принципы управления экономикой.

Теоретические исследования о тенденциях роста численности управленческого персонала подтверждались и статистикой.

Например, в США в начале нынешнего столетия на одного конторского работника приходилось 40 рабочих, в 1940 г. — 10, в 1958 г. — 6, а в 1965 г. — всего лишь один рабочий, т. е. возникла ситуация, когда как бы каждым рабочим командует управленческий работник.

На самом деле в реальных условиях производства ситуация гораздо сложнее: система организационного управления предприятием должна выполнять не только функции непосредственно организации производства, его технической подготовки, материального, финансового и кадрового обеспечения, но и такие общесистемные функции, как обеспечение роста производительности труда, ресурсосбережение, увеличение прибыли, социальное развитие коллектива, создание благоприятных возможностей для высокопроизводительного труда, формирование материальной базы социальной сферы, техническое перевооружение и реконструкция предприятия, совершенствование системы управления и организационной структуры предприятия и т. д.

В связи с расширением и усложнением задач управления современным предприятием (объединением), увеличением объемов необходимой для их решения информации возникла потребность, в росте численности аппарата управления (иногда до 40 и более процентов от общей численности работников предприятия),

что и привело к парадоксальной на первый взгляд ситуации, когда одним рабочим управляет один управленческий работник.

1.2. Понятие "классификация АСУ"

В настоящее время сложились два направления автоматизации производств, связанных с применением *автоматических и автоматизированных систем.*

Первое направление осуществляется за счет автоматических систем различных типов, которые без участия человека выполняют измерение, контроль, регулирование и управление работой агрегатов, машин, устройств и технологических линий.

Существуют четыре группы автоматических систем:

1) измерительно-информационные;
2) системы автоматического контроля;
3) системы автоматического регулирования;
4) системы автоматического управления.

Развитие техники и методов управления в организационно-экономической деятельности, а также требования, обусловленные НТР (НТП), привели к созданию принципиально нового класса систем управления — АСУ, в которых организация процессов получения, переработки, анализа информации и принятия решения невозможны на современном уровне без участия человека.

В любой системе управления решаются *три основные задачи*:

1) сбор и передачи информации об управляемом объекте;
2) обработка информации и принятие решения;
3) выдача управляющего воздействия на объекте управления.

Автоматизированные системы управления работают при участии человека и обеспечивают решение указанных задач в комплексе. Учитывая, что в настоящее время в области управления объектами народного хозяйства сложились *три направления*:

1) экономико-организационной деятельности;
2) технологическими процессами;
3) проектно-конструкторскими работами, различают и три класса АСУ:

1. АСУП — автоматизированные системы управления производством (или предприятием).
2. АСУТП — автоматизированные системы управления технологическими процессами.

3. САПР — системы автоматизированного проектирования.

Экономико-организационные АСУ (АСУП) создаются как человеко-машинные системы, в которых выбор того или иного вида (варианта) управления, окончательное принятие решения и ответственность за его исполнение остаются за человеком; АСУ этого типа предназначены для автоматизации управления производственной, хозяйственной деятельностью на предприятии.

АСУП представляет собой сложную иерархическую, многоуровневую систему, состоящую из коллектива работников аппарата управления, комплекса технических средств (вычислительной техники), различных методик и конструкций по управлению объектом, носителей данных (документы и технические носители информации). Как всякая сложная система, АСУП подразделяется на подсистемы, органическое взаимодействие которых при реализации задач управления обеспечивает достижение поставленной цели — оптимизации принятия решения.

Именно изучение АСУП и составляет основной предмет настоящего курса. Данный курс входит в систему экономических наук и находится в тесной связи с курсами:

— организация и планирование производства;

— управление предприятием;

— вычислительная техника и САПР;

— технические и програмные средства управления производством.

АСУП интегрируется как элемент АСУ более высокого уровня организационно-экономического управления — отраслевые АСУ (ОАСУ).

Отраслевые АСУ на базе главного вычислительного центра отрасли (ГВЦ) решают задачи планирования выпуска продукции, и потребления ресурсов, проводят анализ технико-экономических показателей и т. д. в масштабе отрасли.

К АСУ высшего уровня управления организационно-экономической деятельностью относится общегосударственная автоматизированная система (ОГАС), которая решает схожие задачи в масштабе государства.

Кратко охарактеризуем АСУТП и САПР АСУТП, предназначенные для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления (ТОУ).

ТОУ — совокупность технологического оборудования и реализуемого на нем технологического процесса производства.

Цель АСУТП — экономия сырья топлива, энергии, снижение затрат живого труда, оптимизация процесса.

САПР — комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации.

САПР создаются в проектных, конструкторных и технологических организациях для сокращения сроков проектирования, уменьшение его трудоемкости и повышения качества.

Дальнейшее развитие автоматизации управления связано с объединением на единой организационной, на формационной, технической и математической основе АСУП, АСУТП, САПР в интегрированную АСУ (ИАСУ).

По ходу изложения постоянно использовалось понятие «система» и «организационно-экономическая система».

В интересах стройности дальнейшего изложения целесообразно рассмотреть элементы теории систем и особенности организационно-экономических систем.

1.3. Элементы теории систем

Итак, чтобы грамотно разбираться в автоматизированных системах управления необходимо иметь представление о собственно системах. Теория систем как научное направление возникло в 20-30-е годы нашего столетия.

Основоположником этого научного направления считается Л. фон Берталанфи, опубликовавший труд «История и статус общей теории систем» в 1923 году, хотя в эти же годы наш соотечественник А. А. Богданов написал тома книги «Всеобщая организационная наука (тектология)».

Далее будут рассмотрены элементы теории систем.

1.3.1. Понятие о системе

Термин система используют в тех случаях, когда хотят охарактеризовать исследуемый или проектируемый объект как нечто целое (единое), сложное, о котором невозможно сразу дать представление, показав его графически или математической формулой.

Определение понятия системы изменялось по мере развития теории систем и использования этого понятия на практике.

Так, Л. фон Берталанфи определял систему как «комплекс взаимодействующих компонентов» или как «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой».

Иными словами система — это элементы (компоненты, части) и связи (отношения) z_j между ними, что символически можно представить следующим образом:

$$S_{def} \equiv \langle \{a_i\}, \{r_j\} \rangle, \qquad a_i \in A;\ r_j \in R$$

или $S_{def} \equiv \langle A, R \rangle$

где $A = \{a_i\};\ R = \{r_j\}$

Для упрочнения элементов и связей в определении упоминают о свойствах, которые дополняют понятие элемента.

$$S_{def} \equiv \langle A, Q_A, R \rangle$$

Далее в определение системы вводится упоминание цели и времени, т. е. система — «конечное множество функциональных элементов» и отношений между ними, выделенное из среды в соответствии с определенной целью.

$$S_{def} \equiv \langle A, R, Z \rangle,$$

где Z — совокупность или структура целей

И наконец в 70-е годы в определение системы начали включать наблюдателя N, т. е. лицо, представляющее объект или процесс в виде системы при их исследовании или принятии решения:

$$S_{def} \equiv \langle A, R, Z, N \rangle$$

Понятие системы можно применять как к существующим материально реализованным предметам, так и к их отображению.

При системном анализе важно уметь отделить систему от среды, с которой она взаимодействует.

Ни одно из приведенных определений системы не следует рассматривать как основное, т. к. на разных этапах представления объекта в виде системы, в различных конкретных ситуациях можно пользоваться разными определениями.

1.3.2. Понятия, характеризующие строение и функционирование систем

1.3.2.1. Понятия, входящие в определение системы

Элемент. Под элементом принято понимать простейшую неделимую часть системы. Вопрос, что принять в качестве элемен-

та зависит от преследуемой цели. Так в системе управления предприятием элементами можно считать приказы, положения, регламентирующие процессы управления, а можно — показатели, обязательные операции организационно-технологических процедур подготовки и реализации управленческих решений.

Подсистемы и компоненты. Деление на подсистемы связано с возможностью вычленения совокупностей взаимосвязанных элементов, способных выполнять относительные независимые функции, подцели, направленные на достижение общей цели системы. Названием *подсистема* подчеркивается, что такая часть должна обладать свойствами системы (в частности, свойством целостности). Этим подсистема отличается от группы элементов, где не определена подцель и не выполняется свойство целостности. Для таких групп используется понятие компонентов. (В качестве примера можно рассказать о подсистемах планирования, контроля и т. д.).

Связь. Понятие *связь* входит в определение системы и обеспечивает сохранение целостности ее свойств. Это понятие одновременно характеризует и строение (статику) и функционирование (динамику) системы. Связь определяют как ограничение степени свободы элементов.

Действительно, элементы вступившие в связь друг с другом, утрачивают часть своей свободы. Связи можно охарактеризовать силой и характером (видом). По первому признаку -- связи делят на *сильные* и *слабые.* По характеру различают связи *подчинения*, связи *порождения,* равноправные, связи *управления.*

Связи можно разделить по направленности процессов в системе в целом или ее подсистемах на прямые и обратные.

Важную роль в системах имеет понятие обратной связи. Обратная связь может быть положительной -- сохраняющей тенденции происходящих в системе изменений того или иного выходного параметра и отрицательно противодействующей тенденциям изменения выходного параметра, т. е. направленной на сохранение требуемого значения этого параметра.

Понятие обратной связи, хорошо известно инженерам и обычно просто иллюстрируемое на примерах технических устройств, не легко интерпретируется в конкретных условиях организационно-экономических систем.

Цель. Понятие цель и связанные с ним понятия целесообразности, целенаправленности, лежат в основе развития системы.

Цель -- заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека.

Состояние. Этим понятием характеризуют мгновенную фотографию, «сру» системы.

Поведение. Если система способна переходить из одного состояния в другое, то говорят, что она обладает поведением.

Равновесие. Это понятие определяют как способность системы в отсутствии внешних воздействий сохранять свое поведение сколь угодно долго.

Устойчивость. Под этим понимают способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как они были выведены из равновесия под влиянием внешних воздействий.

Развитие. Этим понятием характеризуют способность системы изменять свое качество (свойства) с течением времени.

1.3.2.2. Классификация систем

Системы разделяют на классы по различным признакам.

Открытые и закрытые системы. Основной отличительной чертой открытых систем является обмен (например, информацией) с внешней средой.

В отличие от них закрытые системы изолированы от среды.

По степени организованности системы делят на классы, охарактеризуем их.

1. Представить анализируемый объект в виде хорошо организованной системы означает определить элементы и их взаимосвязи между собой и с целями системы. Если это может быть описано уравнением и их системой. Например, работу сложного технического механизма представляют упрощенной схемой или уравнением.

2. В плохо организованной или диффузионной системе не ставится задача определить все учитываемые компоненты, их свойства и связи между ними и целями системы.

Определяются статические закономерности. Система характеризуется в этом случае некоторыми. Например, описание газа, когда для прикладных целей его свойства не определяют из описания поведения молекул, а характеризуют микропараметрами: давление, температура и т. д.

3. Класс самоорганизующихся или развивающихся систем характеризуется признаками диффузионных систем и в тоже время имеют признаки:

— непредсказуемость поведения;
— способность адаптироваться к среде;
— способность менять структуру, сохраняя целостность.

1.3.2.3. Закономерность систем

Закономерности взаимодействия части и целого

Целостность. Закономерность целостности (эмерджентности) проявляется в возникновении у нее новых интегративных качеств, не свойственных ее компонентам.

Коммуникативность. Эта закономерность проявляется в взаимодействии системы со средой, с которой они связаны множеством коммуникаций.

Иерархичность. Эта закономерность проявляется во взаимодействии уровней структуризации системы.

1.3.2.4. Закономерности осуществимости систем.

Из всего вида закономерностей с точки зрения полезности для анализа систем управления следует отметить закон «необходимого разнообразия».

Применительно к задачам принятия решений эту закономерность можно упрощенно пояснить на следующем примере. Когда исследователь или лицо, принимающее решение, сталкивается с проблемой, решение которой для него неочевидно, то имеет место некоторое разнообразие возможных решений V_D. Этому разнообразию противостоит разнообразие мыслей исследователя V_N. Задача исследователя — свести разнообразие $V_D - V_N$ к минимуму.

У. Р. Эшби доказал теорему, на основе которой формулируется следующий вывод: «Если V_D дано постоянное значение, то $V_D - V_N$ может быть уменьшено лишь за счет соответствующего роста V_N. Говоря, образно, только разнообразие в N может уменьшить разнообразие в D; только разнообразие может уничтожить разнообразие».

Применительно к системам управления это можно сформулировать так: разнообразие управляющей системы должно быть больше (или хотя бы, равно) разнообразию управляемого процесса или объекта.

1.3.2.5. Закономерности функционирования и развития

Из этого вида закономерностей целесообразно остановиться на закономерности самоорганизации.

С одной стороны в развивающихся системах действуют факторы, ведущие к их дезорганизации, к разрушению, а с другой — к повышению степени их организованности. Закономерность проявления повышения организованности, порядка называют закономерностью самоорганизации.

1.3.2.6. Закономерности целеобразования

Обобщение результатов исследований и практики позволяют сформулировать некоторые закономерности целеобразования, полезные при анализе организационных систем (систем управления).

1.3.2.6.1. На формирование цели влияют как внешние отношения к системе, так и внутренние факторы.

В развивающихся системах цели не задаются извне, а формулируются внутри системы.

1.3.2.6.2. Анализ процессов формулирования обобщающей, глобальной цели показывает, что цель возникает в сознании управляющего не как единичное понятие, а как некоторая «размытая» область. Для того, чтобы достичь понимания цели исполнителями задача формулирования цели должна быть сведена к задаче структуризации (декомпозиции цели).

1.3.2.6.3. Учитывая, что наиболее распространенным способом представления целей является структура типа «дерево целей», рассмотрим основные закономерности ее формирования.

а) На практике обычно сочетают формирование целей «сверху» (декомпозиция) и «снизу».

б) В иерархической структуре цели нижележащего уровня всегда можно рассматривать как средства для достижения целей вышележащего уровня; при этом они же являются целями для уровня, нижележащего по отношению к ним.

в) По мере движения формулировки цели по иерархической структуре сверху вниз (по уровням) цель все более конкретизируется.

г) При формировании иерархической структуры целей (и не только целей) следует учитывать ограниченые возможности опе-

ративной памяти человека. Обычно исследователи (гипотеза Миллера, число Колмогорова) для того, чтобы человек мог сохранить представление о целостности и успевать анализировать и сравнивать выделенные части, рекомендуют представлять ему одновременно не более, чем 7± 12 компонентов.

Таким образом число уровней «дерева» нужно ограничить пятью-семью.

1.4. Особенности организационно-экономических систем

Принципиальной особенностью систем организации производства и управления экономикой на разных уровнях народнохозяйственного комплекса является то, что неотъемлемой частью контура их функционирования (или управления) является человек, т. е. активный элемент. Это приводит к проявлению у системы особых свойств, принципиально отличает ее поведение от функционирования технических систем, работающих в соответствии с жестко заданным законом.

Рассмотрим основные из этих отличительных особенностей:

— нестационарность (изменчивость) отдельных параметров системы и стохастичность ее поведения;

— уникальность и непредсказуемость поведения системы в конкретных условиях (благодаря наличию активного элемента у системы проявляется как бы «свобода воли»), но в то же время наличие у нее предельных возможностей, определяемых имеющимися ресурсами (элементами, их свойствами) и характерными для определенного типа систем структурными связями;

— способность изменять свою структуру, сохраняя целостность, и формировать варианты поведения (что также обусловлено наличием активных элементов);

— способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям, обусловленная тем, что в системах с активными элементами, стимулирующими обмен материальными, энергетическими и информационными продуктами со средой, не выполняется закономерность возрастания энтропии (аналогичная второму началу термодинамики, открытому для закрытых систем, не обменивающихся ресурсами со средой и не имеющих активных элементов, подобных «Демону Максвелла») и даже наблюдаются негэнтропийные тенденции, т. е. собственно самоорганизация, развитие (если не подавлять их искусственными средствами);

— способность адаптироваться к изменяющимся условиями, что казалось бы является весьма полезным свойством; однако адаптивность может проявляться не только по отношению к внешним и внутренним помехам, нарушающим нормальное функционирование систем, но и к управляющим воздействиям, что весьма затрудняет управление системой;

— способность и стремление к целеобразованию: в отличие от закрытых (технических) систем, которым цели задаются извне, в системах с активными элементами цели формируются внутри системы;

— неоднозначность использования понятий «система» и «подсистема», «цель» и «средство» и т. п. (впервые эта особенность стала довольно часто проявляться и вызывать неразрешимые дискуссии при попытках разработать классификаторы функций управления предприятиями, объединениями, при разработке АСУ).

Перечисленные особенности экономических объектов имеют разнообразные проявления, которые иногда можно даже выделять как самостоятельные особенности. Не приводим здесь поясняющих примеров, так как любой студент может легко обнаружить большинство из названных особенностей на примере своего собственного поведения или поведения коллектива, в котором учится.

Рассмотренные особенности противоречивы. Они в своем большинстве являются одновременно и положительными, и отрицательными, затрудняющие управление, свойствами. Их не сразу можно понять и объяснить. Исследованием причин проявления подобных особенностей сложных объектов с активными элементами занимаются философы, психологи, специалисты по теории систем.

Противоречивые свойства объективно присущи экономическим системам с активными элементами. Их можно объяснить с помощью закономерностей функционирования и развития сложных систем, но нельзя устранить, не применив специальных ограничивающих принципов, которые далеко не всегда могут способствовать повышению эффективности экономики и организации производства. Поэтому их надо тщательно изучать, применительно к конкретным объектам и стараться отразить в моделях, используемых для принятия решения.

Последнее не всегда удается сделать. Пытаясь понять принципиальные особенности моделирования сложных сиситем, уже

первые исследователи отмечали, что, начиная с некоторого уровня сложности, систему легче изготовить и ввести в действие, преобразовать и изменить, чем описать единой формальной моделью. По мере накопления опыта познания и моделирования сложных развивающихся систем с активными элементами была осознана основная особенность таких систем — принципиальная ограниченность их формализованного описания.

В завершение этой вводной лекции по АСУ хотелось бы отметить, что период некритичного увлечения АСУ прошел. Ситуацию оценивают по-разному. Одни — мягко говорят, что развитие методов и средств управления в рамках АСУ не привело к ожидаемому эффекту на большинстве предприятий вследствие односторонней технической направленности работ.

Другие — жестко говорят, что от деяний, связанных с повальным увлечением внедрения АСУ и соответственно большими затратами, не осталось в сознании ничего, кроме горечи и стыда и что внедрение АСУ заменило обычное очковтирательство очковтирательством электронным. Другими словами, на многих предприятиях были созданы экономические неэффективные АСУ. Этому аспекту создания АСУ мы посвятим отдельную лекцию.

2. СТРУКТУРА АСУП

Роль и место АСУП в ситеме управления предприятием

Итак, АСУП — это человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления предприятием (фирмой).

В задачи этой лекции входит рассмотрение структуры АСУП, а также роли и место АСУП в системе управления предприятием.

Приведенное выше определение АСУП, естественно, не дает достаточного представления об существе АСУП.

Это представление (понимание) к Вам придет скорее всего только после того, как вы прослушаете весь курс лекций.

Поэтому на данном этапе достаточно понять, что АСУП — это человеко-машинная система, которая с помощью технических средств (ЭВМ и т. п.) экономико-математических методов и *с участием человека* решает три задачи:

1) собирает и передает организационно-экономическую информацию об управляемом объекте;

2) перерабатывает ее;

3) анализирует информацию и выдает управляющие воздействия на объект управления.

Собственно, автоматизация в комплексе всех трех перечисленных задач и отличает АСУП от простого использования ЭВМ.

2.1. Структура АСУП

В практике разработки и функционирования системы управления машиностроительного предприятия принята структура АСУП, показанная на рис. 1. АСУП подразделяется на *две группы:*

— группу обеспечивающих подсистем:

информационного, программного, математического, технического, лингвистического, эргономического и правового обеспечения;



Рис. 1. Структура АСУП

— группу функциональных подсистем:

технической подготовки производства (ТПП), технико-экономического планирования (ТЭП), оперативного планирования и управления (ОПУ), материально-технического снабжения (МТС), сбыта готовой продукции, финансово-бухгалтерской деятельности, вспомогательных служб, транспортного хозяйства, управления кадрами, управления качеством и др.

Составляющими элементами АСУП могут быть АСУ низового уровня управления:

АСУ отдельным производством (АСУОП), АСУ цехом, АСУ по функциям управления (например, контроля исполнения).

Таким образом, укрупненно АСУП состоит из обеспечивающих подсистем и функциональных подсистем.

Кроме того, в АСУП выделяют также подсистему организационного обеспечения.

Охарактеризуем кратко элементы АСУП, чтобы составить целостное представление о ней и с тем, чтобы в последующих лекциях уже углубленно рассмотреть основные элементы АСУП.

2.1.1. Обеспечивающие подсистемы АСУП

Информационное обеспечение разделяется на внемашинное и внутримашинное.

Основная задача первого — сбор, классификация и кодирование всей необходимой организационно-экономической информации.

Основная задача внутримашинного информационного обеспечения -- это рациональная организация собранной информации (информационной базы) с точки зрения удобства ее использования и хранения в ЭВМ.

Программное обеспечение АСУП — это совокупность программ, реализующих решение задач АСУП, обеспечивающих рациональное функционирование комплекса технических средств (КТС) и информационной базы, а также осуществляющих рациональное взаимодействие человека с КТС. Стоимость разработки программного обеспечения в современных АСУП составляет более 40% общих затрат на внедрение АСУП.

Математическое обеспечение АСУП — это совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки и информации, использованных при создании АСУП. Диапазон математического аппарата, применяемого для формализации организаци-

онно-экономических процессов достаточно широк, что объясняется сложностью проблем управления предприятием.

Лингвистическое обеспечение АСУП — это совокупность языковых средств для формализации естественного языка, построения и сочетания информационных единиц при общении персонала АСУП со средствами вычислительной техники.

В настоящее время невозможно создать единый язык, одинаково удобный для решения различных задач (программирование, описания информационных баз и т. п.). По этой причине используется несколько сот различных языков.

Техническое обеспечение АСУП — это комплекс технических средств, применяемых для функционирования АСУП.

Это средства регистрации и сбора, передачи информации, обработки информации, выдачи результирующей информации. Изучение КТС не входит в задачу настоящего курса.

Эргономическое обеспечение АСУП — это совокупность методов и средств, создающих оптимальные условия для деятельности человека в условиях АСУП.

Использование этих методов и средств основано на данных науки эргономики и инженерной психологии.

Правовое обеспечение АСУП — это совокупность правовых норм, регламентирующих правоотношения при функционировании АСУП и юридический статус результатов ее функционирования.

Хорошо отрегулированные правоотношения в АСУП повышают ее эффективность.

2.1.2. Функциональные подсистемы АСУП

Весь комплекс работ по управлению производством разделяют на ряд функциональных подсистем.

Номенклатура этих подсистем зависит от конкретного производства. Наиболее общеприменимы следующие.

Подсистема технической подготовки производства (ТПП)

Основными направлениями автоматизации в ТПП являются расчеты применяемости деталей и сборочных единиц, норм расхода материалов, нормативной трудоемкости на деталь и сборочную единицу, планирование ТПП. ТПП — одна из самых сложных и информациоемких в АСУП.

Подсистема оперативного планирования и управления производством (ОПУ) или иногда ее называют подсистемой оперативного управления производством (ОУОП). Учитывая, что на предприятиях аэрокосмической промышленности изготавливается тысячи и десятки тысяч деталей, увязка их изготовления в пространстве и времени является сложной и важной задачей. Автоматизацией этого процесса и занимается ОУОП.

Подсистема технико-экономического планирования (ТЭП)

Наиболее важными ее задачами являются: разработка оптимальной производственной программы, планирование, учет и анализ затрат на производство, расчет производительности труда и т. п. Автоматизация ТЭП связана с огромным количеством информации, необходимой для решения указанных задач.

На этом иллюстрацию смысла функциональных подсистем целесообразно закончить, т. к. само название других подсистем типа бухгалтерского учета, сбыта говорят сами за себя.

2.1.3. Организационное обеспечение АСУП

Основные задачи его следующие: определение состава задач, решаемых в АСУП, очередности их разработки, общая методика организационно-экономической постановки решения задач в АСУП. Учитывая большие затраты и трудоемкости работ по созданию АСУП, указанные задачи очень важны.

2.2. О соотношении понятий функциональной и обеспечивающей частей АСУП

Системы такой сложности, как АСУП, обладают рядом специфических особенностей, к которым, в частности, относятся неоднозначность использования понятий «цели» и «средства», «система» и «подсистема»; трудность предсказуемости (а иногда и принципиальная непредсказуемость) поведения системы при внесении в нее изменений; адаптация системы, способности ее к самоорганизации. Эти особенности стали проявляться с самого начала разработки АСУП и обусловили необходимость привлечения для их объяснения системных представлений, закономерностей функционирования и развития сложных систем.

В понимании принципов построения и организации функционирования АСУП большую роль играет выделение функциональной (ФЧ) и обеспечивающей частей (ОЧ).

Структура ФЧ определяется на основе анализа целей и функций существующей системы управления, для совершенствования которой создается АСУП, и включает подсистемы и задачи, выбранные для автоматизации, т. е. ФЧ определяет как бы цели АСУП.

Структура ОЧ включает виды обеспечения (информационное, техническое, программное и т. п.), необходимые для реализации подсистем и задач ФЧ, т. е. ОЧ представляет собой как бы средства для достижения целей автоматизированной системы.

Почему потребовалось введение новых терминов — ФЧ и ОЧ — вместо удобных и привычных понятий целей и средств их достижения? Ответ на этот вопрос можно дать с помощью упомянутых выше особенностей и закономерностей сложных систем. В таких системах каждый уровень иерархии ведет себя как «двуликий Янус» -- как средство по отношению к вышележащему уровню и как цель по отношению к нижележащему; а составляющие промежуточного уровня иерархии в структуре АСУ можно рассматривать как подсистемы по отношению к вышележащему уровню, к системе в целом, их объединяющей, и в то же время, взятые сами по себе, они могут рассматриваться как системы (поэтому часто в развитых АСУП говорят об «АСУП — Кадры», «АСУП — Качество» и т.п., хотя по отношению к АСУП предприятия эти АСУП являются подсистемами). Более того, на каждом уровне иерархии в силу проявления закономерности целостности всегда определяются свои цели задачи, функции и средства их выполнения. Иными словами, понятия «цели» и «средства» используются неоднозначно, а использовать неоднозначные термины при управлении разработками АСУП неудобно, так как нужно каждый раз выяснять и пояснять о целях и средствах какого уровня иерархии или даже узла иерархии идет речь.

Кроме того, введенные разработчиками АСУП термины «функциональная часть» и «обеспечивающая часть» нельзя полностью отождествлять с понятиями «цели» и «средства» АСУП. Они являются более сложными понятиями. Действительно, иногда говорят об обеспечивающих подсистемах (не о функциональных подсистемах, связанных с целями предприятия, а об обеспечивающих, т. е. связанных со средствами, являющимися средствами достижения целей), имея в виду определенным образом организованные совокупности информационных, программных, технических средств, используемых для реализации какой-либо функции

нижележащего уровня структуры целей и функций (например, такого рода обеспечивающими подсистемами можно считать банки данных определенного назначения, используемые как средства для решения задач управления производством). С другой стороны, когда сдают в эксплуатацию функциональную подсистему, то имеют в виду не только совокупность задач и функций, включаемых в нее, но и алгоритмы, программы, иструкции по их использованию, т. е. и совокупность средств, необходимых для реализации этой подсистемы.

Таким образом, термины «функциональная» и «обеспечивающая» части являются обобщающими, условными понятиями, которые помогают охарактеризовать автоматизированную систему как целое, выделив в ней работы, в большей мере связаннные с анализом и описанием целей систем (работы по формированию структуры ФЧ АСУП), и работы, связанные с определением общей структуры средств реализации целей (работы по выбору структуры ОЧ АСУП).

Пользуясь понятиями ФЧ и ОЧ, можно сформулировать две основные проблемы, решение которых должна обеспечить система управления разработкой АСУП: формирование структуры ФЧ АСУП и выбор на ее основе первоочередных задач автоматизации (для соответствующей очереди АСУП); формирование структуры ОЧ АСУП. При этом под структурой ОЧ следует понимать не просто совокупность средств информационного, алгоритмического, программного и других видов обеспечения, а такую организационную форму, которая обеспечивала бы взаимодействие всех видов обеспечения, необходимых для реализации подсистем и задач, входящих в ФЧ АСУП соответствующей очереди, на всех уровнях иерархии структуры ОЧ.

Решение этих двух основных проблем взаимосвязано. С одной стороны, структура ОЧ зависит от структуры ФЧ. В то же время выбор структуры ФЧ во многом определяется имеющимися в наличии техническими средствами, программами и другими видами обеспечения, т. е. потенциальными возможностями ОЧ. При этом все же определяющая роль должна принадлежать решению первой проблемы. Действительно, если в какой-то организации не созрели условия для внедрения автоматизации в управлении, не сформировались потребности в использовании результатов автоматизации в практической управленческой деятельности (у руководителей, работников аппарата управления), то не следует стре-

миться во что бы то ни стало загрузить ЭВМ подсистемами и задачами, аналогичными применяемым на других предприятиях; лучше использовать имеющиеся ресурсы машинного времени для автоматизации научных исследований, научно-информационного обслуживания и для других потребностей предприятия. В то же время, если потребности в использовании автоматизации и управленческой деятельности больше, чем возможности, предоставляемые имеющимися видами обеспечения, то следует принять решение о приобретении новых технических средств, активизации работы по разработке соответствующих программ по созданию требуемого информационного обеспечения.

Названные две основные проблемы, решение которых должна обеспечить система управления разработками АСУП, сложны, поэтому их делят на более мелкие и конкретные задачи.

Имея теперь определенное представление об АСУП и ее структуре, имеет смысл остановиться на роли и месте АСУП в системе управления предприятием, а также некоторых проблемах АСУП.

2.3. Роль и место АСУП в системе управления предприятием

В условиях современной НТР резко возросли сложность, объемы и скорости производственных и экономических процессов. Важнейшей стала проблема рациональной организации производства, его координации и контроля; значительно увеличились объемы необходимой для управления информации; повысились требования к ее оперативности, точности и полноте. Качество управления, его стоимость, цена информации являются важными факторами, определяющими уровень организации труда и производства, социально-экономические условия и конечные результаты деятельности предприятия. Даже незначительные упущения в организации труда оборачиваются большим ущербом для производства и народного хозяйства в целом.

Современная НТР, интенсификация и централизация общественного производства привели к резкому усложнению процессов управления. Это связано прежде всего с необходимостью организации взаимодействия элементов объектов управления, анализа и распределения значительного количества материальных, энергетических, трудовых ресурсов.

Традиционное решение указанной проблемы в прошлом приводило к увеличению количества занятых в управлении специалистов, однако подобное резрешение проблемы практически оказывается невозможным.

Напомним, что академик В. М. Глушков ввел понятие первого и второго информационных барьеров. Смысл этих понятий в том, что при достижении первого информационного барьера один человек оказывается не в состоянии реализовать адекватный процесс управления объектом. При достижении второго информационного барьера этот процесс уже не подвластен всем участвующим в производстве людям.

Необходимость повышения эффективности управления общественным производством привела к созданию новых разделов математики, а сложность этих задач (избыточных по своей размерности для решения ручными методами) — к внедрению управления ЭВМ и экономико-математических методов.

Опыт комплексной обработки данных на базе применения ЭВМ позволил, в свою очередь, перейти к автоматизации информационных процессов в системах организационно-хозяйственного типа, что создало предпосылки для внедрения во все сферы народного хозяйства автоматизированных систем управления или их локальных подсистем.

Автоматизированная система управления сохраняет основные цели функционирования традиционной системы управления объектом, но выполняет необходимые функции на качественно новых технической, информационной, экономико-математической и организационной основах, обусловленных использованием средств вычислительной техники и экономико-математических методов, прогрессивных изменений организационной структуры и совершенствования информационной базы объекта, рационального распределения функций между человеком и техникой. Благодаря этому улучшаются качество управления, организация производства и труда, социально-экономические условия хозяйствования, качество продукции и тем самым создаются необходимые предпосылки для улучшения конечных результатов деятельности объекта.

Рассмотрим каковы же общие принципы автоматизации управления. Таких общих принципов можно выделить четыре.

В качестве *первого общего принципа* организации автоматизированного управления следует принять *повышение экономической эффективности*. Мы не говорим о том, в каких случаях можно

автоматизировать, а говорим о том, как автоматизировать, так как убеждены, что во всех случаях автоматизацию управления можно осуществить эффективно. Теоретические исследования и практические работы показали, что даже на небольших предприятиях автоматизация управления может осуществляться эффективно. И наоборот, даже в самых лучших условиях, на объектах, хорошо поддающихся автоматизации, создавались неэффективные системы.

Можно выделить множество частных принципов, детализирующих общие принципы. Соблюдение каждого из частных принципов позволяет получить определенный экономический эффект. Если какой-либо из частных принципов проектировщиками частично или полностью не соблюдается, то это снижает общую экономичность, но не исключает возможность автоматизации управления.

Вторым общим принципом организации автоматизированного управления можно считать общее упорядочение. В процессе создания и функционирования АСУП на предприятии происходят интенсивные процессы упорядочения. Упорядочивается все — технология и процессы управления, структура и потоки информации, методы управления и обязанности должностных лиц.

Общее упорядочение влечет за собой формализацию организационной системы, документальное оформление всех множеств, процессов, методов, обязанностей и т. п.

Степень упорядоченности зависит прежде всего от руководителей организаций и проектировщиков АСУ. Характерно, что у эффективно работающих организаций степень упорядоченности всегда высокая.

Третий принцип — принцип соответствия. Он означает, например, гармоничное соответствие между потребностями автоматизируемого предприятия или организации и возможностями создаваемой для них АСУ. Потребности предприятия могут выражаться через элементы АСУ, поэтому в частных принципах иногда формулируется требование соответствия между элементами АСУ. В природе, технике, обществе можно найти множество примеров строгого соблюдения принципа соответствия. А в системе управления этот принцип позволяют себе игнорировать. Например, в качестве основного критерия для АСУ часто используют научно-технический уровень, который стимулирует несоответствие АСУ объекту управления.

Четвертый общий принцип — принцип единообразия — означает потребность в унификации и стандартизации элементов АСУ.

Но внедрение АСУП в существующую систему управления предприятием вовсе не безпроблемно. Опыт показывает, что проблемы АСУП возникают вследствие наличия:

— проблем существующего управления;

— проблем автоматизации управления.

Проиллюстрируем указанные группы проблем.

Проблемы управления

Изучая курс основы управления предприятием у Вас должно было сложиться впечатление, что наука управления — это джунгли — по сложности, не проще и сама практика управления.

Проблем управления множество. Рассмотрим, например, *проблему целенаправленности управления*, которая имеет много граней. Важнейшие из них — правильный выбор целей и согласованность целей управления на разных уровнях управления (дерево целей).

Казалось бы, в чем тут проблема? Установить одинаковые цели и все. Но оказывается, это невозможно, поскольку организации неодинаковые, уровни управления разные...

Возьмем, например, для простоты трех работников, два из которых подчинены третьему. Пусть это начальник отдела снабжения, начальник отдела сбыта и заместитель директора завода по снабжению и сбыту. У зам. директора цель — обеспечить снабжение и сбыт, а у начальников отделов цели другие, т. к. каждый из них выполняет лишь одну функцию из двух. В нашем примере у всех троих цели разные. В действительности цели формулируются более точно. Они могут быть количественными и качественными, множественными и одиночными. Но одно условие обязательно — они должны быть взаимоувязанными.

Можно отметить, что старший в этом «треугольнике» стремится решить две задачи, связанные с целями своих подчиненных:

1) сделать так, чтобы цели были однонаправленными;

2) сделать так, чтобы цели подчиненных были однонаправленными с его целью.

Плохо, если цель одна для всех, но поставлена неверно. Это не значит, что следует изменить цель — можно изменить условия.

Например, в восточной притче, когда два всадника топтались вместе, так как поспорили, чей конь позже доскачет до дерева.

Г своим советом разрешил проблему, и всадники поскакали во весь опор. Он изменил условия — посоветовал поменяться лошадьми. Возможно, кому-то покажется, что эта притча здесь неуместна. Не торопитесь с выводами. В нашем хозяйстве есть еще такие цели и условия. Например, при оценке труб по фактическому весу. Чем тяжелее — тем дороже. Хотя это утяжеление никому не нужно, изготовитель стимулируется за лишний вес изделия.

В этом примере цель не изменялась, но поведение людей стало другим. На это поведение повлияло изменение условий. Следовательно, в системе управления необходимо одновременно учитывать и цели, и условия, в которых они действуют.

Понятно, что внедряя АСУП в систему управления предприятием в котором нет гармонии целей, получим отрицательные результаты, в которых АСУП неповинна.

Проблема автоматизации управления

На этом этапе изучения АСУП целесообразно отметить наиболее важную из них *проблему консервативности автоматизированного управления*. Прочие проблемы будут рассматриваться по мере изложения основной содержательной части курса.

Проблема консервативности автоматизированного управления состоит в том, что в условиях автоматизации возможности изменение управления ограничиваются возможностями установленных технических средств и имеющегося информационного, организационного и программного обеспечения. Иначе говоря, изменение управления в условиях автоматизации, выходящее за пределы возможностей технических средств, требует больших затрат.

Проблема консервативности вызвана значительными капиталовложениями в автоматизированное управление. Длительные сроки создания автоматизированного управления, значительные затраты, высокая стоимость внесения изменений в действующие проекты автоматизированного управления приводят к тому, что любые изменения объекта управления, окружающей его среды, системы управления сопровождаются дополнительными затратами на внесение изменений в проекты автоматизированного управления. Значительные изменения управления приводят и к переходу на ручное управление.

Решение, или хотя бы смягчение, этой проблемы возможно с помощью избыточности, которая предусматривается в автомати-

зированном управлении. Избыточность предназначается для учета развития производства (например, предусматривается память для расширения номенклатуры продукции материалов и т. п, или дополнительная аппаратура связи для новых многоэтажных площадок), а также для возможной перестройки производства на другую продукцию. Избыточность может использоваться для обеспечения автоматического приспособления системы управления к изменяющимся условиям.

3. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУП

На этой лекции мы переходим к более углубленному рассмотрению подсистем АСУП, и начнем с организационного обеспечения, в котором, в частности рассмотрим такие вопросы, как определение состава задач, решаемых в АСУП, и очередности их разработки, общая методика организационно-экономической постановки решения задач в АСУП.

При этом напомним, что *организационное обеспечение АСУП*, согласно ГОСТ 24.003-84, — *это совокупность документов, регламентирующих деятельность персонала АСУП в условиях ее функционирования.*

В плане организационного обеспечения предприятие выполняет весьма трудоемкие работы. Классификация этих работ приведена на рис.2.

3.1. Определение состава и очередности решения задач в АСУП

Вопросы организационного обеспечения разрабатываются и решаются на всех стадиях разработки и внедрения АСУП, но важнейшие, принципиальные разработки должны быть выполнены на стадии предпроектного обследования и технического задания на разработку АСУП. Например, если не будет проведена работа по комплексной формализации процедур управления предприятием, то невозможно обеспечить комплексную увязку задач в единую систему.

Ввиду большой трудоемкости работ по созданию АСУП и ограниченности трудовых ресурсов на предприятиях широкое распространение получил метод создания АСУП в несколько очередей. При таком подходе, когда трудно добиться комплексной увязки всех решаемых задач в АСУП, но необходимо обеспечить системный подхов при ее разработке, важно правильно определить состав решаемых задач по подсистемам АСУП и системе в целом, очередности разработки задач, подсистем, взаимно увязать решаемые задачи.



Рис. 2. Классификация работ по организационному обеспечению АСУП

В настоящее время нет единого подхода в определении состава задач, решаемых по подсистемам АСУП на заводах; они весьма разнообразны. В то же время от состава решаемых задач зависит принцип функционирования системы, ее «стратегия и тактика», во многом — и эффективность системы управления в целом. Отсюда — важность проблемы выбора состава задач, очередности их разработки и решения при создании АСУП.

Необходимо также отметить, что вопрос об очередности разработки подсистем на различных заводах решается по-разному, часто не на основе научного подхода, а исходя из специфики предприятия, индивидуальных особенностей руководителя и других, нередко субъективных, факторов. На одних заводах начинают разработку с подсистемы технической подготовки производства (ТПП), что является правильной, на других — с ОПУ (оперативное планирование и управление), что создает в дальнейшем большие трудности из-за отсутствия решения базовых задач подсистемы ТПП, на третьих,— что легче — ,начинают с проверки принятых решений (автоматизация контроля исполнения).

При определении состава и последовательности решения задач в условиях АСУП необходимо учитывать: критерии функционирования проектируемой системы; параметры эффективности решаемых задач и влияние их на показатели и критерии; затраты на реализацию задач; уровень автоматизации решаемых задач.

Состав основных задач, решаемых в АСУП машиностроительных предприятий, приведен в ОРММ (общеотраслевые руководящие методические материалы).

Однако в практике разработки АСУП эти задачи нужно конкретно «привязать» к условиям машиностроительного производства. Перечень задач, приведенных в ОРММ, ориентирован на машиностроительные заводы и не полностью затрагивает проблемы научно-производственных объединений, опытных производств.

Дадим краткое *описание методов определения состава задач*, использованных на разных этапах создания АСУП в машиностроении.

1. АСУП проектируется как машинная копия существующей системы управления (например, при автоматизации рутинных работ). При этом не проводится практически никаких исследований по изменению управленческих функций в подразделениях завода, не ставится проблема решать новые оптимизационные задачи в связи с появившимися новыми возможностями. ЭВМ при

этом используется как большой быстродействующий арифмометр по переработке существующей, не изменяющейся в данном случае информации. Такой подход был применен в первые годы создания АСУП в нашей стране на ряде заводов.

2. При разработке АСУП игнорируется существующая система управления на заводе, а строится новая, на основе некоторых типовых решений, внедряемых на других машиностроительных предприятиях (не учитывается своеобразие предприятия). В этом случае АСУП существует сама по себе, а действующая система управления предприятием — тоже сама по себе.

Два эти метеда создания АСУ не приводят к правильному решению проблемы, так как в первом случае не предусмотрено совершенствование системы управления на базе решения оптимизационных задач, во втором — нет взаимосвязи в ситемах, что приводит к дублированию работ, бессистемности в управлении.

Наиболеее правильный путь — создание автоматизированной системы управления на основе правильного сочетания решения как новых, так и старых задач, т. е. часть существующих процедур управления переводится на решение ЭВМ, а другая часть разрабатывается на новой методологической основе с применением ЭВМ, экономико-математических методов, когда создаются и внедряются оптимизационные задачи.

3. Состав решаемых задач определяется на основе логического анализа целей и подцелей по системе и подсистемам и укрупненного анализа документации, в первую очередь входной и выходной.

Недостаток этого метода состоит в следующем: нет комплексной увязки задач; невозможно создать единую информационную базу по подсистеме или комплексу решаемых задач; часто возникает необходимость пересмотра уже внедренной задачи, так как в общей системе она может решаться на другой информационной базе, с использованием другого алгоритма.

4. Состав задач определяется на основе результатов комплексного обследования предприятия.

По результатам комплексного обследования потоков информации машиностроительного предприятия можно разработать формализованное описание существующей системы управления и проанализировать состав управленческих процедур, направленных на выполнение функции управления. При этом устанавливаются процедуры, которые нужно автоматизировать; процедуры,

которые не надо автоматизировать; процедуры, которые надо исключить из системы управления. Следовательно, нужно решить основной вопрос — определить направление преобразования существующей системы управления в автоматизированную.

Метод комплексного обследования предприятия позволяет наиболее полно определить состав задач, информационную базу их решения, выявить все материальные и нематериальные потоки информации, определить объемы информации по функциям, подразделениям и решить другие важные вопросы. Но применение этого метода сложно и трудоемко.

5. Состав задач определяется с использованием метода экспертных оценок. Систему управления по уровням управления и решению задач можно представить в виде графа, имеющего ряд вершин (рис.3.). Используя, например, метод непосредственной оценки, выраженной системой баллов, и форму анкетного опроса по уровням, можно определить состав решаемых в АСУП задач.

При применении метода экспертных оценок необходимо:

1) выбрать состав экспертов по уровням; 2) установить коэффициенты компетентности экспертов; 3) разработать форму анкетного опроса по уровням; 4) провести опрос и обработать его результаты. На основе анкетного опроса по каждому уровню и поставленному вопросу определяют средневзвешенную оценку и тем самым устанавливают важность (ранжирование) целей, показателей, задач.

Так как предстоит определить состав решаемых задач в системе АСУП все направления уровня В для достижения показателей уровня Б содержат вопрос о возможности использования ЭВМ.

На уровне Г определяется состав задач, которые можно решать на ЭВМ, и они призваны сыграть решающую роль для достижения показателей (уровень целей предприятия (уровень А).

По полученному составу (массиву) задач, установленных тем или иным методом, который характеризует систему в целом, необходимо определить очередность их решения в АСУП. Для этого нужно установить информационную взаимосвязь решаемых задач и очередность решения информационно взаимосвязанных задач. Например, нельзя решить задачу «Расчет загрузки цеха по видам оборудования», не решив предварительно задачу «Подетальный план цеха» с указанием прграммы выпуска и трудоемкости изготовления деталей по видам работ.

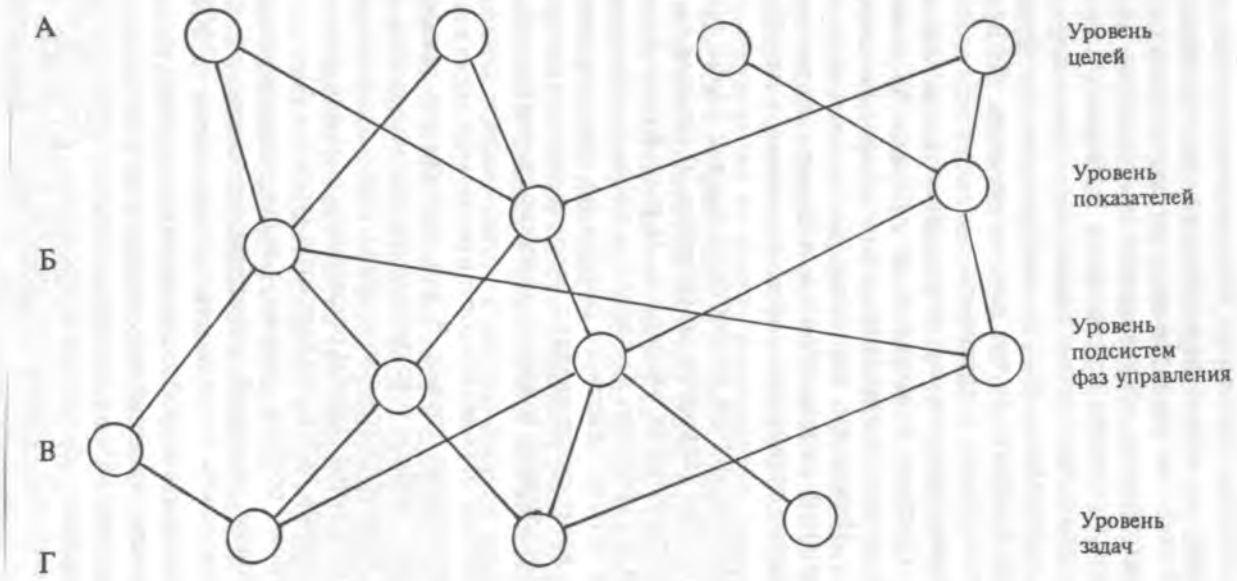


Рис.3. График уровней управления и решаемых задач

Необходимо также определить по каждой задаче ресурсы, требуемые для ее разработки и внедрения, рассчитать экономический эффект от ее внедрения.

Исследование потоков информации на предприятиях, внедряющих АСУП, и построение на основе этого информационных матриц, показывающих взаимосвязь задач, документов и показателей в документах, позволяет определить базовые задачи, без решения которых невозможно эффективное функционирование АСУП. Такие исследования на предприятиях показали, что *базовой задачей в АСУП является разузлование (моделирование) состава сложных изделий и создание на этой основе массивов применяемости, нормативов трудовых и материальных затрат.* Эта задача как первоочередная и указанные массивы используются при решении около 40% задач по подсистемам ТЭП, ОПУ, МТС, ТПП.

В связи с чем может быть использован следующий алгоритм очередности решения задач:

1. На основе анализа информационной взаимосвязи задач выбирается базовая задача «Разузлование состава сложных изделий».
2. Определяется список задач, связанных информационно с базовой.
3. Подсчитывается суммарный ресурс на реализацию этих задач.
4. Сравниваются ресурсы, требующиеся для реализации выбранных задач, с имеющимися. Если затраты ресурсов меньше имеющихся, то выбираются задачи (или задача), обеспечивающие наибольший экономический эффект для предприятия.

Так можно определить состав задач первой, второй и т. д. очереди решения задач в АСУП.

3.2. Постановка задачи в АСУП

Постановка задачи в АСУП — необходимая и достаточная совокупность сведений по конкретной задаче АСУ, которые определяют ее сущность, требования к регламенту решения, к исходным данным и конкретным результатам.

В действующих отраслевых руководящих материалах, ОСТах, ГОСТах по разработке АСУП постановка задачи оформляется специальным документом, который содержит три раздела: а) организационно-экономическая сущность задачи; б) информационная база задачи; в) алгоритм решения задачи.

3.2.1. Организационно-экономическая сущность задачи

Разработка организационно-экономической сущности задачи как раздела документа «Постановка задачи» является очень важным этапом решения задач в АСУП. Каждая задача, решаемая в АСУП, должна содержать подробную информацию по следующим направлениям:

1. Характеристика цели постановки и решения данной задачи. Дается словесное изложение содержания задачи с описанием методов ее решения. Особое внимание уделяется цели решения задачи. Если задача решалась ранее вручную и предлагается решать ее на ЭВМ, то определяются факторы, которыми достигается эффективность (например, повышается достоверность информации, возможность получения дополнительной оперативной информации, которая необходима для принятия управленческих решений, получаемый экономический эффект от решения задачи на ЭВМ в сравнении с традиционным методом и др.). Если задача в предыдущей системе не решалась, определяется влияние показателей (критериев) решаемой задачи на общие показатели работы предприятия. При решении оптимизационных задач анализируются и выбираются критерии оптимальности.

2. Перечень подразделений, на которые распространяется решение задачи. Любая задача в АСУП решается для определенных подразделений. Необходимо установить их перечень, особенности решения задачи для этих подразделений, а также круг подразделений, в которых используются результаты решения задачи: определяются задачи, решаемые в этих подразделениях, на основе информации данной ставящейся задачи.

3. Функциональная схема и ее описание. Особое значение при проработке организационно-экономической сущности задачи отводится разработке функциональной схемы задачи, которая позволяет конкретно установить прохождение потоков информации, связанных с решением задачи, и последовательность процедур (автоматических и ручных) по функциям управления.

На функциональной схеме с использованием специальных символов для формализованного описания процедур управления показываются: подразделения предприятия как источники и приемники информации; потоки документированной информации; ручные процедуры по преобразованию входной и выходной информации; машинные источники информации, формируемые другими задачами; преобразование данных периферийными сред-

ствами; блоки автоматического преобразования информации с помощью ЭВМ.

4. Периодичность решения задачи. По каждой задаче устанавливается периодичность решения. Указывается также периодичность корректировки выходной информации, массивов информации, участвующих в решении задач.

5. Временные оценки по подготовке и использованию информации. Указываются необходимые затраты времени на подготовку исходной информации, машинных носителей информации применительно к каждому подразделению.

6. Надежность функционирования и резервирования задачи. При постановке задачи необходимо предусмотреть решение задачи на другой технике или вручную в случае, когда автоматические процедуры не могут быть реализованы на ЭВМ. Разрабатываются методы по обеспечению надежности решения задачи и инструкции персоналу по выработке решения при отказе перефирийной техники, ЭВМ и пр.

3.2.2. Информационная база задачи. Вторым важным разделом документа «Постановка задачи» является информационная база ее решения. Целью создания информационного обеспечения задачи является определение перечня и физического состава информации, обеспечивающей решение данной задачи.

Входная информация АСУ -- это информация, поступающая в автоматизированную систему управления, в виде документов, данных, сигналов и с клавиатуры, необходимая для выполнения функции АСУ.

Она вводится перед каждым очередным решением задачи и отражает значение некоторых параметров производства к моменту ее решения. Перечень необходимой оперативной информации представляется в рис. 4.

В случаях, когда оперативная информация, необходимая для решения задачи, должна иметь вид извлечений из существующих документов, следует разработать и приложить образцы новых документов, по форме которых подразделения будут представлять в ИВЦ требующуюся информацию.

На вновь вводимые документы разрабатываются формы с четким определением лиц, которые должны заполнять и подписывать документ, с указанием реквизитов, подлежащих заполнению, специфических требований к заполнению. На введение каждого документа должны быть разработаны инструкции исполнителям.

Нормативно-справочная информация (НСИ) АСУ -- это информация, заимствованная из нормативных документов и справочников и используемая при функционировании автоматизированной системы управления. Нормативно-справочная информация подлежит постоянному хранению в памяти машины.

В этом подразделе следует определить перечень используемой НСИ, созданной ранее для решения других задач, и перечень НСИ, которую необходимо создать вновь для решения данной задачи. (рис. 5).

При использовании в качестве исходной информации промежуточных или конечных результатов (массивов), получающихся в результате решения других задач и хранящихся в памяти системы, следует привести перечень этих массивов. Если возникает необходимость в предварительной обработке используемых результатов смежных задач или в сортировке информации в определенных разрезах, необходимо изложить требования по каждому используемому массиву или реквизиту. Перечень используемых результатов смежных задач и требования к ним представляются на рис. 7.

Выходная информация АСУ — это информация, выдаваемая на объект управления, персоналу или в другие системы управления в виде документов, изображений, данных и сигналов и получаемая в результате выполнения функции автоматизированной системы управления.

Промежуточная информация — это информация, отражающая промежуточные результаты задач, подлежащая временному хранению в памяти машины.

Промежуточная информация используется для повторных решений той же задачи или для решения других задач и указывает на информационные связи между ними. Промежуточная информация должна храниться в системе в виде массивов-справочников. Перечень массивов-справочников промежуточной информации, представляется на рис. 8.

При создании информационного обеспечения решения задачи определяют перечень необходимых классификаторов и сравнивают их с имеющимися на заводе и в вычислительном центре, установив недостающие классификаторы и шифры. Если нужна дополнительная шифровка какой-либо информации, постановщику следует определить перечень объектов, подлежащих классификации и шифровке, и разработать требования к методике построения шифров.

3.2.3. Алгоритм решения задачи. Третьим важным разделом документа «Постановка задачи» является разработка алгоритма ее

решения. При формулировании организационно-экономической сущности задачи, решаемой в АСУП, определяется, что должно вычисляться, на какой информационной базе, выясняются технико-экономические условия решения задачи. Необходимо также показать, каким образом вычисления будут производиться на ЭВМ, т. е. разработать алгоритм решения задачи.

Алгоритм — это совокупность предписаний или система правил, определяющих процесс преобразования исходных данных в искомый результат за конечное число шагов.

Порядок разработки алгоритмов. Для одной и той же задачи может быть составлено несколько различных алгоритмов. Еще не разработаны формальные методы синтеза схем алгоритмов и не формализовано построение алгоритмов. Таким образом, разработка алгоритма — это творческий процесс, основанный на опыте. Это искусство разработчика. При разработке алгоритма решения задачи выполняются следующие этапы:

1. Описание общего замысла алгоритма и выбор путей его построения. На основе анализа организационно-экономической сущности задачи и ее информационной базы поставленная проблема изучается и определяются возможные варианты ее решения. Часто дают и словесное описание алгоритма.

2. Математическая формализация задачи, т. е. построение математической модели решения в виде формул, уравнений, неравенств, логических условий. Необходимо использовать типовые математические схемы, уже проверенные практикой.

3. Разработка общей блок-схемы алгоритма. Составляется укрупненная логика функционирования алгоритма.

4. Проработка структуры отдельных блоков в обобщенной схеме алгоритма.

5. Определение возможности использования стандартных процедур (блоков) — ввода, контроля, сортировки и др.

6. Стыковка отдельных блоков.

7. Разработка блоков логического контроля. Для защиты алгоритма от различных помех необходимо предусмотреть блоки контроля хода процесса.

8. Рационализация (автоматизация) схемы алгоритма: объединение (разъединение) операций; экономия совпадающих участков вычисления; перемещение операторов в алгоритме; оптимизация циклов.

9. Уточнение поля информации, распределение памяти ОЗУ.

10. Приближенная оценка машинного ресурса.

Перечень используемой оперативной входной информации

№№ п/п	Наименование используемых документов	Подразделение-поставщик	Используемые реквизиты документов	Значность реквизитов	Условное обозначение реквизитов

Рис. 4.

Перечень используемой нормативно-справочной информации

№№ п/п	Наименование используемых массивов (справочников)	Шифр справочника	Наименование используемых реквизитов	Значность реквизита	Условное обозначение реквизита

Рис. 5.

Перечень создаваемой нормативно-справочной информации

№№ п/п	Наименование создаваемых справочников, массивов	Шифр справочника	№ макетов справочников	Принцип упорядочения справочников	Наименование используемых реквизитов	Значность реквизитов	Условное обозначен. реквизитов

Рис. 6.

Перечень используемых результатов смежных задач

№№ п/п	Наименование используемых массивов (справочников)	Шифр справочников	Наименование используемых реквизитов	Значность реквизитов	Условное обозначение реквизитов	Принцип упорядочен. массивов или требования по предварительной обработке используемых данных

Рис. 7.

Перечень массивов-справочников промежуточной информации

№№ п/п	Наименование справочников	Шифр справочника	Требования по упорядочению справочника	Наименование реквизитов, используемых для последующих решений задач	Значность реквизитов	Условное обозначение

Рис. 8.

Создание нормативно-справочной базы АСУП. При внедрении АСУП важное значение имеет создание нормативно-справочной базы (НСБ), представляющей собой совокупность массивов данных нормативного и справочного характера систематизированных по видам ресурсов, функциям управления. Только при наличии нормативной базы, располагающей прогрессивными нормативными данными, возможно успешное функционирование АСУП.

Формирование нормативно-справочной базы АСУП включает: определение перечня необходимых нормативных и справочных данных (НСД), состава массивов данных; выбор машинных носи-

телей; определение структуры и содержания массивов; определение исходной документации; создание системы внесения изменений в эти массивы.

Для организации работ по формированию нормативно-справочной базы на предприятиях создаются бюро нормативного хозяйства (БНХ), обеспечивающие методическое руководство по созданию нормативных данных. На основе разработки документа «Постановка задачи» определяется состав подлежащих разработке нормативных и справочных данных (табл. 3), перечень вновь вводимых классификаторов и систем кодирования информации.

В задачу бюро нормативного хозяйства входит определение состава исполнителей для создания нормативных и справочных данных (отделы, цехи, лаборатория), планирование работ по созданию нормативной информации, увязка и определение последовательности заполнения новых форм НСД.

Разработка нормативных и справочных данных в условиях АСУП так же, как и при традиционных системах управления, возлагается на функциональные подразделения (отделы). Каждый функциональный отдел готовит первичные (исходные) документы, содержащие НСД, несет ответственность за правильность и прогрессивность нормативов. Функциональные отделы определяют также методы создания нормативных и справочных данных, характер нормативов (расчетные, опытно-статистические и др.).

На основе первичных документов работниками бюро совместно с представителями функциональных служб формируются исходные документы для создания машинных носителей информации, а затем ввода их в ЭВМ. Вся документация, поступающая в бюро нормативного хозяйства, подвергается контролю на правильность заполнения, правильность реквизитов, значность данных. Для контроля за НСД составляется машинограмма — их опись.

Внесение изменений и дополнений в массивы НСД (базы данных) производится на основании извещения об изменении. В извещении об изменении указывается дата, орган, выписавший извещение об изменении, шифр причины изменения, старые и новые данные. Извещения об изменении поступают в бюро нормативного хозяйства, проверяются, регистрируются и систематизируются. Своевременная и качественная корректировка массивов НСД является основой обеспечения всех подразделений предприятия достоверной информацией.

В банках данных, обеспечивающих централизованное хранение НСД, создаются базы данных (массивы): нормативы трудовых и материальных затрат, календарно-плановые нормативы, нормативы по составу оборудования и работающих, нормативы состава изделия, технологических процессов изготовления деталей, сборочных единиц, изделия и другие нормативы.

3.3. Организация функционирования АСУП

В заключение лекции кратко остановимся на организации функционирования АСУП. На предприятии, создающим АСУП, организуются специализированные подразделения — отделы АСУП и вычислительный центр (ВЦ).

Назначение этих подразделений — обеспечить организацию работ по подготовке предприятия к внедрению системы управления на новой научно-технической основе, контроль за ходом разработок, конкретное участие работников отдела в своих разработках и внедрении, а также сопровождение в процессе функционирования АСУП, развитие и совершенствование системы управления.

Основные задачи отдела АСУП определяются целью его создания. Поэтому работники отдела принимают непосредственное участие в проектировании и внедрении АСУП.

Функции, которые реализуются работниками отдела, сложны и многообразны. Прежде всего это научно-методические функции, включающие разработку (привязку) методических материалов по всем этапам создания АСУП и ВЦ, подбор и подготовку персонала ВЦ, обучение персонала предприятия методом работы в условиях функционирования АСУП.

Организационно-хозяйственные функции предопределяют комплекс работ по административному управлению, учету и оформлению кадровых передвижений, формированию хозяйственных договоров, материально-техническому обеспечению, эксплуатации зданий (помещений) ВЦ и т. д.

Информационно-технологические функции работников отдела АСУП связаны с реорганизацией документооборота, формированием новых процедур обработки информации и машинных программ для их реализации, созданием и ведением информационно-справочных массивов банка данных, промышленной эксплуатацией внедренных задач.

Планово-учетные функции охватывают оперативное управление производственным процессом информационно-вычислительного центра, перспективное и текущее планирование работ, бухгалтерский учет и отчетность, экономический анализ, нормирование труда и средств, статистический учет.

К техническим могут быть отнесены функции, связанные с подготовкой помещений ВЦ для размещения оборудования и всей необходимой вычислительной техники, получение, установка, монтаж и наладка всех устройств комплекса технических средств, техническое обслуживание и модернизация технических средств и стандартного математического обеспечения, техническая учеба и инструктаж производственного персонала ВЦ.

Если организационные структуры отделов АСУП, как правило, однотипны, то принципы построения организационных структур ВЦ могут быть различными; тематическими, функциональными и эксплуатационными. На выбор структур оказывает влияние ряд факторов и прежде всего административная самостоятельность ВЦ, источники финансирования, ведомственная принадлежность, выполняемые функции, тип и количество вычислительных машин, объем обрабатываемой информации, сложность решаемых задач, технология выполнения работ и т. п.

4. ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОДСИСТЕМЫ АСУП

Изучая структуру АСУП, мы кратко останавливались на понятиях об этих подсистемах.

Теперь рассмотрим некоторые из них более подробно. Начнем с подсистемы информационного обеспечения.

4.1. Информационное обеспечение

Управление предприятием — сложный информационный процесс, требующий информации определенного содержания, количества, качества и направленности. Управленческая информация всегда имеет целевое назначение и содержит либо управленческие команды, либо сведения о состоянии управляемого объекта.

Информация — это сообщение, уменьшающее неопределенность в той области, к которой оно относится. Информация является основой принятия управленческих решений, средством взаимосвязи функциональных и обеспечивающих подсистем в АСУП.

Для успешного функционирования системы ее управляющая часть должна располагать всей необходимой технико-экономической информацией. Система технико-экономической информации управления, являющаяся частью информационного обеспечения АСУП, представляет собой совокупность различных экономических, технических, организационных, социологических и других данных, используемых в процессе управления предприятием.

Информационное обеспечение АСУП — это совокупность реализованных решений по объемам, размещению и формам организации информации, циркулирующей в автоматизированной системе управления при ее функционировании (ГОСТ 24.003-84).

Можно также дать и такое определение:

Информационное обеспечение — совокупность системы классификации и кодирования, системы показателей, языков записи данных, унифицированных систем документации и массивов информации, используемых в автоматизированных системах управления.



Рис. 9. Упрощенная схема классификации информационного обеспечения

Информационное обеспечение АСУП включает:

— состав информации, т. е. перечень информационных единиц или информационных совокупностей (показателей, констант, переменных, документов, других сообщений, необходимых для решения комплекса задач системы);

— структуру информации и закономерности ее преобразования, т. е. правила построения показателей, документов, агрегации и декомпозиции информационных единиц в цепочке «вход--система--выход»;

— характеристики движения информации, т. е. количественные оценки потоков информации (объем, интенсивность), определение маршрутов движения документов, построение схем документооборота, временные характеристики функционирования источников информации, получения первичных данных использования исходных данных, продолжительности хранения, старения и обновления данных;

— характеристики качества информации, т. е. систему количественных оценок полезности, значимости, полноты, своевременности, достоверности и других качеств информации;

— способы преобразования информации, т. е. методы отбора, доставки, распределения информации, методика расчета показателей, схемы обеспечения информацией подразделений системы управления, подготовки рабочих массивов для решения задач.

Упрощенная схема классификации информационного обеспечения приведена на рис. 9. Исходя из рисунка, в информационной базе можно выделить массивы трех типов: генеральный, производный, оперативный. Генеральный массив объединяет все данные, необходимые для решения задач АСУП. Производные массивы создаются из генерального. Создание производных массивов обусловлено необходимостью разбить огромный объем информации, хранимой в генеральном массиве, на ряд массивов, более приспособленных для решения задач управления. Оперативные массивы обеспечивают вычислительный процесс текущей переменной информацией.

Информационное обеспечение АСУП должно быть организовано в соответствии со следующими требованиями: предоставление информации о состоянии объекта по всем управляемым параметрам; формирование необходимой достаточной и достоверной информации; обеспечение защиты данных; обеспечение своевременности сбора и передачи информации дя обработки; установление

определенной периодичности поступления информации в соответствии с режимом управления; применение совершенных носителей, способов нанесения и обработки информации с использованием современных технических средств; внедрение интегрированной системы обработки данных, обеспечение сжатия информации при переходе от низших уровней управления к высшим.

4.1.1. Характеристика информации

Рассмотрим некоторые характеристики информации.

Источниками возникновения (и одновременно приемниками) информации являются конкретные структурные производственные и управленческие подразделения предприятия или органа управления (рабочие места, склады, участки, цехи, различные службы, отделы и т. д.), и различные внешние связанные с ними организации.

По направлению информация подразделяется на исходную и управляющую. *Исходная информация* направлена всегда от объекта управления к системе управления, от системы управления низшего к системе управления более высокого уровня; *управляющая информация* направлена в противоположную сторону.

Периодичность возникновения и передачи информации установлена для значительной части систематизированных видов информации. Периодичность возникновения и передачи информации о состоянии производства должна обеспечивать возможность оперативного вмешательства управляющего персонала для устранения возникающих отклонений от запланированного хода производства. Сокращение периодичности информации резко увеличивает объемы возникающей информации и работ по ее приему, передаче и переработке.

Многие виды информации, вызванные внутренними или внешними возмущениями (брак, срыв поставок материала и т. п.) имеют вероятностный характер возникновения и передачи.

Частота образования и передачи информации является величиной, обратно пропорциональной периодичности, и измеряется количеством сообщений, переданных в единицу времени.

Степень взаимосвязи характеризуется количеством видов информации, взаимосвязанных с данным видом информации. Взаимосвязанными видами являются, например, исходная и производная информация.

Степень постоянства характеризуется временем, в течение которого информация сохраняет свое значение. По указанному признаку информация подразделяется на постоянную, условно-постоянную, переменную. *Постоянная информация* не изменяет своего значения в течение длительного периода времени (наименование предприятия или учреждения, наименование и шифр изделий, деталей, документов и т. п.). Условно-постоянная информация сохраняет свое значение на определенный период времени (цены, нормативы и т. п.).

Переменная информация характеризуется случайностью своего возникновения во времени (количество изготовленной продукции, количество отпущенных материальных ценностей и т. п.).

Соотношение объемов указанных видов информации имеет большое значение для выбора технических средств автоматизации информационных процессов, особенно таких, как хранение и поиск.

По структуре информация подразделяется на признаную (основную и вспомогательную) и количественную.

Основная признаная информация указывает время и место события, источник и направление информации, отличительные особенности объекта управления и т. п.

Вспомогательная признаная информация служит для облегчения использования и обработки информации (номера документов или макета перфокарт, порядковые номера строк, граф).

Соотношение объемов количественной и признаной информации используется при выборе методов и технических средств автоматизации вычислительных работ.

Информационная емкость потоков сообщений и операций характеризуется количеством символов, необходимых для образования (емкость сообщений) или образующихся при их выполнении (емкость операций).

Методами образования потоков информации являются:

— формирование информации на основе операций первичного учета;

— формирование информации (производной) на основе преобразования или заимствования полученной исходной информации.

Степень использования потока информации характеризуется:

— отношением однократно используемой информации к общему объему используемой информации;

— отношением используемой информации ко всему объему полученной и образованной информации.

4.1.2. Документооборот

Производственно-хозяйственная деятельность предприятия характеризуется сведениями в документированном или ином виде. Документы являются основным носителем информации на предприятии.

Документы можно классифицировать по разным принципам. Прежде всего их можно разделить на две группы: систематизированные и несистематизированные документы (деловая переписка).

Систематизированные документы в свою очередь делятся на *типовые унифицированные* (документы, используемые на всех промышленных предприятиях) и *индивидуальные* (документы, имеющиеся только на рассматриваемом предприятии).

С точки зрения источника формирования документы делятся на внешние и внутренние. Внешние документы разрабатываются вне данного предприятия и характеризуют его производственно-хозяйственные взаимоотношения с другими предприятиями и организациями: (счета -- платежные требования, рекламации). Внутренние документы составляются на предприятии и отражают внутризаводские операции (платежные ведомости -- на выплату заработной платы, требования цехов на отпуск материалов в производство).

Документы, отражающие процессы функционирования подразделений предприятия, различны по своему назначению и разделяются на: конструкторско-технологические, учетно-отчетные, плановые, нормативные, административно-организационные и пр.

Группировка документов по назначению позволяет выявить общую закономерность движения документов любого подразделения в зависимости от выполняемых им функций.

С другой стороны, документы могут быть сгруппированы по принципу принадлежности к функциональным задачам управления. Например, технологическая подготовка производства, контроль качества продукции, технико-экономическое планирование и т. д.

По способу использования документы делятся на разовые и накопительные. Примерами *разовых документов* являются счета,

платежные требования, накладные, кассовые ордера, авансовые отчеты, приемные и сдаточные акты и т. д. *Накопительные документы* применяются для многократной записи данных о ряде однородных операций, выполняемых постепенно в течение некоторого периода времени.

Большое значение при изучении производственной информации имеет периодичность составления и обработки документов на предприятии. По периодичности разработки документы разделяются на текущие, ежемесячные, ежедневные, еженедельные, полумесячные, месячные, квартальные, полугодовые, годовые.

В зависимости от способа получения документы разделяются на *первичные и производные.* Для построения технологических процессов обработки информации важное значение имеет анализ форм первичных документов. Это объясняется значительным количеством форм первичных документов, действующих на предприятии, массовостью их поступления, использованием первичных документов для составления сводных документов.

По количеству отражаемых хозяйственных операций документы подразделяются на однострочные, многострочные. К *однострочным* относятся документы, в которые записывают хозяйственную операцию; в м*ногострочный* документ записывают несколько операций.

По способу охвата хозяйственных операций документы подразделяются на разовые и накопительные.

Разовые документы применяют для оформления одной или нескольких хозяйственных операций, информацию о которых записывают одновременно.

Накопительные документы содержат информацию об однородных, периодически повторяющихся хозяйственных операциях за определенный промежуток времени (смену, сутки, неделю).

По полноте информации документы делятся на документы с обязательным минимумом единичных данных и документы с частью обязательных единичных данных.

Кроме рассмотренной классификации, принята группировка документов по степени их использования для обработки других документов. Проведенное исследование документов на предприятиях показывает, что около половины как внутренних, так и поступающих извне документов являются конечными и служат основанием для принятия решения или отправляются во внешние организации.

Кроме четверти внутренних и поступающих извне документов относятся к группе документов, используемых для образования только одной формы документа.

По степени участия в технологических процессах управления различают следующие виды производственных документов:

основные: производственные документы, содержащие сведения о фактическом или запланированном состоянии предметов труда, средств труда и работниках предприятия;

вспомогательные: документы, в которых фиксируются сведения об основных производственных документах;

нормативно-технические: документы, содержащие экономические или технические показатели, нормы, справочные сведения, используемые для проектирования и расчетов в течение длительного времени при составлении основных производственных документов (тарифные сетки, стандарты, нормы).

В системе документооборота основные документы делятся на:

первичные: документы, содержащие исходную информацию для реализации данной функциональной задачи управления;

промежуточные: документы, составляемые на основе обработки сведений первичных документов предприятия и являющиеся исходными для составления директивных документов (сводки, рапорты, отчеты, ведомости и т. п.);

директивные: документы, содержащие указания о достижении поставленных целей (планы, протоколы, задания, решения и т. п.);

результативные: документы, содержащие сведения, о достижении целей, установленных директивными документами (акты внедрения, отчеты, справки и т. п.).

4.1.3. Система экономических показателей

Показатель представляет собой одну из важнейших форм экономической информации.

Показатель -- количественная характеристика какого-либо объекта, явления, процесса, качественно определенная величина.

Экономические показатели могут быть количественными (в том числе порядковыми), качественными (в том числе в сопоставимых качествах) и номинальными.

Структура показателя. Показатель состоит из наименования и значения. Наименование показателя выражает основной экономический смысл показателя, соотносящий показатель с системами экономических категорий и конкретной системой управления.

Элементы структуры показателя в процессе обработки используются следующим образом. Измеримые части подвергаются в основном арифметической обработке. Наименования используются для осуществления и поиска, выборки, объединения и упорядочения показателей.

Под ***системой экономических показателей*** принимается совокупность взаимосвязанных показателей, всесторонне характеризующих отображаемую систему (объект), подсистему или выполняемую хозяйственную функцию в аспекте определенной задачи (комплекса задач) с помощью определенного набора экономических категорий и понятий. В системе показателей должна быть достигнута взаимная увязка и сопоставимость показателей по объему понятия и методологии измерения.

Основанная на всестороннем учете связей между показателями, система показателей обеспечивает адекватное отображение производственно-хозяйственных процессов в системе, интегрированную обработку данных, рациональную организацию памяти системы.

Для выполнения этих функций система показателей должна удовлетворять следующим требованиям:

1) не быть чрезмерно громоздкой, обеспечивая достаточно полное и всестороннее отображение производственно-хозяйственных процессов;

2) обеспечивать сопоставимость показателей, которая заключается в упорядочении языкового (знакового) выражения показателей, в установлении общности терминов, а также в разработке методологии расчета показателей;

3) позволять использовать соответствующую классификацию и кодирование показателей для выполнения различных группировок показателей, необходимых для решения каждой конкретной задачи, и индексацию их по содержательным признакам;

4) обеспечить применение прогрессивных форм организации хранения и поиска показателей.

4.1.4. Классификация и кодирование организационно-экономической информации

Применение ЭВМ в управлении базируется на обязательной классификации и кодировании информации. Кодовые обозначения объекта позволяют однозначно описать объект или свойства,

проводить различные логические операции с данными (поиск, выборка, группировка, установление взаимосвязи между объектами и др.).

Кодированию элементов множества предшествует классификация.

Классификация — это процесс разбиения множества объектов (элементов информации) на подмножества по установленным признакам сходства или различия.

Выбор основания деления множества обусловливается логическими процедурами, выполняемыми при решении задач.

Применяются следующие виды классификации: иерархическая, параллельная (фасетная), комбинированная, многоаспектная.

Иерархическая классификация строится по принципу последовательного деления множества. Любой элемент множества на каждом этапе деления относится только к одному подмножеству. Делимое равно сумме подмножеств. На каждом уровне членение производится только по одному признаку, общему для подмножества (рис. 10). Примером может служить классификация продукции по общесоюзному классификатору (ОКП). В ОКП 100 классов, каждый класс делится на 10 подклассов, подкласс на — 10 групп, группа — на 10 подгрупп, подгруппа — на 10 видов.

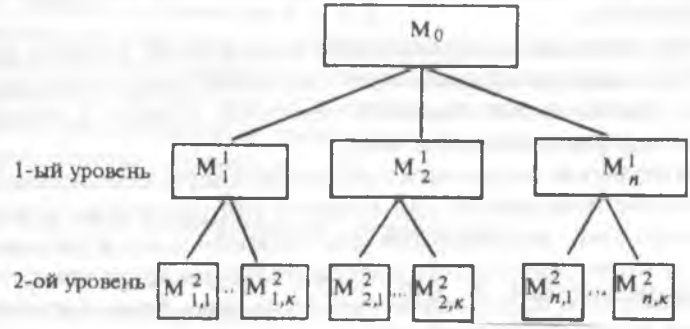


Рис. 10. Схема классификации множества иерархическим методом

Подмножества, образованные в результате классификации, называют классификационными группировками.

Параллельная (фасетная) классификация предполагает членение множества по ряду признаков с образованием подмножеств. Этот метод иногда называют методом независимой классификации (рис.11).

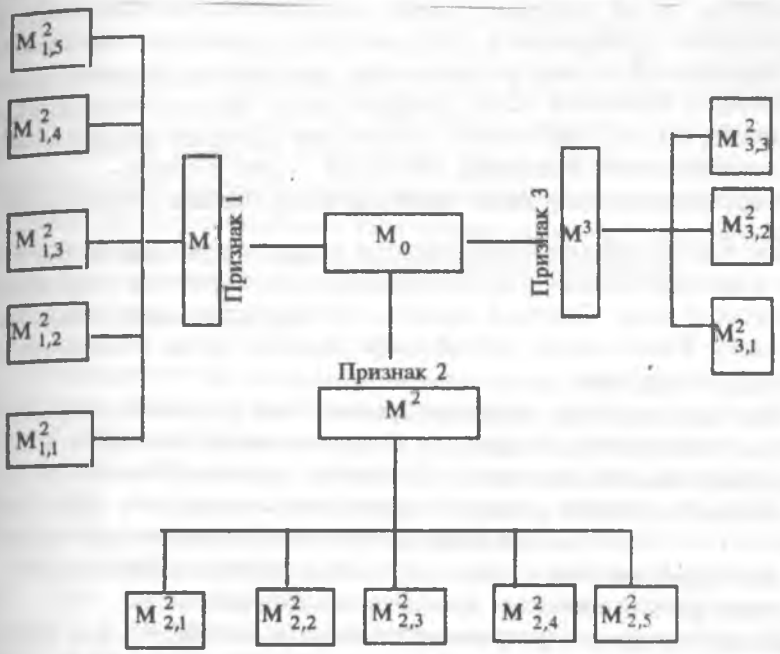


Рис. 11. Схема классификации множества фасетным методом

Комбинированная классификация строится на основе применения иерархической и фасетной классификации.

Многоаспектная классификация характеризуется объединением одинаковых элементов множества в различные группировки. Например, прокат можно классифицировать на листовой, сортовой, профильный, но сортовой и профильный могут быть и переменного сечения.

На основе классификации и создания классификационных группировок проводят кодирование информации.

Кодирование — процесс присвоения элементам множества кодовых обозначений, т. е. перевод обычной записи информации в запись в виде кода (шифра).

В результате кодирования ЭВМ будет работать, например, с объектом «Иванов Иван Иванович» не по его фамилии, а по его коду (шифру) РК5101 — где код включает: РК — факультет РК; 5 — номер специальности; 10 — номер семестра; 1 — номер группы; 11 — порядковый номер Иванова, по списку группы.

Цель кодирования — представить информацию в компактной форме, приспособить ее к особенностям технических устройств,

обеспечить более удобный поиск, сортировку, группировку и упорядочение информации. Посредством кодирования ускоряется и упрощается запись на машинных документах, ее ввод.

По числу символов коды (шифры) могут быть однозначными и многозначными, простыми и сложными. Простой код отражает одну номенклатуру признака, сложный — две и более.

Применяются следующие системы кодирования информации.

При порядковой (простой) системе кодирования каждому элементу классификационной группировки присваивается очередной порядковый код. Система проста, обеспечивает минимальную значность. Код не несет другой информации, кроме порядкового номера регистрации.

Серийная система предусматривает кодирование двухпризначных номенклатур (например, кодирование производственных подразделений предприятия). Старшему признаку отводится серия номеров, внутри которой все объекты младшего признака шифруют по порядку. При определении серии номеров обязательным является наличие резерва свободных номеров. Преимуществом этого метода является простота построения кода.

Последовательная (разрядная) система применяется для кодирования сложных номенклатур, построенных по иерархическому признаку (например, кидирование по общественному классификатору продукции — ОКП). Каждому классификационному признаку отводится определенное число разрядов, кратное 10, которое зависит от количества элементов кодируемого множества. Достоинством этой системы является возможность сортировать и группировать информацию по любому признаку.

Система повторения предусматривает присвоение шифров (цифровых или буквенных), непосредственно характеризующих данный объект (размер, масса, объем, группа сложности). По системе повторения кодируют обычно основание реквизитов (например, кодирование размерной характеристики площадки). Достоинством системы является простота кодирования, недостатком — невозможность изменить структуру шифра.

Комбинированная система предусматривает кодирование элементов множества по разным системам кодирования, описанным выше: по разрядной и серийной, разрядной и системе повторения и др. (например, кодирование наличного оборудования предприятия).

Четкое функционирование информационной системы требует разработки и использования различных по составу и структуре классификаторов. Классификаторы элементов множества разрабатываются для того, чтобы обеспечить перевод информации с естественного языка на машиночитаемый. Классификатор представляет собой документально оформленный систематизированный свод наименований и кодов определенного множества объектов, объединяемых по некоторым общим признакам.

4.1.5. Понятие ИСОД

Интегрированная система обработки данных (ИСОД) -- система обработки данных, в которой информация перерабатывается по единой схеме на основе единых для различных задач исходных и нормативно-справочных данных. Это означает, что все процедуры обработки данных рассматриваются как взаимообусловленные элементы неразрывного процесса управления.

Основная предпосылка ИСОД — это разделение управленческого труда на «творческие» процессы, связанные с принятием решений и анализом производственно-хозяйственной деятельности, и на чисто механические работы, сводящиеся к простой переписке документов, заполнению форм и т. д.

Различия в организации традиционных систем обработки данных и интегрированной системы связаны с изменением направленности потоков информации и централизации процедур обработки данных. Интегрированная система обработки данных, таким образом, позволяет ликвидировать автономные, во многом дублирующие друг друга системы сбора, переработки данных, организуемые каждым функциональным подразделениям органа управления.

Создание интегрированных систем обработки данных предполагает решение как научно-методических, так и практических вопросов. Наибольшую сложность представляют практические вопросы, которые выражаются в переводе действующей системы обработки данных на новые принципы информационного обеспечения. Это означает поэтапный перевод старой организации информационных работ на новые формы. Процесс перевода осуществляется в ходе функционирования действующей системы управления.

Основные *принципы* ИСОД включают:

— четкое распределение всей технологии работ планирования и управления на творческие операции;

— формализацию рутинных механических операций и разработку подробных процедур их реализации в виде инструкций, алгоритмов и машинных программ;

— централизацию обработки данных в специально выделенном структурном звене управления, что позволяет наиболее рационально использовать средства вычислительной и организационной техники, а также внедрить наиболее прогрессивные формы организации труда, счетно-конторского персонала, в том числе кооперационное разделение труда;

— организацию единого, централизованного нормативно-справочного хозяйства в ведении аппарата обработки данных, что устраняет разнохарактерность, а зачастую и противоречивость нормативных данных, которыми пользуются различные функциональные службы управления (единое нормативное хозяйство может также стать базой организации развитой системы памяти для хранения базовых и справочных данных).

— реализацию принципа однократного ввода данных в ИСОД с их последующим многоцелевым использованием при проведении различных расчетов;

— рационализацию документооборота, включая упорядочение маршрутов движения документов и построение схемы документооборота с учетом прохождения документов через «фильтр» обработки в специальном структурном подразделении управления, а также упрощения документальных форм;

— высвобождение аппарата, подготавливающего исходные данные (первичные документы), от операций, связанных с поиском и занесением в бланки документов каких-либо справочных или расчетных данных;

— всемерное избавление квалифицированных сотрудников аппарата планирования и управления от «черновой» работы, связанной с подготовкой промежуточных документов, расчетами производственных показателей, поиском и предварительной обработкой справочных данных и оформлением конечных результатов.

В соответствии с этими принципами организуется весь процесс деятельности аппарата управления и строится схема документооборота.

Эффективное использование ЭВМ в управлении невозможно без ИСОД.

4.1.6. Банки данных

Проектирование больших информационно-вычислительных систем требует развития общесистемного информационного и программного обеспечения, использования концепции *банков данных* (БД).

Традиционные способы организации данных в виде отдельных файлов для каждой задачи (или групп задач) приводят к многократному дублированию и частой реорганизации данных, увеличивают сроки выдачи оперативной информации. Применение БД открывает принципиально новые возможности использования ЭВМ: способствует поддержанию динамической информационной модели управляемого объекта в актуальном состоянии и обеспечивает доступ коллективных пользователей к этой информации.

Банк данных представляет собой комплекс специальным образом организованных данных большого объема и сложной структуры называемых базами данных, и совокупности программ, обеспечивающих централизованное поддержание, обновление и использование этих данных различными пользователями.

Подобные программные комплексы обычно носят название систем управления базами данных (СУБД).

База данных АСУ — это совокупность данных, используемых при функционировании автоматизированной системы управления, которая организована по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными, и независима от прикладных программ (ГОСТ 24. 003-84).

В настоящее время существует ряд систем управления данными. Наибольшее распространение получили системы ОКА, БАНК, ИНЭС, СЕДАН. В системе управления базами данных «ОКА» реализованы принципы интегрированного и централизованного управления базами данных сложных иерархических структур. Система имеет широкое распространение благодаря ее большим возможностям, универсальности предлагаемых средств широкой сферы применяемости. Она ориентирована на создание БД в АСУ с ежедневным объемом обрабатываемой информации в несколько миллионов байт.

Сочетание организации данных со способом их обработки называется методом доступа к данным. Операционная система ЕС ЭВМ предоставляет пользователю следующие методы доступа: последовательный, индексно-последовательный, прямой, библиотечный.

Метод последовательного доступа предполагает, что данные организованы последовательно, записи располагаются на внешнем носителе одна за другой, и в том порядке, в котором они записаны, они и будут обрабатываться. Такая запись может быть организована на всех типах внешних устройств, а на перфокартах, магнитных лентах и перфолентах возможна только последовательная запись и последовательный метод доступа. Для получения какой-либо записи при этом методе нужно прочитать все предшествующее.

Метод индексно-последовательного доступа позволяет быстрее находить нужную запись, так как каждая запись здесь имеет индекс-ключ, который вносится в область физической записи. При этом методе обязательна возрастающая упорядоченность ключей логической записи, что позволяет по этим индексам целенаправленно вести поиск записи.

Метод прямого доступа позволяет обратиться к любой записи набора данных, указав ее адрес на магнитном диске. Адрес записи — это совокупность номеров цилиндра, дорожки и порядкового номера записи на дорожке. При поиске записи бывает достаточно указать ориентировочный адрес, например, номер цилиндра или номер дорожки и границу поиска. Прямой доступ обеспечивается хранением информации на магнитных дисках.

Метод библиотечного доступа пользуется для наборов данных, имеющих библиотечную организацию, т. е. оформленных в виде разделов (участков), снабженных оглавлением. Оглавление имеет имя раздела, адрес и размер раздела. Наличие оглавления позволяет обратиться к требуемым данным. Поскольку поиск раздела осуществляется по адресу, записанному в оглавлении, библиотечная организация возможна только на устройствах прямого доступа.

4.2. Математическое обеспечение

Математическое обеспечение АСУ — это совокупнность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, использованных при создании АСУ (ГОСТ 24. 003—84).

4.2.1. Принципы математического моделирования

Создание любых видов новой техники в настоящее время требует интенсивного использования математических методов. Невозможно представить себе разработку новых самолетов, кораблей, турбин без проведения сложных расчетов, позволяющих прогнозировать поведение конструируемых объектов в различных реальных условиях, найти варианты, обеспечивающие высокую надежность и эффективность. Это справедливо и по отношению к такой сложной человеко-машинной системе, какой является АСУ.

При разработке АСУ широко применяются как традиционные для инженерной практики математические методы (например, используются алгебраические и дифференциальные уравнения для расчета), так и новые методы, созданные за последние годы и образующие теоретическую базу проектирования сложных систем. Эти методы чаще всего объединяются под названием «теория исследования операций» и представляют собой большую и разветвленную совокупность различных разделов прикладной математики.

Практическое осуществление управляющих решений в больших производственных системах связано со значительными затратами труда, материалов, энергии. Выбор нерационального варианта решения может привести к огромным потерям в народном хозяйстве.

Само слово «выбор» подразумевает наличие множества вариантов, из которых и должен отбираться лучший или, по крайней мере, подходящий. Для выяснения качества вариантов нужно уметь прогнозировать последствия принятия того или иного управляющего решения. Здесь и возникает в первую очередь необходимость в математическом моделировании. В дальнейшем под математической моделью будем понимать набор функциональных соотношений, с помощью которых для каждого данного варианта управляющего решения можно рассчитать показатели, характеризующие последствия его принятия. Эти соотношения могут иметь явную форму аналитических заданных функций или набор правил (алгоритм), с помощью которых можно произвести расчет. Остановимся на первом, как более простом для понимания, варианте.

Предположим, что любое из сравниваемых решений может быть охарактеризовано набором величин (элементов решения)

$x_1, x_2, \ldots, x_n$. В качестве таких величин могут, например, фигурировать объемы выпуска различных видов продукции, объемы перевозок, мощности устанавливаемых на предприятии агрегатов и многие другие факторы, выделение которых зависит от существа задачи.

Для краткости будем обозначать весь набор решений одной буквой X. Показатели, характеризующие последствия решения, обозначим буквами $f_1, f_2, \ldots, f_m$. Этими показателями могут быть затраты различных материалов, энергии, ресурсов труда, денежных средств, показатели надежности, работы системы, обеспеченности требований потребителей продукции. Особую роль играют сводные показатели, характеризующие народнохозяйственный эффект типа приведенных затрат, приведенной эффективности, известные по курсу «Экономика промышленности». Однако следует иметь в виду, что выделение характерных показателей также зависит от существа поставленной задачи. Например, иногда важнейшим показателем является время выполнения заданного объема работ.

Функциональные связи между показателями $f_1, f_2, \ldots, f_m$ и решением X и составляют математическую модель, необходимую для выбора решения $f_1(x)$, $f_2(x), \ldots, f_m(x)$.

Выше говорилось, что решения должны выбираться с учетом реально существующих условий. Эти условия проявляются в двоякой форме. Прежде всего они определяют сам вид функциональных связей, например, затраты труда на выпуск определенного количества продукции на управляемом предприятии зависят от реальной производительности оборудования и квалификации персонала. Отразим влияние этих условий, введя в функциональные связи параметры $f_1(x, a)$, $f_2(x, a)$, ..., $f_m(x, a)$, где a -- сокращенное обозначение для множества a_1, a_2, ... определяющих параметров. В отличие от решения X они не могут выбираться и фиксируются условиями, в которых реализуется само решение. Для их нахождения следует использовать информационную базу АСУ.

В наиболее простых и широко используемых типах моделей эти параметры считаются заданными, известными, детерминированными. Например, производительность станков берется соответствующей паспортным данным, производительность рабочих — соответствующей нормативам, установленным для различных операций. Модели, построенные при таком предположении, на-

зывают *детерминированными.* Однако ясно, что реальные условия функционирования системы не всегда поддаются точному прогнозу и в этом, по-видимому, главное препятствие при использовании математических моделей. Для более глубокого отражения реальности часто предполагают, что определяющие параметры являются случайными величинами, *вероятностные* характеристики которых могут быть оценены методами математической статистики при обработке данных предварительных экспериментов. Такие модели называются *вероятностными.* Вместе с тем предположение о случайном характере параметров есть предположение об их статистической устойчивости, т. е. о возможности прогнозирования на базе сведений о прошлом поведении. Иногда же и это предположение может быть немотивированным, условия функционирования в значительной мере определяются действиями объекта, а эти действия непредсказуемы и могут быть любыми в пределах его возможностей.

В такой ситуации приходится отказаться даже от вероятностного подхода и использовать методы теории игр, где допустимо считать, что параметры a могут принимать любые значения, например от нижнего до верхнего предельного значения. Таким образом, в зависимости от характера возможного прогнозирования влияния реальных условий на показатели мы выделили три типа моделей: *детерминированные, вероятностные и игровые.*

Далее укажем, что внешние условия проявляются также в наличии ограничений на допустимые уровни показателей. Так, показатели затрат материалов не могут превышать лимитированных величин, время выполнения не должно быть больше директивных сроков и т. п. Как правило, подобные ограничения связаны с необходимостью учета того, что управляемый объект не является изолированным, а входит в состав большей, например народнохозяйственной или даже экологической, системы.

Формально эти условия можно отразить в модели, записывая неравенство вида

$$f_1(x, a) \le b_1;\ f_2(x, a) \le b_2, \ldots,$$

где b_1, b_2, ... -- предельно допустимые значения показателей, естественно возможны и ограничения снизу типа $f_5(x, a) \ge b_5$.

Эти неравенства определяют область допустимых управляющих решений X. Любой набор величин $X = (x_1, x_2, \ldots x_n)$, удовлетворяющий этим неравенствам, называют допустимым решением

или допустимым планом. Обычно достаточно найти какое-либо допустимое решение, удовлетворяющее всем поставленным требованиям, и рекомендовать его для реализации. Однако часто возникают иные ситуации.

Первая ситуация возникает тогда, когда требования поставлены не слишком жестко, и существует много различных вариантов, удовлетворяющих им. Однако не все эти варианты представляются равноценными. Среди них можно попытаться отобрать наилучший вариант, позволяющий получить наибольшее значение важнейшего показателя, например сводного показателя типа приведенного народнохозяйственного эффекта, или обеспечивающий наименьшее значение времени выполнения заданного объема работ. Такой важнейший показатель называется *целевым*, а выбор решения, обеспечивающего экстремальное (наибольшее или наименьшее, в зависимости от смысла) значение целевого показателя называют *задачей оптимизации* или *задачей оптимального планирования*. Если обозначить выделенный важнейший показатель через $F(x, a)$, то формулируется следующая математическая проблема: найти такое X, чтобы оно доставляло экстремальное значение $F(x, a)$ среди всех других, допустимых по ограничениям управляющих решений.

Вторая ситуация возникает в том случае, когда требования поставлены слишком жестко и нет ни одного решения, удовлетворяющего им (например, требуется резко повысить выпуск продукции, а лимиты на материалы увеличиваются незначительно). Тогда возможны два выхода: либо указать решение, наиболее близкое к допустимой области, либо, что практически полезнее, попытаться указать такое наименьшее повышение лимита на ресурс, являющийся «узким местом», при котором остальные ограничения оказываются выполнимыми. Возникающие в обоих случаях математические проблемы будут иметь такую же форму нахождения экстремума функции при ограничениях в виде системы неравенств, какая указана выше.

Отметим, что подобные математические проблемы не могут быть решены методами классического математического анализа, и в рамках исследования операций создана специальная дисциплина -- математическое программирование, — изучающая свойства таких проблем и численные методы их решения. С основным разделом этой дисциплины — линейным программированием — мы несколько подробнее ознакомимся ниже.

4.2.2. Линейное программирование

Наиболее разработанным разделом математического программирования является линейное, в рамках которого исследовать и решать задачи оптимизации, где функциональные связи можно задать в виде линейных функций управляющих факторов.

Первым исследованием по линейному программированию является работа Л. В. Канторовича «Математические методы организации и планирования производства», опубликованная в 1939 г. В ней дана постановка задач линейного программирования, разработан метод разрешающих множителей решения задач линейного программирования и дано его теоретическое обоснование.

За последнее время появилось значительное число работ по теоретическим и вычислительным аспектам линейного программирования.

Задача линейного программирования формулируется следующим образом. Требуется определить экстремум линейной функции переменных $X = (x_1, \ldots, x_n)$:

$$L = L(x_1, \ldots, x_n) = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j,$$

называемой целевой функцией при следующих ограничениях, наложенных на переменные (запись в векторной форме):

$$\sum_{j=1}^{n} A_j x_j \le B, \quad x_k \ge 0, \quad k \le n,$$

где $A_j = \begin{vmatrix} a_{1j} \\ \vdots \\ a_{mj} \end{vmatrix}$ — j- й вектор-столбец условий задачи;

$B = \begin{Vmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{Vmatrix}$ — i -вектор-столбец ограничений задачи.

Векторы A_j в совокупности образуют матрицу $A = \|a_{ij}\|$ условий задачи.

Вектор $X=(x_1, \ldots, x_n)$, удовлетворяющей системе условий (2.1.), называется планом рассматриваемой задачи. Каждый план определяет соответствующее значение линейной функции L. Решением задачи или оптимальным планом называется план $X^*=(x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^*)$, определяющий экстремум линейной формы $L(x_1, \ldots, x_n)$. Для случая максимизации линейной формы план X^* будет оптимальным, если $L(X^*) \geq L\,X$. При минимизации линейной формы знак неравенства изменится на противоположный.

Для каждой задачи линейного программирования определенным образом может быть построена некоторая другая задача линейного программирования, называемая двойственной. Для исходной (прямой) задачи, формулируемой как

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \leq b_i, \quad i=1,\ldots,m; \quad \max\, L_1(x_1,\ldots,x_n)=\sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j; \quad x_j \geq 0,$$

имеем соответствующую двойственную задачу

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij}\, Y_1 \geq c_j, \quad j_m = 1,\ldots,n.$$

Как видно из постановки двойственной задачи, ограничения исходной (прямой) задачи служат коэффициентами новой целевой линейной функции и, наоборот, матрица условий задачи транспонируется, знаки неравенств изменяются на противоположные, максимизация линейной формы изменяется на минимизацию. Существуют алгоритмы, позволяющие получать решения прямой и двойственной задачи одновременно.

Справедлива следующая основная теорема двойственности. Если одна задача из задач двойственной пары имеет решение, то другая также разрешима. При этом при любых оптимальных планах для данных двух задач

$$X=(x_1^*,\ldots,x_n^*) \text{ и } Y=(y_1^*,\ldots,y_m^*)$$

имеет место равенство

$$\sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j^* = \sum_{i=1}^{m} b_i\, Y_i^*$$

Двойственность задач линейного программирования используется при интерпретации задач и их решения. Исходя из теоремы двойственности, достаточно найти решение одной из двойственных задач — наиболее простой.

Приведем экономическую интерпретацию прямой и двойственной задачи линейного программирования. Пусть имеется n способов производства некоторого однородного продукта. Количество продукта, вырабатываемое с помощью j-го способа производства в единицу времени, составляет c_j единиц. Использование j-го способа производства в течение единицы времени связано с расходом i-го фактора производства $(i-1,\ldots,m)$, равным a_{ij}. Допустим, что запасы факторов производства составляют соответственно $b_1,\ldots,b_m$ единиц. Время, в течение которого производство ведется по j-му способу, обозначим через x_j.

Прямая задача линейного программирования является математической формулировкой проблемы составления такого плана использования способов производства, который позволяет получить максимальное количество однородного продукта при имеющихся в наличии ресурсах $b_1,\ldots,b_m$.

Допустим теперь, что необходимо в рамках рассматриваемого производства оценить каждый из его факторов.

Рассмотрим идеализированную замкнутую модель производства, в которой связи с внешней средой строго фиксированы условиями задачи (ограниченные ресурсы и отработанные способы производства), которые определяют оценку каждого фактора, внутреннего для данного производства. Следует иметь в виду, что эта оценка является относительной. Одни и те же производственные факторы для разных предприятий и районов представляют различную значимость.

Изменение условий производства, например изменение запасов различных факторов, приводит к необходимости переоценки этих факторов. Относительность оценок факторов производства связана и с тем, что эти оценки измеряются в единицах ценности выпускаемой продукции.

Ценность продукции определяется условиями, внешними по отношению к данному производству. Примем оценку единицы производимого продукта за единицу. Оценка единицы производимого продукта (ценность продукции) является здесь исходным

понятием, отправляясь от которого можно установить оценки различных факторов производства.

Обозначим через $y_i\,(i=1,\ldots,m)$ ОЦЕНКУ ЕДИНИЦЫ i -го фактора производства (оценку i-го фактора).

Исследуем j-й способ производства с точки зрения расходов и доходов. Если использовать этот способ производства в течение единицы времени, то оценка этих затрат составит $z_j=\sum_{i=1}^{m} a_{ij}\,y_i$, а оценка j-го способа окажется равной c_j. При рационально выбранных оценках факторов производства оценка суммарных расходов не может быть меньше оценки изготовленной продукции. Следовательно, для любого $j=1,2,\ldots,n\; z_j \geq c_j$.

Другими словами, вектор оценок $Y=(y_1\ldots y_m)$ должен подчиняться условиям двойственной задачи.

Итак, вектор оценок факторов производства является планом двойственной задачи. Для того, чтобы не допускать необоснованного завышения оценок факторов производства, надо стремиться к снижению суммарной оценке ресурсов $\sum_{i=1}^{m} b_i y_i$.

Можно показать, что при обеспечении этого условия имеет место равенство объема выпущенной продукции суммарной оценке ресурсов, т. е. основная теорема теории двойственности

$$\sum_{j=1}^{n} c_j x_j = \sum_{i=1}^{m} b_i y_i .$$

В литературе рассматриваются различные вычислительные методы линейного программирования. Наиболее часто применяется метод последовательного улучшения плана. Этот метод сформулирован академиком Л. В. Канторовичем и Дж. Данцигом и известен под названием симплекс-метода (метода последовательного улучшения плана). Идея метода заключается в выборе опорного плана и последовательном его улучшении вплоть до оптимального.

Известным способом построим опорный план, рассматриваемый как начальное приближение к оптимальному плану. Указы-

вается способ, позволяющий построить по выбранному неоптимальному плану другой опорный план, более близкий к оптимальному. Близость планов к оптимальному оценивается по некоторому установленному признаку.

Доказывается, что через конечное число шагов можно получить оптимальный план-решение задачи линейного программирования. Алгоритмы метода позволяют также в процессе вычислений установить, является ли задача линейного программирования разрешимой, т. е. определить, не будут ли условия задачи противоречивыми и обеспечивают ли они ограниченность ее линейной формы.

Задачи нелинейного программирования на практике возникают довольно часто, например, когда растут затраты не пропорционально произведенных товаров.

Общих способов решения задач нелинейного программирования не существует.

Но многие нелинейные задачи могут быть приближенно заменены линейными.

4.2.3. Прочие математические методы

4.2.3.1. Динамическое программирование

Одним из гибких методов оптимизации, нашедшем применение при решении различных задач упорядочения перебора вариантов, является метод динамического программирования. В отличие от линейного программирования он не требует линейности исходных зависимостей и не зависит от характера целевой функции.

Метод динамического программирования применяется, когда исследуемая задача может быть представлена в виде ряда последовательных этапов или шагов. Тогда на каждом шаге выбирается такой вариант, чтобы последовательность вариантов была наилучшей с точки зрения заданного критерия оценки решения задачи. Решение на каждом шаге принимаем таким, чтобы оно приводило к максимальному успеху решения всей задачи, т. е. для данного шага выбранное решение совершенно необязательно будет давать наибольший эффект.

Динамическое программирование — это поэтапное планирование многошагового процесса, где на каждом этапе оптимизируется один шаг, но управление на каждом шаге выбирается с учетом

его последствий в будущем, а не из односторонних интересов рассматриваемого шага. Для последнего шага будущего в данном смысле нет. Следовательно, для него управление выбирается так, чтобы оно дало наибольший эффект, было бы на этом одном этапе наилучшим. Поэтому процесс динамического программирования естественно, разворачивается с конца, т. е. сначала планируется последний шаг. Так как неизвестно, чем кончился предыдущий шаг, то для разных гипотез относительно окончания предпоследнего шага выбирается управление на последнем. Это приводит к понятию условно оптимального управления, найденного в предположении, что предыдущий шаг окончился на одной из принятых гипотез.

4.2.3.2. Метод Монте-Карло

В случаях, когда аналитические методы неприменимы (или же требуется проверить их точность), приходится прибегать к универсальному методу статистического моделирования или, как его часто называют, методу Монте-Карло.

Идея метода чрезвычайно проста и состоит она в следующем. Вместо того, чтобы описывать процесс, с помощью аналитического аппарата (дифференциальных или алгебраических уравнений), производится «розыгрыша» случайного явления с помощью специально организованной процедуры, включающей в себя случайность и дающей случайный результат. В действительности конкретное осуществление (реализация) случайного процесса складывается каждый раз по-иному, так же и в результате статистического моделирования («розыгрыша») мы получаем каждый раз новую, отличную от других реализацию исследуемого процесса. Что она может нам дать? Сама по-себе — почти ничего, так же как, скажем, один случай извлечения больного с помощью какого-то лекарства (или несмотря на лекарство). Другое дело, если таких реализаций получено много. Это множество реализаций можно использовать, как некий искусственно полученный статистический материал, который может быть обработан обычными методами математической статистики. После такой обработки могут быть получены (разумеется, приближенно) любые интересующие нас характеристики: вероятности событий, математические ожидания и дисперсии случайных величин и т. д. При моделировании случайных явлений методом Монте-Карло мы пользуемся самой случайностью как аппаратом исследования, заставляем ее «работать на нас».

Нередко такой прием оказывается проще, чем попытки построить аналитическую модель. Для сложных операций, в которых участвует большое число элементов (машин, людей, организаций, подсобных средств), в которых случайные факторы сложно переплетены, метод статистического моделирования, как правило, оказывается проще аналитического (а нередко бывает и единственно возможным). Метод Монте-Карло является универсальным методом для вероятностных моделей.

Существуют также другие методы, например, методы теории массового обслуживания, игровые методы и т. д.

4.2.4. Некоторые замечания по выбору математических моделей

Общих способов построения математических моделей не существует. В каждом конкретном случае модель выбирается исходя из вида явления, его целевой направленности, с учетом задачи исследования (какие параметры требуется определить и влияние каких факторов отразить). Необходимо также в каждом конкретном случае соразмерять точность и подробность модели: а) с той точностью, с которой нам нужно знать решение, и б) с той информацией, которой мы располагаем или можем приобрести. Если исходные данные, нужные для расчетов, известны неточно, то, очевидно, нет смысла входить в тонкости, строить очень подробную модель и тратить время (свое и машинное) на тонкую и точную оптимизацию решения. К сожалению, этим принципом часто пренебрегают и выбирают для описания явлений слишком подробные модели.

Математическая модель должна отражать важнейшие черты явления, все существенные факторы, от которых в основном зависит успех. Вместе с тем, модель должна быть по возможности простой, не «засоренной» массой мелких, второстепенных факторов: их учет усложняет математический анализ и делает трудноозримыми результаты исследования. Две опасности всегда подстерегают составителя модели: первая -- увязнуть в подробностях («из-за деревьев не увидеть леса») и вторая слишком огрубить явление («выплеснуть вместе с водой и ребенка»). Искусство строить математические модели есть именно *искусство*, и опыт в нем приобретается постепенно.

Поскольку математическая модель не вытекает с непреложностью из описания задачи, всегда полезно не верить слепо ни

одной модели, а сличать результаты, полученные по разным моделям, устраивать как бы «спор моделей». При этом одну и ту же задачу решают не один раз, а несколько, пользуясь разной системой допущений, разным аппаратом, разными моделями. Если выводы от модели к модели меняются мало — это серьезный аргумент в пользу объективности. Если они существенно расходятся, надо пересмотреть концепции, положенные в основу различных моделей, посмотреть, какая из них более адекватна действительности, в случае надобности — поставить контрольный эксперимент. Характерно также повторное обращение к модели (после того, как первый тур расчетов уже проведен) для внесения в модель коррективов.

Создание математической модели — самая важная и ответственная часть работы, требующая глубокого знания не столько математики, сколько существа моделируемых явлений. Как правило, «чистые» метематики (без помощи специалистов в той области, к которой относится задача) с построением модели справляются плохо. В центре внимания у них оказывается математический аппарат с его тонкостями, а не реальная практическая задача.

Опыт показывает, что самые удачные модели создаются специалистами в данной области практики, получившими, в дополнение к основной, глубокую математическую подготовку, или же коллективами, объединяющими практиков-специалистов и математиков. Большую пользу приносят консультации, даваемые, математиком для практиков-инженеров, экономистов. От таких консультаций выигрывают не только практики, но и сам математик, знакомящийся с реальными задачами из самих разных областей. Для решения таких задач ему нередко приходится пополнять свое образование, а также развивать, обобщать и модифицировать известные ему методы.

Математическая подготовка специалиста, желающего самостоятельно (без посторонней помощи) заниматься математическим моделированием в своей области практики, должна быть достаточно широка. Наряду с классическими разделами математического анализа (обычно проходимыми в вузе) часто применяют современные, сравнительно новые разделы математики, такие, как линейное, нелинейное, динамическое программирование, теория игр и статических решений, теория массового обслуживания и др.

Специально надо подчеркнуть необходимость сведений по теории вероятности — не столько обширных и глубоких, сколько

неформальных, действенных, наличие привычки к оперированию со статистическими данными и вероятностными представлениями. Особые требования именно к этой области математических знаний объясняются тем, что большинство операций проводится в условиях неполной определенности, и их ход и исход зависят от случайных факторов. К сожалению, в широких кругах специалистов-инженеров и т. д. — хорошее владение теорией вероятностей встречается редко. Ее положение и правила часто применяются формально, без подлинного понимания их смысла и духа. Нередко на теорию вероятностей смотрят как на некое подобие «волшебной палочки», позволяющее получить информацию «из ничего», из полного незнания. Это заблуждение: теория вероятностей позволяет только преобразовывать информацию, т. е. из сведений об одних явлениях, доступных наблюдению, делать выводы о других, недоступных.

При построении математической модели может быть (в зависимости от вида операции, задач исследования и точности исходных данных) использован математический аппарат различной сложности. В самых простых случаях явление описывается простыми, алгебраическими уравнениями. В более сложных, когда требуется рассмотреть явление в динамике, применяется аппарат дифференциальных уравнений (обыкновенных или с частными производными). В наиболее сложных случаях, когда развитие операции и ее исход зависят от большого числа сложно переплетающихся между собой случайных факторов, аналитические методы вообще отказываются служить, и применяется метод статистического (вероятностного) моделирования.

В первом, грубом приближении идею этого метода можно описать так: процесс развития операции, со всеми сопровождающими его случайностями, как бы «копируется», воспроизводится на машине (ЭВМ). В результате получается один экземпляр («реализация») случайного процесса развития операции со случайным ходом и исходом. Сама по себе одна такая реализация не дает оснований к выбору решения, но получив множество таких реализаций, мы обрабатываем его как обычный статистический материал (отсюда и термин «статистическое моделирование») находим средние характеристики процесса и получаем представление о том, как в среднем влияют на них условия задачи и элементы решения.

В моделировании широко применяются как аналитические, так и статистические модели. Каждый из этих типов имеет свои преимущества и недостатки. Аналитические модели более грубы, учитывают меньшее число факторов, всегда требуют каких-то допущений и упрощений. Зато результаты расчета по ним легче обозримы, отчетливее отражают присущие явлению основные закономерности. А, главное, аналитические модели больше приспособлены для поиска оптимальных решений.

Статистические модели, по сравнению с аналитическими, более точны и подробны, не требуют столь грубых допущений, позволяют учесть большое (в теории — неорганиченно большое) число факторов. Но и у них — свои недостатки: громоздкость, плохая обозримость, большой расход машинного времени, а главная крайняя трудность поиска оптимальных решений, которые приходится искать «на ощупь», путем догадок и проб.

Молодые специалисты, чей опыт в математике мал, имея в распоряжении вычислительные машины, часто без особой нужды начинают исследование с построения статистической модели, стараясь учесть в ней как можно больше факторов. Они забывают, что построить модель и провести по ней расчеты — это полдела; важнее суметь проанализировать результаты и перевести их в ранг «рекомендаций».

Наилучшие работы в области исследования операций основаны на совместном применении аналитических и статистических моделей. Аналитическая модель дает возможность в общих чертах разобраться в явлении, наметить как бы «контур» основных закономерностей. Любые уточнения могут быть получены с помощью статистических моделей.

В заключение скажем несколько слов о так называемом «имитационном» моделировании. Оно применяется к процессам, в ход которых может время от времени вмешиваться человеческая воля. Человек (или группа людей), руководящий операцией, может, в зависимости от сложившейся обстановки, принимать те или другие решения, подобно тому, как шахматист, глядя на доску, выбирает свой очередной ход. Затем приводится в действие математическая модель, которая показывает, какое ожидается изменение обстановки в ответ на это решение и к каким последствиям оно приведет спустя некоторое время. Следующее «текущее решение» принимается уже с учетом реальной новой обстановки и т. д. В результате многократного повторения такой

процедуры руководитель как бы «набирает опыт», учится на своих и чужих ошибках и постепенно выучивается принимать правильные решения — если не оптимальные, то почти оптимальные. Такие процедуры, известные под названием «деловых игр», стали за последнее время популярными, и, несомненно, полезны в деле подготовки управляющих кадров.

4.2.5. Программирование

Программное обеспечение АСУП тесно связано с математическим обеспечением, учитывая, что первое мы не рассматриваем в этом курсе, в целях целостности изложения дадим типовой порядок решения задач АСУП с помощью ЭВМ.

При решении на ЭВМ некоторой задачи (класса задач) работа распадается на следующие этапы:

1) математическую формулировку задачи;
2) разработку методики ее решения;
3) разработку алгоритма ее решения;
4) программирование;
5) отладку программы на машине.

Описанный комплекс работ называют проблемным программированием. При разработке системы программ для решения комплекса взаимосвязанных задач, при разработке каждой программы описанная последовательность работ сохраняется. Кроме того, появляется ряд дополнительных этапов работы, связанных с необходимостью обеспечить единство системы.

Математическая формулировка задачи. Эта работа заключается в определении состава и характера исходных данных для решения задачи, в определении исходных результатов, записи условия задачи с помощью математических обозначений. Математический аппарат, применяемый при математической формулировке задачи, зависит от того, к какому классу принадлежит задача.

Разработка методики решения задачи. Методика решения считается разработанной тогда, когда установлены зависимости всех от искомых результатов, от исходных и указаны такие методы получения искомых результатов, которые могут быть реализованы на ЭВМ. При обнаружении непригодности выбранных методов в процессе решения задачи на ЭВМ необходимо вернуться к этапу разработки методики.

Разработка алгоритма решения задачи. Алгоритм решения задачи разрабатывается на основе методики ее решения. Алгоритм

разрабатывается на языке математических описаний. Разработка алгоритма решения задачи должна осуществляться с учетом особенностей ЭВМ.

Программирование. Программирование заключается в записи разработанного алгоритма на языке программирования (например, на языке АССЕМБЛЕРА или на АЛГОЛе, ФОРТРАНе, КОБОЛе, ПЛ/I), выполняемой вручную, и последующей трансляции на машинный алгоритмический язык.

Трансляцией называется процесс равносильного преобразования алгоритма, заданного на языке программирования, в алгоритм на машинном языке. Этот процесс выполняется с помощью специальной программы, называемой транслятором.

Отладка программы на машине. Отладка программы на машине преследует цель устранить в программе неправильности и включает: контроль программы, поиск и определение содержания (диагностику) ошибок, исправление обнаруженных ошибок.

Примечание. Здесь необходимо отметить, что линейное программирование (или динамическое и т. п.) это понятие из дисциплины, которая называется математическое программирование.

Второе значение термина программирование -- это разработка программ для ЭВМ.

4.2.6. Методы сетевого планирования

4.2.6.1. Основные понятия сетевого планирования

В этой лекции мы, по-существу, продолжим тему математического моделирования, рассмотрев еще один из его методов -- сетевую модель.

При этом объектом исследования будет система планирования и управления предприятия.

Системы сетевого планирования и управления представляют собой автоматизированные человеко-машинные системы управления, в которых объектом управления является коллектив исполнителей, располагающий определенными ресурсами и выполняющий комплексы операций, и он должен обеспечить достижение намеченного конечного результата. Сетевое планирование -- это представление плана работ, который отражает их логическую последовательность, взаимосвязь и величину с целью последующей оптимизации разработанного графика с помощью математических методов и вычислительных машин.

В течение последних лет системы сетевого планирования и управления бурно развив. ются, а сфера их применения непрерывно расширяется. Особенно широкое распространение эти системы получили за рубежом, в частности в США. В нашей стране также разрабатываются методы сетевого управления применительно к конкретным условиям отдельных отраслей или предприятий.

В США наиболее часто используются системы PERT, CPM и ряд других, позволяющие осуществить автоматизацию планирования и управления новыми разработками. Система PERT и ее разновидности учитывают вероятностные показатели в системах планирования и управления. Поэтому большое применение они имеют в научно-исследовательских работах, где неопределенность в оценке времени выполнения работ особенно велика. Система CPM использует детерминированные оценки времени, поэтому она нашла широкое применение в производственных условиях и строительстве, где можно дать нормативные или сравнительно более точные оценки времени, чем в научно-исследовательских работах.

Системы сетевого планирования и управления отличают следующие основные особенности:

1. Системный подход к вопросу планирования и управления процессом разработки новой сложной системы. Такой процесс рассматривается как единый, неразрывный процесс взаимосвязанных операций, направленных на достижение конечной цели, а коллективы исполнителей, участвующие в этом процессе, как звенья единой сложной системы.

2. Использование в качестве математической модели специальных, так называемых сетевых моделей, построенных на основе представления процесса проектирования и создания нового объекта в виде направленных сетей с заданными характеристиками. Это дает возможность получить логико-математическое описание процесса создания нового объекта и автоматизировать расчет основных параметров этого процесса: продолжительность, трудоемкость, стоимость и т. д.

Системы сетевого планирования и управления (СПУ) позволяют периодически получать оперативную информацию по всем этапам разработки и составляющим проект элементам с указанием их возможного влияния на ход выполнения всей программы в целом. Применение системы СПУ позволяет также заранее предупредить возможные срывы или нарушения графика осуществле-

ния программы проекта, а также получать сведения о влиянии вносимых в проект изменений на выполнение программы. Применение этих систем эффективно в случае большого количества работ, которые должны быть выполнены в целях реализации всей программы, а также большого числа исполнителей, работу которых необходимо координировать и кооперировать с тем, чтобы обеспечить осуществление программы в заданные сроки.

Рассмотрим сначала сети, в которых детерминировано время выполнения каждой работы. Комплекс работ, отображаемых сетью, выполнение которых направлено на достижение определенной цели, называется проектом или разработкой.

Основой системы СПУ является графическая модель, схема которой представляет собой графическое изображение плана разработки. На схеме в определенном порядке размещаются действия (работы), которые располагаются в строгой технологической последовательности.

Ход выполнения проекта изображается на плоскости двумя основными логическими элементами сетевого графика: стрелками, изображающими работы, и кружочками или квадратами, означающими события, которые являются результатами выполнения одной или нескольких работ.

Работа — это обозначение действия в процессе выполнения программы (затрачиваемые ресурсы и затрачиваемые человекочасы). Термин «работа» может иметь следующие значения: действительная работа в прямом смысле слова, т. е. трудовой процесс, требующий затрат времени и ресурсов; ожидание, не требующее трудовых затрат, но занимающее некоторое время (например, процесс затвердения бетона); фиктивная работа, т. е. логическая связь между двумя или несколькими операциями, не требующая ни затрат времени, ни ресурсов, но указывающая, что возможность начала одной работы непосредственно зависит от результатов другой.

В отличие от работы событие не является процессом, а определяет факт получения конечных результатов всех предшествующих ему работ и готовность к началу непосредственно следующих за ним работ. В сети всегда существует по крайней мере одно исходное и одно завершающее события. Определение исходного события представляет собой формулировку условия для начала работ по выполнению данного комплекса операций. Исходное событие принято обозначать буквой «Г». Определение завершающего события представляет собой формулировку конечной цели

данного комплекса операций. Завершающее событие обозначается буквой «С». У каждого события сети кроме исходного и завершающего имеется, по крайней мере, по одной непосредственно предшествующей работе и одной, непосредственно за ним следующей. В исходное событие не может входить ни одной стрелки на сети, а из завершающего события не может выходить ни одна стрелка, которыми обозначены работы на сетевом графике.

При составлении сетевого графика следует обратить внимание на точность определения события, которым должна оканчиваться каждая работа, включенная в сетевой график. Точная формулировка событий способствует направлению внимания людей, составляющих и контролирующих график, на работы, которые должны быть выполнены, на результат каждой работы.

Любая стрелка (i, j) сетевого графика опирается своими концами на кружок, изображающий событие i, непосредственно предшествующее данной работе, и на кружок, отражающий событие j, непосредственно следующее за этой работой. Путем сети называется последовательность работ (i_1, i_2), (i_2, i_3),...$(i_{к-1}, i_к)$, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы.

Для краткости путь обозначается перечислением событий (i_1, i_2),...$(i_{к-1}, i_к)$. Различают пути четырех видов;

1) полный путь L (или просто путь), для которого начало совпадает с исходным, а конец — с завершающим событием сети;

2) путь $L(I, i)$, предшествующий событию i, имеющий началом исходное событие сети, а концом некоторое событие i.

3) путь $L(i, C)$, следующий за событием i, ведущий от некоторого события i к завершающему событию С;

4) путь $L(i_п, i_т)$ между событиями $i_п$, $i_т$ соединяющий эти два события, не являющиеся исходными и завершающими.

Если обозначить через $t(i, j)$ продолжительность работы (i, j), то для каждого пути мы можем вычислить его длину (продолжительность). Длина любого пути $t(L)$ равна сумме продолжительностей составляющих его работ.

Рассмотрим сетевой график, приведенный на рис. 12, на котором может быть выделено девять путей. Например, для пути, отмеченного на рис. 12 символом $\|L_1$ (0, 1, 4, 5, 11, 13), имеем

$t(L_1) = t(0,1) + t(1,4) + t(4,5) + t(5,11) + t(11,13) =$ 18+22+30+22+48=140. Очевидно, что пути в сетевом графике имеют неодинаковую продолжительность.

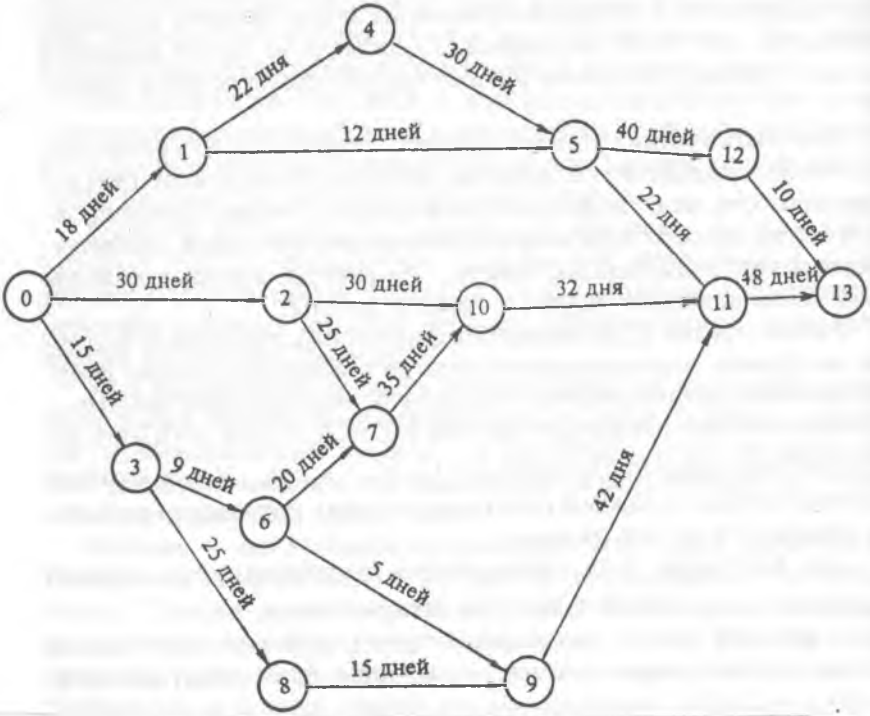


Рис. 12. Примеры сетевого графика

Путь, имеющий наибольшую продолжительность, называется критическим путем. Его продолжительность обозначается через $t_{кр}$. В сети может быть несколько критических путей одинаковой продолжительности. Заметим, что критический путь определяет общую продолжительность работ по созданию нового объекта в целом. Следовательно, чтобы сократить сроки создания новой системы, необходимо прежде всего принять меры, позволяющие сократить выполнение работ, находящихся на критическом пути. Поэтому понятие критического пути в схемах СПУ используется в качестве основы для оптимизации плана по конечному сроку создания нового объекта.

При составлении сетевых графиков следует соблюдать правила:

— нельзя допускать «тупиков», т. е. событий, из которых не выходит ни одной работы, если эти события не являются завершающими (наличие «тупиков» в сети свидетельствуют либо об ошибке, либо о ненужности результатов работ, непосредственно предшествующих данному событию).

— не должно быть событий, в которые не входит ни одной работы, если эти события не являются исходными;

— не должно быть замкнутых контуров, т. е. путей, соединяющих некоторые события с ним самим;

— не должно быть работ, имеющих одинаковые шифры, т. е. работ с общими начальными и конечными событиями (в случае изображения параллельно выполняемых работ в сеть вводятся дополнительные события и фиктивные работы);

— возможно представление группы работ как одной работы (с целью уменьшения общего объема сети), если выполнение работ внутри этой группы может быть произведено независимо от остальных работ проекта. В процессе временного анализа сети для каждого события вычисляются два параметра: наиболее ранее возможное время выполнения события $t_p(i)$ и наиболее позднее допустимое время выполнения $t_п(i)$.

Время $t_p(i)$ прогнозирует момент наступления события при наиболее благоприятном стечении обстоятельств, когда все предшествующие события и работы, определяющие данное событие, выполняются в запланированные сроки. Время $t_п(i)$ дает возможность оценить, насколько можно затянуть момент наступления рассматриваемого события с тем, чтобы сроки выполнения всей разработки не изменились. Разность $P(i) = t_п(i) - t_p(i)$ носит название общего резерва события. Легко показать, что события, принадлежащие критическому пути, имеют $P(i)=0$.

Помимо резервов событий различают резервы времени выполнения работ $P(i, j)$, которые отличаются от $P(i)$ в случае, если рассматриваемое событие определяется несколькими работами. Для работы (i, j) полный резерв времени $P_п(i, j) = t_п(j) - t_p(i) - t(i, j)$.

У отдельных работ помимо полного резерва времени имеется свободный резерв времени $P_c(i, j)$. Он образуется в том случае,

если продолжительность работы меньше, чем разность между наиболее ранним из возможных сроков свершения конечного события и наиболее поздним из допустимых сроков свершения начального события данной работы: $P_c(i,j) = \left[t_p(j) - t_n(i)\right] - t(i,j)$, если $\left[t_p(j) - t_n(i)\right] > t(i,j)$, $P_c(i,j) = 0$, если $\left[t_p(j) - t_n(i)\right] \le (i,j)$.

Это означает, что можно увеличить продолжительность работы на величину ее свободного резерва $P_c(i,j)$, не влияя на сроки свершения ее начального и конечного событий и на величину резерва времени у всех остальных работ сети. Свободный резерв может быть лишь у тех работ, которые не лежат на максимальных путях, проходящих через ее начальное и конечное события.

Рассмотрим сетевой график, приведенный на рис. 13. Время выполнения события 7 определяется суммарной длиной работ, лежащих на критическом пути (отмечен крестиком):

$t_{кр} = 1 + 6 + 1 + 1 + 2 + 1 = 12$

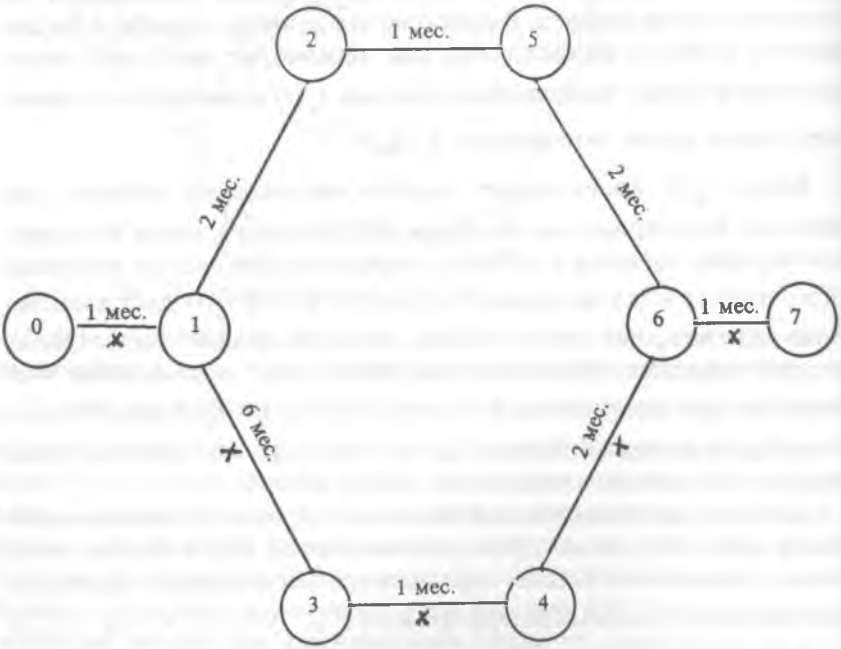


Рис. 13. Примеры сетевого графика (х-дуги, составляющие критический путь)

Рассмотрим событие 5, лежащее на критическом пути. Наиболее длинный путь от события 0 до события 5 включает работы (0,1), (1,3), (3,4), (4,5), так что $t_p(5) = 1 + 6 + 1 + 1 = 9$. Самый длинный путь от события 5 до события 7 (он вообще один в этом примере) имеет продолжительность $t'_п(5) = 2 + 1 = 3$.

Наиболее позднее время выполнения события 5:

$t_п(5) = t'_{кр} - t_п(5) = 9.$

Общий резерв события 5: $P(5) = t_п(5) - t_р(5) = 9 - 9 = 0.$

Событие 5 определяется работами (2,5), и (4,5) $t_р(2) = 3$; $t_р(4) = 8$.

Длительность выполнения работы (2,5) $t(2,5)=1$, работы (4,5) $t(4,5)=1$. Полный резерв времени работы t (2,5) $P_п(2,5) = t_п(5) - t_р(2) - t_р(2,5) = 9—3—1=5.$

Полный резерв времени работы (4,5)

$P_п(4,5) = t_п(5) - t_р(4) - t(4,5)=9—8—1=0.$

Таким образом, выполнение работы (2,5) можно затянуть на 5 мес. без увеличения срока выполнения всего проекта. Работа (4,5) лежит на критическом пути, увеличение времени ее выполнения вызовет такое же увеличение времени выполнения всего проекта. Очевидно, что свободный резерв времени работы (4,5) также будет равен нулю. Определим свободный резерв времени работы (2,5). Максимальный по времени путь от события 2 конца проекта $t'_п = (2) = 3 + 1 + 1 + 2 + 1 = 8;$

$t_п(2) = t_{кр} - t'_п(2) = 4;\ P_c(2,5) = t_р(5) - t_п(2) - t(2,5) = 9—4—1=4.$

Нетрудно убедиться, что $P_п(1,2) = 1$; $P_c = (1,2) = 0.$

Полный резерв времени работы $P_п(i, j)$ можно определить как резерв времени у максимального из путей, проходящих через данную работу (i, j).

Для работы (2,5) этот максимальный путь 0—1—2—5—6—7 равен 7 мес.;

для работы (1,2) путь 0—1—2—3—4—5—6—7 равен 11 мес. Полный резерв времени работы может быть распределен между отдельными работами указанного пути только в пределах полных резервов времени этих работ. Так $P_п(1,2) = 1$ может быть распределен между работами (1,2) и (2,3), а резерв $P_п(2,5) = 5$ — между

работами (2,5) и (1,2). Только для работы (1,2) может быть выделен резерв не больше $P_п(1,2) = 1$.

Из этого примера видны те затруднения, которые возникают при распределении полных резервов. Свободный же резерв работы может быть использован для данной работы независимо от резервов остальных работ сети. Так, увеличение работы (2,5) до Р (2,5)=4 не влияет на резерв работы (1,2), увеличение же работы (2,5) на Р (2,5)=5 делает равным нулю Р (1,2). Работы, заключенные между событиями, лежащие на критическом пути, будут иметь полные резервы времени, равные свободным резервам времени, т. е. $P_п(i, j) = P_с(i, j)$, так для таких работ. Примером такой работы является работа (4,6), для которой

$t_п(4) = t_п(4) = 8$; $t_р = (6) = 11$.

$P_п(4,6) = P_с(4,6) - t_р(6) - t_п(4) - t(4,6)=11—8—2=1$.

4.2.6.2. Вероятностные сети

Уже было отмечено что все сетевые модели подразделяются на детерминированные и стохастические. В детерминированной модели все работы имеют фиксированные оценки, которые при определении параметров сети остаются неизменными. Если же некоторые входящие в сеть работы носят случайный характер, то такие оценки в детерминированной сети называются случайными. Расчет параметров стохастических сетей существенно усложняется по сравнению с детерминированными. С помощью метода стохастических испытаний возможно расчет параметров стохастической сети свести к расчету параметров детерминированных сетей, получаемых из рассматриваемой стохастической.

Продолжительность работ вероятностной сетевой модели является случайной величиной. Предполагается, что случайные величины продолжительности работ подчинены принятому для данной системы СПУ закону распределения, причем тип распределения задается на основе нормативных данных либо из априорных соображений, либо из производственного опыта.

В системах СПУ типа PERT, например, задаются три параметра: оптимистическая оценка времени — минимально возможное время выполнения данной работы; пессимистическая оценка времени — максимальное время выполнения данной работы при крайне неудачном стечении обстоятельств; наиболее вероятная

оценка времени (мода распределения) — возможное время выполнения данной работы при условии, что не возникает неожиданных трудностей. Диапазон возможного времени выполнения работы лежит в интервале.

Вероятность выполнения работы в некоторый фиксированный момент времени задают функцией плотности распределения вероятностей $f(t)$. По заданной функции $f(t)$ можно определить основные вероятностные характеристики работы:

— математическое ожидание времени выполнения работы (среднее значение);

— дисперсию или среднеквадратичное отклонение времени выполнения работы от его среднего значения;

— вероятность выполнения работы за время, меньшее или равное некоторого наперед заданного значения.

Так как для вероятностной сети невозможно однозначно вычислить длину критического пути, то для его оценки, как и для оценки отдельной работы, можно использовать эти же вероятностные характеристики. При этом вместо t будет рассматриваться $t_{кр}$ и вместо $f(i)$ — функция плотности распределения времени критического пути $f(t_{кр})$. Математическое ожидание дает тогда некоторое среднее значение возможных случаев времени выполнения проекта, дисперсия показывает степень разброса действительно возможных сроков завершения разработки относительно математического ожидания, последняя же характеристика определяет вероятность выполнения проекта в заданное время, что является критерием оценки состояния дел по данному проекту.

По зарубежным источникам даются слеждующие рекомендации относительно вероятности выполнения проекта в заданный срок. Если она равна $0,4 \div 0,65$, то риск выполнения проекта к сроку считается приемлемым, если менее 0,3 или более 0,65, то необходимо произвести перепланирование с соответственным привлечением дополнительных ресурсов или уменьшением имеющихся.

Итак, задача анализа вероятностной сети сводится к определению функции $f(t_{кр})$. Точное решение задачи для реальных сетей является очень трудоемким, поэтому прибегают к приближенным методам вычисления.

4.2.6.3. Историческая справка

Разработка метода критического пути относится к 1956 г., когда фирма «Дюпон де Немур» организовала последовательскую группу для выработки рекомендаций по эффективному управлению инженерной деятельностью фирмы. Первое исследование касалось планирования этапов и сроков строительных работ с использованием вычислительной машины «УНИВАК-1». Математики разработали общую программу, в которой входными величинами были последовательность операций и продолжительность выполнения отдельных операций, а ЭВМ вырабатывала план работы. После пересмотра первоначальной концепции была разработана программа, которую приняли за основу метода критического пути. С тех пор этот метод не претерпел существенных изменений. Вначале метод критического пути использовали для контроля за межремонтным сроком службы оборудования, применяемого при изготовлении неопреновых прокладок. Это оборудование нельзя ремонтировать в процессе выпуска продукции. Оно ремонтируется в промежутке времени, предоставляемом условиями производственного процесса. Опыт показал, что средняя продолжительность остановки оборудования для профилактических работ составляет 125 ч. При планировании по методу критического пути полный профилактический ремонт проводился за 93 ч. В дальнейшем применение метода критического пути позволило сократить продолжительность ремонта до 74 ч.

Используя преимущества метода критического пути отдел специальных проектов управления вооружением ВМС США в январе 1958 г. разработал метод ПЕРТ для руководства и контроля за ходом создания ракеты «Поларис». Отдел специальных проектов столкнулся с проблемой управления и контроля за деятельностью более 3000 подрядчиков и организаций, работавших над этой программой. Анализ обычных графиков показал, что, если все подрядчики своевременно выполнят план поставок, то программа будет завершена в срок. Для слежения за работой подрядчиков и ее координации отдел специальных проектов ввел в практику еженедельные совещания наиболее ответственных работников. Однако были опасения, что небольшие фирмы могут задержать поставку мелких, но важных комплектующих деталей, а это затормозит работу основного подрядчика и, таким образом, повлияет на выполнение программы в целом. Эти опасения вынудили отдел специальных проектов разработать более детальный метод,

обеспечивающий контроль за работой всех подразделений. Поскольку программа оказалась сложной, был разработан метод, рассчитанный на применение вычислительной техники.

В июле 1958 г. рабочая группа, состоящая из представителей отдела специальных проектов ВМС, фирмы «Локхид эйркрафт» и фирмы Буз Аллен энд Гамильтон», подготовила отчет по первому этапу работы над системой ПЕРТ. В нем изложены теоретические основы этого метода и предложен порядок его внедрения.

В сентябре 1958 г. после выпуска исправленного отчета (этап 2) метод ПЕРТ был применен для контроля за работой подрядчиков, участвующих в создании ракеты «Поларис».

На первом этапе были определены основные события и операции, необходимые для своевременного выполнения программы. С помощью сети, ПЕРТ каждые две недели оценивалось состояние программы. ВМС США считают, что единственной, наиболее важной причиной, обусловившей досрочное завершение работ над ракетой «Поларис», было применение метода ПЕРТ. Обычно программы разработки оружия запаздывают относительно директивных сроков в среднем на 36 %.

4.2.6.4. Порядок работ с сетевыми моделями

Первым этапом является составление сетевого графика работ. Обычно сначала составляют простой перечень работ и далее специалистами в той области, где ведется планирование, делается «завязка» работ в виде сетевого графика, указывая время выполнения каждой работы.

Далее, в зависимости от сложности графика дальнейшая работа с ним ведется или вручную или на ЭВМ.

При принятии решения о расчете графика на ЭВМ составляется программа с конкретными задачами расчета и соответственно алгоритмами расчета (расчет критического пути, оптимизация графика и т. п.).

Входной информацией для ЭВМ являются данные с сетевого графика (перечень событий, время и т. д.).

Выходной информацией с ЭВМ будет календарный план критического пути (или близкого к нему по времени пути), резервы времени и т. д. в зависимости от поставленной задачи.

При этом в реальных проектах интересует не толко время, но и стоимость работ. Поэтому в задачу расчета на ЭВМ часто входит и оптимизация стоимости проекта.

5. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ АСУП

Весь комплекс работ по управлению производством разделяют на ряд функциональных подсистем.

Подсистема АСУП-это часть системы управления предприятием, выделенная по функциональному или структурному признаку. Функциональные подсистемы призваны решать конкретные задачи по управлению производством. Уровень разработки задач (автоматизация расчетов или решение оптимизационных задач) характеризует качественную сторону управления.

Деление на подсистемы, хотя и определяется характером выполняемых функций, все же достаточно условно, так как в реальной действительности автоматизированная система управления предприятием имеет единую организационную, функциональную и экономическую базу. Соста функциональных подсистем приведен на рис. 14.

5.1 Подсистема технической подготовки производства

Подсистема технической подготовки производства (ТПП) -- одна из самых сложных и наиболее информациоемких в АСУП. Она является начальной стадией процесса создания и освоения новой и модернизации существующей техники. Здесь формируется информация для многих других подсистем АСУП. В подсистеме ТПП создается ~ 26 % документов системы, а трудоемкость формирования документов в ней достигает 35—37% (первое место в АСУП).

Важность подсистемы ТПП в АСУП определяется тем, что в ней формируются такие показатели, на базе которых решаются многие задачи по подсистемам АСУП: состав изделий, применяемость деталей, сборочных единиц в изделий, нормативы материальных, трудовых затрат, применямость инструмента на изделие, применяемость материалов на изделие и ряд других важных показателей при производстве изделий.

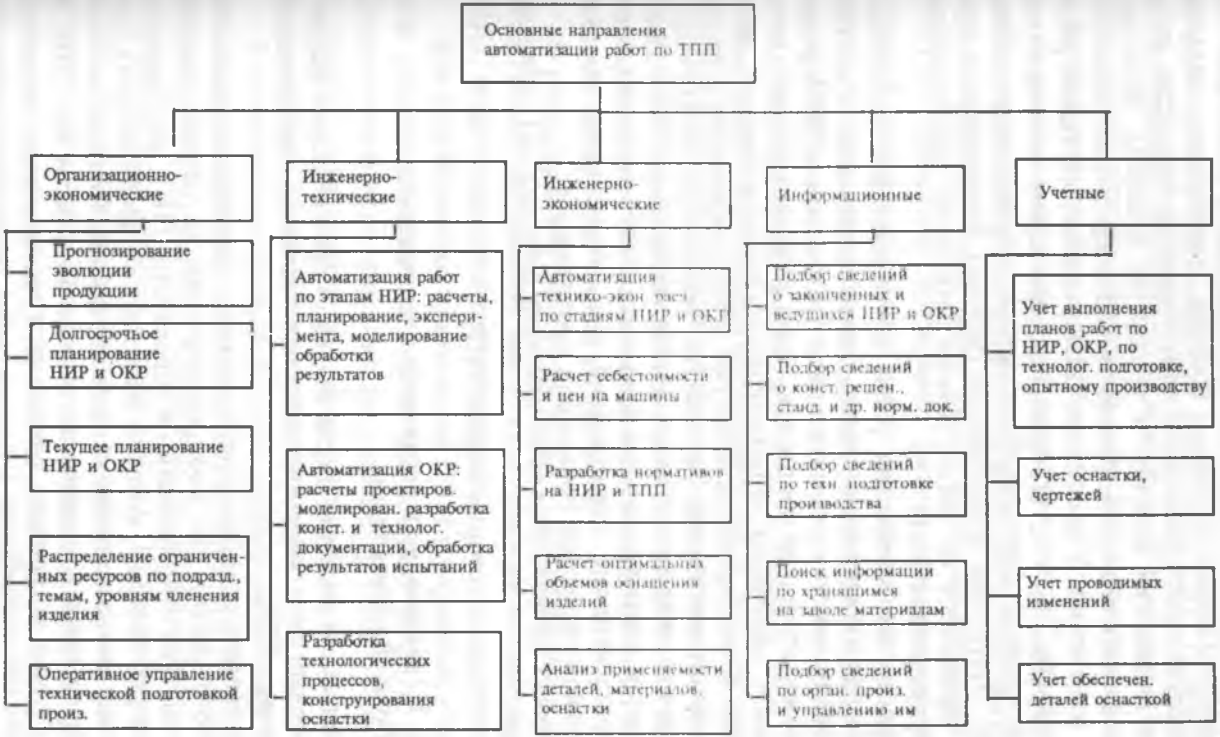


Рис. 14. Основные направления автоматизации работ по технической подготовке производства

Сложность управления ТПП обусловливается рядом факторов — ускорением процесса замены техники, повышением удельного веса создания и выпуска изделий единичного производства, повышением сложности изделий и уровня их новизны, необходимостью вносить огромное количество конструктивно-технологических изменений. Управление ТПП усложняется также рядом обстоятельств. Так, отсутствие достоверной справочно-нормативной базы приводит к низкой обоснованности планов по разработке техники. Отсутствие комплексной системы формализации процессов управления по всем уровням затрудняет использование ЭВМ в управлении ТПП.

Вопросам автоматизации работ по технической подготовке производства в нашей стране давно уделяется внимание. Ряд НИИ и заводов занимаются автоматизацией планирования ТПП, разработки технологических процессов, форм заготовок деталей, автоматизацией получения конструкторско-технологической документации, проектирования оснастки, конструирования изделий.

Целью автоматизации управления технической подготовкой производства является своевременное выполнение комплекса инженерных, экономических и организационно-технических работ подразделениями предприятий, что обеспечивает высокие технико-экономические показатели производства.

Основные направления автоматизации работ по ТПП приведены на рис. 14.

Рассмотрим некоторые задачи ТПП.

5.1.1. Планирование и управление технической подготовкой производства

Проблема сокращения цикла «наука — производство» выдвигает на первый план работы по совершенствованию планирования и управления ТПП.

Управление созданием новой техники — сложный процесс из-за высокого уровня его неопределенности на ранних стадиях разработки. При планировании и управлении ТПП, как правило, возникает ряд проблем, которые невозможно предусмотреть при составлении исходных планов создания техники. Поэтому необходима непрерывная координация выполнения работ по ТПП, в первую очередь по срокам, трудовым и стоимостным затратам, комплектности разработки и увязки работ, технологическим характеристикам элементов комплекса.

Конечные запланированные цели могут быть достигнуты только при высокой оперативности управления ТПП. Совершенствование управления технической подготовкой производства базируется на применении экономико-математических методов и ЭВМ и ведется по трем направлениям:

1) автоматизация планирования ТПП — определение состава работ; потребности в ресурсах на их выполнение состава исполнителей и распределение работ между ними, оптимизация планов ТПП по принятым критериям; расчет календарных планов с увязкой сроков выполнения работ по исполнителям, подразделениям, уровням управления , уровням членения изделий, стадиям разработки;

2) автоматизация учета, контроля и анализа хода ТПП по показателям -- учет сроков выполнения работ, расхода ресурсов на выполнение работ по подразделениям, элементам изделия, стадиям разработки, исполнителям и определение фактической трудоемкости работ по ТПП; анализ влияния невыполненных в установленные сроки работ на ход разработки;

3) регулирование хода разработки — автоматизация принятия решений для устранения задержки, срывов выполнения работ по ТПП, информационного обеспечения.

Для эффективного применения ЭВМ в управлении технической подготовкой производства необходимо решить проблему формализованного описания всех процедур планирования и управления, на базе которого можно создать единую взаимосвязанную систему планов и процедур управления.

В тематическом и оперативном планировании ОКР широкое распространение получила система сетевого планирования и управления (СПУ) которая базируется на использовании ЭВМ и математических методов. Применение СПУ расширило возможности оперативного управления разработками, но система не решает многих проблем по совершенствованию управления ОКР, особенно в условиях АСУП, при многотемном планировании.

Основные комплексы расчетных задач подсистемы планирования и управления ТПП приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные комплексы расчетных задач подсистемы планирования и управления ТПП

Наименован. комплекса (задачи)	Назначение комплекса (задачи)	Входные показатели (основные)	Выходные показатели (основные)	Некоторые алгоритмы расчета
1	2	3	4	5
1. Расчет применяемости деталей и сборочных единиц в изделии по предприятию	Определение состава и количества деталей и сборочных единиц, входящих в специфицируемое изделие с указанием сборочных единиц, в которые непосредственно входит составная часть изделия для технической подготовки производства и решения взаимосвязанных задач	Применяемость деталей (сборочных единиц) на сборочную единицу	Применяемость деталей (сборочных единиц) на сборочную по ступеням вхождения. Применяемость деталей (сборочных единиц) в изделии	Расчет применяемости деталей в изделии: $P_{je}^{\Sigma} = P_{je}^{1} + P_{je}^{2} + + P_{je}^{3} + P_{je}^{k}$, где $P_{je}^{1,2,3...k}$ - количество Р деталей (j) в изделии (e) соответственно по ступеням вхождения (1, 2, 3,..., К).
2. Расчет норм расхода материалов в специфиц. номенклатуре на изделие (по предприятию, цеху)	Определение нормы расхода материалов в специфицированной номенклатуре на изделие	Чистый вес (расход) материала на деталь. Норма расходов материалов на деталь. Оптовые цены на материал, комплектующие изделия. Заготовительная цена отходов. Применяемость деталей (сборочных единиц) в изделии	Чистый вес (расход) материалов в спефицированной номенклатуре на сборочную единицу. Норма расхода материалов в специфицированной номенклатуре на сборочную единицу, изделие. Коэффициент использования материалов	Определение норм расхода материалов в натуральном выражении с учетом ее применяемости в изделии: $N_{ije} = N_{ij} P_{je}$, где N_{ij} -норма расхода материала (i) на детали (j)

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
3. Расчет норм расхода материалов на изделие (по предприятию)	Определение норм расхода материалов в укрупненной номенклатуре на изделие	Чистый вес (расход) материала на сборочную единицу, изделие. Чистый вес (расход) материала по группам материала на сборочную единицу, изделие	Чистый вес (расход) по группе материалов на сборочную единицу, изделие на текущий и планируемый год. Норма расхода по группе материалов на сборочную единицу, изделие на текущий и планир. год. Коэффициент использования материалов по группе материалов	Определение норм расхода материалов в укрупненной номенклатуре на изделие в натуральном выражении: $N_{iykpi} = \Sigma N_{ii}$, где N_{ii} - норма расхода материала (i) на изделие (e)
4. Расчет нормативной трудоемкости и расценки на деталь и сборку сборочной единицы (по предприятию, цеху, участку)	Определение трудоемкости и расценки на деталь, сборку сборочной единицы по предприятию в целом и по структурным подразделениям основного производства	Норма времени и расценка на операцию, на механическую обработку. Норма времени и расценка на электромонтажные и сборочные работы	Трудоемкость на деталь и сборку сборочной единицы. Расценка на деталь и сборку сборочной единицы	Определение нормативной трудоемкости и расценки на деталь по цеху, участку: $H_{fhj} = \Sigma_{fhjo}$; $R_{fhj} = \Sigma R_{fhjo}$, где H_{fhjo} - норма времени на операцию (о), детали, (j) участка (h) цеха (f), R_{fhjo} - расценка на операцию (о), детали (j), участка (h) цеха (f)

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
5. Расчет нормативной трудоемкости и расценки на изделие, сборочную единицу (по предприятию, цеху, участку)	Определение трудоемкости и расценки на изделие (сборочную единицу) по предприятию в целом и по структурным подразделениям основного производства	Трудоемкость на деталь. Расценка на деталь, сборочную единицу. Применяемость деталей, сборочных единиц в изделии	Трудоемкость на изделие, сборочную единицу. Расценка на изделие, сборочную единицу	Расчет нормативной трудоемкости и расценки на изделие по цеху, участку в подетальном разрезе: $H_{fhji} = H_{fhj} \cdot P_{ji}$; $R_{fhji} = R_{fhj} P_{ji}$. Расчет нормативной трудоемкости и расценки на изделие по цеху, участку $H_{fhi} = \Sigma H_{fhji} R_{fhi} = = \Sigma_{fhji}$

5.1.2. Разузлование (моделирование) состава сложных изделий на ЭВМ

Под термином «разузлование» (моделирование) состава изделия» понимается автоматизированное составление на ЭВМ ряда результативных технических документов; схем сборки, состава изделия по уровням вхождения, комплектовочных ведомостей, ведомостей применяемости деталей, сборочных единиц и другой технической и производственной документации.

Определение состава изделия с помощью ручного труда является сложным и трудоемким процессом, связанным с выполнением большого объема группировок, вычислений и записей. При этом операции по определению состава изделия должны регулярно повторяться в течение всего этапа его освоения и изготовления вследствие практически не прекращающегося потока изменений. Повышение сложности разрабатываемых изделий, увеличение объемов работ по подготовке производства приводят к тому, что состав изделия практически не может быть определен с необходимой оперативностью и точностью вручную, даже при условии значительного числа занятых в этом процессе работников.

Удовлетворение требований, предъявляемых к оперативности и точности обработки больших по объему и сложных по структуре информационных массивов по изделию, может быть обеспечено только с помощью качественно новых средств и методов, реализуемых на базе применения ЭВМ.

При создании АСУП задача определения состава изделия является одной из важнейших, так как на базе ее решения строится функционирование ряда подсистем АСУП: оперативного планирования и управления производством, технико-экономического планирования, материально-технического снабжения и др.

Состав изделия может быть определен на ЭВМ несколькими методами: матричным, адресного разузлования, перегруппировки и логических сопоставлений, теории графов.

5.2. Подсистема технико-экономического планирования (ТЭП)

5.2.1. Подсистема технико-экономического планирования (ТЭП) занимает важное место в системе управления предприятием. Она формирует директивные задания для всех подсистем предприятия — объем производства, задания по созданию и

модернизации техники и технологических процессов, систему нормативов предприятия, прибыль и др. Подсистема ТЭП является первым этапом системы знутризаводского планирования, сложной по составу решаемых задач (оптимизационных). Она обеспечивает увязку планирования во времени: подразделяется обычно на перспективное, пятилетнее, и текущее — годовое, квартальное и месячное планирование.

Цель ТЭП — разработка планов, обеспечивающих выполнение по количеству и качеству выпускаемой продукции, рациональному использованию ресурсов и повышению эффективности производства.

Наиболее важными в подсистеме ТЭП являются задачи: разработка оптимальных производственных программ; планирование, учет, анализ затрат на производство продукции и отдельных изделий, расчет снижения себестоимости выпускаемой продукции; расчет роста производительности труда по факторам; планирование и увязка с другими разделами годового плана мероприятий по техническому прогрессу. Эти задачи могут быть *расчетного характера и оптимизационные.* При решении задач *первого типа* необходимо использовать большое количество исходной информации, для них характерно множество операций по поиску и сортировке информации, простота алгоритма решения. *Оптимизационные задачи* характеризуются многовариантностью и сложностью алгоритма решения. Такие задачи основаны на использовании экономико-математических методов.

Подсистема ТЭП включает два десятка комплексов задач. Оптимизационный характер носят задачи формирования годовой производственной программы при различных целевых функциях, разработки компромиссного варианта годовой производственной программы, распределения годовой производственной программы по плановым периодам (по предприятию на квартал), распределения квартальной производственной программы по плановым периодам (по предприятию по месяцам). Остальные задачи по данной подсистеме — расчетные.

В качестве примера некоторых комплексов, решаемых в практике АСУП расчетных задач, представлены задачи в табл. 2. Далее рассмотрим подробнее разработку оптимальной годовой программы в плане постановки задачи.

Наименование комплекса (задачи)	Назначение комплекса (задачи)	Входные показатели (основные)	Выходные показатели (основные)	Некоторые алгоритмы расчета
1	2	3	4	5
1. Расчет коэффициента производствен. мощности в разрезе групп оборудования и коэффициента загрузки оборудования	Выявление возможных резервов увеличения выпуска продукции при разработке мероприятий по ликвидации "узких мест"	Нормативная трудоемкость единицы изделия по группам оборудования. Планируемая производственная программа. Плановый фонд времени работы оборудования по группам. Процент выполнения по группам оборудования	Трудоемкость программы по группам оборулования. Трудоемкость программы по группам оборудования с учетом принятого процента выполнения норм. Коэффициент производственной мощности по группам оборудования. Коэффициент загрузки по группам оборудования.	Определение коэффициента производственной мощности по группам оборудования: $K_n = Q_n : M_n$, где Q_n - плановый фонд времени работы оборудования по группам (n); M_n - трудоемкость изготовления программы по группам оборудования с учетом принятого процента выполнения норм
2. Расчет дополнительн. потребности в оборудовании	Определение дополнит. потребности в оборудовании для выполнения производст. программы	Трудоемкость программы по группам оборудования с учетом принятого процента выполнения норм. Плановый годовой фонд рабочего времени работы единицы оборудования по группам. Фактическое наличие оборудования по группам	Потребное количество оборудования по группам. Дополнительная потребность в оборудовании	Расчет потребного количества оборудования по группам: $L_n = \frac{Mn}{qn}$, где q_n - плановый годовой фонд рабочего времени работы единицы оборудования по группам

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
3. Определение плановой стоимости основных фондов, платы за фонды и амортизац. отчислений	Для расчета показателей фондоотдачи, платы за основные производств. фонды в бюджет, суммы амортизацион. отчислений	Балансовая стоимость действующих основных фондов на начало января планируемого года по группам и единицам оборудования. Балансовая стоимость планируемых к поступлению основных фондов по группам и единицам оборудования. Балансовая стоимость планируемых к выбытию основных фондов по группам и единицам оборудования	Плановая стоимость основных фондов по группам: на год, квартал, полугодие, девять месяцев. Плановая сумма амортизационных отчислений (на полное восстановление и на капитальный ремонт) на год, квартал	Определение плановой среднегодовой стоимости по группам основных фондов: $B_n = \left(\frac{B_{n1}}{2} + B_{n2} + B_{n3} + \dots \right.$ $\left. \dots B_{n12} + \frac{B'_{n1}}{2} \right) : 12$. где $B_{n1}, B_{n2}, B_{n3} \dots, B_{n12}$ – плановая балансовая стоимость основных фондов на начало всех месяцев планируемого года; B'_{n1} - плановая балансовая стоимость основных фондов на начало января следующего года
4. Расчет нормативн. трудоем-сти производст. программы (по предприятию цеху, участку на год, квартал, месяц)	Определение нормирован. времени и фонда прямой заработной платы на производст. программу по нормам в разрезе деталей, сбороч. единиц	Планируемое количество деталей, сборочных единиц. Нормы времени на деталь, сборочную единицу. Расценки на деталь, сборочную единицу	Время на производственную программу по нормам на деталь, сборочную единицу. Прямые затраты на производственную программу по нормам на деталь, сборочную единицу	Определение трудоемкости (времени) на производственную программу по нормам: $H^V_{fhji} = H_{fhji} \; V_c$, где V_f- годовая производственная программа

1	2	3	4	5
5. Расчет плановой численности производст-венных рабочих (по предприятию, цеху, участку на год, квартал, месяц)	Определение плановой численности производствен. рабочих (в том числе по профессиям)	Трудоемкость программы по нормам. Плановый процент снижения трудоемкости по цехам. Плановый процент выполнения норм выработки. Плановые проценты потерь рабочего времени по производственным рабочим. Отклонения по трудоемкости производственной программы. Плановый объем прочей продукции. Номинальный фонд времени одного рабочего	Прямая заработная плата на производственную программу по нормам, по цехам. Плановая трудоемкость программы. Трудоемкость с учетом выполнения норм. Трудоемкость программы с учетом процента снижения. Плановая трудоемкость по отклонениям и прочей продукции. Плановое количество производственных рабочих - сдельщиков, в том числе по профессиям	Определение плановой численности производственных рабочих по профессиям (по участкам цеха) на квартал: $U_{fhp} = H^{V}_{fhp} : t_{fhp}$, где H_{fhp} - трудоемкость производственной программы с учетом процента выполнения норм (H^{V}) по участку (h), цеху (f) и профессии (p) t_{fhp} - полезное рабочее время одного рабочего по участку (h), цеху (f) и профессии (P) в плановом периоде.
6. Расчет планового фонда заработной платы производст. рабочих (по предприятию, цеху, участку на год, квартал, месяц)	Определение планового фонда заработной платы производствен. рабочих в разрезе цехов	Фонд прямой заработной платы. Плановый процент снижения трудоемкости. Плановые проценты премий производственным рабочим. Плановые проценты дополнительной зараб. платы и доплат произ. рабочим. Плановые проценты премий по фонду мастера	Прямая заработная плата по нормам на начало года. Прямая заработная плата с учетом снижения трудоемкости. Заработная плата по отклонениям и прочей продукции. Фонд времени. Общий фонд основной заработной платы. Фонд дополнительной заработной платы и доплат, в том числе по видам оплат и доплат. Фонд мастера. Плановый фонд зарплаты произ. рабочих	Определение фонда основной заработной платы по участкам цеха на квартал: $R^{осн}_{fh} = R^{пр}_{fh} + R^{премия}_{fh}$, где $R^{пр}_{fh}$ - сумма фонда прямой заработной платы; $R^{премия}_{fh}$ - сумма премии

5.2.2. Разработка оптимальной годовой производственной программы

Производственная программа предприятия определяет номенклатуру и объем выпуска продукции в натуральном и стоимостном выражении с распределением по кварталам.

Номенклатура — это перечень изделий или групп изделий в плане производства продукции. С повышением уровня управления и увеличением периода планирования номенклатурные позиции укрупняются, т. е. включают большое количество аналогичных изделий. В годовой производственной программе машиностроительного предприятия номенклатурная позиция, как правило, содержит одно наименование изделий. Однако на инструментальных приборостроительных и некоторых других предприятиях номенклатурная позиция в годовой производственной программе содержит несколько типоразмеров изделий одного вида (например, сверл).

Поскольку выпуск продукции ориентирован на потребителя, в составе годового плана производства продукции и услуг, в первую очередь, должен формироваться план поставок в натуральном выражении. Он составляется на основе уточнения и конкретизации задания перспективного плана на данный год. Формирование плана поставок начинается с определения номенклатуры продукции и количества изделий по каждой позиции в натуральном выражении, затем годовое задание распределяется по кварталам.

Так как наиболее важной задачей плана производства продукции и услуг является удовлетворение потребности потребителя в выпускаемой продукции, возрастает значение изучения предприятием спроса и тенденций его изменения (маркетинговые исследования), а также значение прямых длительных связей и хозяйственных договоров с потребителями.

Номенклатура выпускаемой продукции определяется предприятием исходя из заказов потребителей и заключенных договоров о поставках.

План поставки разрабатывается в тесной связи с планом производства, т. е. годовой производственной программой. Календарные сроки поставок зависят не только от желания потребителя, но и от возможностей поставщика, заинтересованного в наилучшем использовании своих производственных ресурсов.

План производства (годовая производственная программа) отличается от плана поставок в натуральном выражении на

величину изменения остатков годовых изделий на складе, а также на величину внутрипроизводственного потребления.

$$N_{пр.} = N_{пост} - O^{н}_{скл} + O^{к}_{скл} + N_{вн},$$

где $N_{пр}$ — объем производства изделия в натуральном выражении;

$N_{пост}$ — объем поставки изделия в натуральном выражении;

$O^{н}_{скл}$, $O^{к}_{скл}$ — остатки данных изделий на складе готовой продукции на начало и конец планового периода; $N_{вн}$ — количество изделий для внутрипроизводственного потребления.

Годовая производственная программа должна соответствовать производственным возможностям предприятия. Поэтому ее разработка сопровождается и обосновывается расчетом производственной мощности. В случае необходимости план корректируется с целью наилучшего использования производственных возможностей. Производственную программу, в наибольшей степени отвечающую структуре ресурсов предприятия и обеспечивающую наилучшие результаты деятельности предприятия по принятому критерию, называют ***оптимальной.***

Нахождение оптимальной программы — сложная математическая задача, которая решается экономико—математическими методами линейного или динамического программирования, а также специальными логическими методами приоритетного перебора и другими, причем решение ее возможно только с помощью современных средств вычислительной техники.

В общем виде математическая модель оптимизационной задачи содержит целевую функцию и систему ограничений:

$$C = \sum_{i=1}^{n} x_i c_i \rightarrow \max (\min);$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i a_{ij} \le A_j (j = 1, 2, \ldots m), \quad N_{mn_i} \le x_i \le N_{max_i};$$

где C — суммарное значение показателя, принятого в качестве критерия оптимизации; n — число наименований изготавляемых изделий; x_i — число изделий i-го наименования в плане; c_i — оценка i-го наименования изделия в соответствии с критерием оптимальности; a_{ij} — затраты j-го ресурса на изготовление изде-

лия i-го наименования; A_j — располагаемая величина j-го ресурса; $N_{\min_i}$, $N_{\max_i}$ — допустимые пределы выпуска изделия i-го — наименования.

В качестве **критерия оптимальности** чаще всего принимается *прибыль* и *объем продукции*. Иногда в качестве критериев оптимальности используются себестоимость продукции и загрузка оборудования. Эффективность работы предприятия оценивается системой показателей, поэтому производственная программа, оптимальная по одному показателю, может быть неоптимальной по другим. Следует провести расчеты пе нескольким критериям оптимальности и на основе их анализа выбрать наилучший вариант производственной программы.

В качестве ограничительных условий в математической модели выступают чаще всего наличные производственные ресурсы: оборудование, основные рабочие, материалы.

Определение номенклатуры годовой производственной программы и объема выпуска в натуральном выражении по каждой позиции —первый этап формирования плана производства. Второй этап — распределение выпуска изделий по кварталам, т. е. разработка номенклатурно-календарного плана.

На втором этапе необходимо соблюдать следующие требования: обеспечение стабильного увеличения общего объема выпуска по кварталам на основе повышения производительности труда; соблюдение договорных сроков выпуска изделий; сокращение номенклатуры одновременно изготовляемых изделий для упрощения планирования и оперативного управления производством; обеспечение равномерной комплектной загрузки оборудования и площадей за счет набора изделий с разной структурой трудоемкости.

Календарное распределение выпуска продукции также является **оптимизационной** задачей, которая успешно решается путем применения экономико-математических методов и ЭВМ. В этом случае могут применяться специфичные критерии оптимальности: минимальная номенклатура или равномерная загрузка оборудования. На машиностроительных предприятиях с разными типами организации производства существуют особенности календарного распределения:

в массовом и крупносерийном производстве выпуск изделий распределяется с равномерным нарастанием;

в серийном производстве часть изделий распределяется равномерно, а остальные — по отдельным кварталам с учетом структуры трудоемкости;

в единичном и мелкосерийном производстве распределение — очень сложная задача.

5.3. Подсистема оперативного планирования и управления основным производством

5.3.1. Подсистема оперативного планирования и управления основным производством (ОПУ) занимает важное место среди других подсистем АСУП. Уровень ее функционирования определяет ритмичность производства, выполнение объемов работ в строго установленные сроки. Сейчас, когда отрасли материального производства переходят на новые условия хозяйствования, соблюдение сроков договорных обязательств является решающим в определении уровня эффективности работы предприятия. Требования к подсистеме ОПУ возрастают.

На каждом предприятии изготавливается огромное количество деталей (тысячи и десятки тысяч), производство которых представляет собой сложный технологический процесс. Детали производятся на специализированных рабочих местах. Поэтому возникает сложная задача — увязать изготовление деталей в пространстве и времени. Состав решаемых задач ОПУ зависит от многих факторов, и прежде всего от типа производства и принятой на предприятии системы оперативного планирования.

Применение ЭВМ и экономико-математических методов позволило повысить уровень оперативного планирования производства. Ранее вся работа по оперативному планированию проводилась цехами завода, как правило, без увязки межцеховых сроков подачи партий деталей. Сейчас, используя ЭВМ на межцеховом уровне, определяют конкретные сроки подачи партий деталей на склад или в другие цеха. Используя математический аппарат, на основе разузлования изделия определяют циклы изготовления партии деталей, опережения в запуске деталей, размеры обрабатываемых партий деталей. При внутрицеховом планировании решаются вопросы привязки изготовления деталей к конкретным рабочим местам. Увязка сроков изготовления деталей по фазам производства и между цехами, учет, основанный на применении ЭВМ, позволяют повысить научный уровень оперативного планирования и управления.

Таблица 3

Основные комплексы расчетных задач подсистемы ОПУ

Наименование комплекса (задачи)	Назначение комплекса (задачи)	Входные показатели (основные)	Выходные показатели (основные)	Некоторые алгоритмы расчета
1	2	3	4	5
1. Расчет развернутого плана потребности в деталях, сборочных единицах на товарный выпуск продукции (по предприятию на год, квартал)	Определение развернутого плана потребности деталей, сборочных единиц по всем изделиям плана на товарный выпуск продукции	Количество изделий по плану выпуска. Данные о конструктивном составе изделий	Количество деталей, сборочных единиц на план выпуска изделий	1. Определение подетальной производственной программы по изделиям: $V_{je} = V_e^{вып} \cdot P_{je}$, где $V_e^{вып}$ - план выпуска изделий по предприятию (сборочным цех) 2. Определение подетальной производственной программы $V_j = \sum_e V_{je}$
2. Расчет плана сдачи и получения деталей, сборочных единиц в натуральном выражении (по цеху на год, квартал, месяц)	Определения планов получения и сдачи деталей, сборочных единиц, включающих потребность на товарный выпуск и на изменение заделов, с учетом состояния незавершенного производства	Потребное кол-во деталей, сбороч. единиц на товарный выпуск продук. Состояние незавершенного произ-ва. Нормы заделов деталей, сбороч. единиц по цехам и складам. Технологический маршрут изготовления деталей, сборочных единиц.	Количество деталей, сборочных единиц по плану получения. Количество деталей, сборочных единиц по плану сдачи	1. Определение производственной программы запуска (получения) сборочного цеха и плана сдачи механическим цехом: $V_{jc(сб)}^{зап} = V_j + Z_{jc}^{н} - Z_{jc}^{ф}$ 2. Определение производственной программы выпуска механического цеха: $V_{jc(мех)}^{вып} = V_{jc(сб)}^{зап} + Z_{jf}^{н} - Z_{jf}^{ф}$ 3. Определение произ. программы запуска (получения) механического цеха и сдачи заготовит. цеха. $V_{jc(мех)}^{зап} = V_{jc(мех)}^{вып} + Z_{jc(мех)}^{н} - Z_{jc(мех)}^{ф}$ где $Z_{jf}^{н}$ - норматив. уровень межцех. заделов $Z_{jf}^{ф}$ - фактичес. уровень межцех. заделов $Z_{jc}^{н}$ - норматив. уровень внутрицех. заделов $Z_{jc}^{ф}$ - фактичес. уровень внутрицех. заделов

1	2	3	4	5
3. Оперативный учет выполнения плана по номенклатуре и объему (по участку заготовительного, обрабатывающего цеха за сутки с начала месяца)	Контроль за выполнением плановых заданий участками	Количество изготовленных (принятых ОТК) деталей, сборочных единиц. Количество сданных потребителям деталей, сборочных единиц по плану изготовления и сдачи (в натуральном и стоимостном выражении). Планово-расчетные и оптовые цены деталей, сборочных единиц.	Количество изготовленных (принятых ОТК) деталей, сборочных единиц. Количество сданных деталей, сборочных единиц. Отклонение плана по изготовлению и сдаче деталей и сборочных единиц. Объем сданной продукции. Процент выполнения плана	Определение количества изготовленных (принятых ОТК) деталей, сборочных единиц за месяц: $V^{вып.}_{jc(мех)} = \sum_{d} V^{вып}_{jdc(мех)}$, где $V^{вып}_{jdc(мех)}$ - количество ежедневно изготовленных деталей, сборочных единиц.
4. Оперативный учет простоев оборудования (по цеху за сутки, с начала месяца)	Оценка работы производственных и обслуживающих подразделений цеха и выработка мероприятий по сокращению простоев оборудования	Время начала простоя оборудования по каждой причине. Время окончания простоя оборудования по каждой причине	Фактическое время простоев контролируемого оборудования по причинам	Определение фактического времени простоев по группе оборудования (n) и причинам (ω) за месяц. $T_{n\omega} = \sum_{d} T_{n\omega d}$, где $T_{n\omega d}$ - фактическое время простоев по группе оборудования и причинам за день

5.2.2. Подсистема ОПУ характеризуется комплексами взаимосвязанных задач, связями ее с другими подсистемами АСУП и АСУТП. Подсистемой ОПУ решаются оптимизационные задачи по расчетам календарно-плановых нормативов, формированию производственных программ подразделениями предприятия и т. п. и расчетные. Некоторые комплексы расчетных задач оперативного управления основным производством и их характеристика приведены в табл. 3.

5.3.3. Рассмотрим в качестве примера оптимизационной задачи последовательность решения основной задачи внутрицехового календарного планирования.

Основной задачей внутрицехового календарного планирования является составление сменного задания: для каждого участка и рабочего места указывается, какие заказы и в какой последовательности должны выполняться в течение смены. Если объем заказа превышает возможности его выполнения в течение смены, задание выдается пооперационно.

Задача решается в такой последовательности:

1. Для каждого рабочего места выстраивается очередь, состоящая из операций всех заказов, выполняемых на данном рабочем месте. Очередь выстраивается в порядке приоритетов, скорректированных по поступившей информации. Если операция может быть выполнена на различных рабочих местах, ее включают в наиболее короткую очередь.

2. На каждое рабочее место назначается первая операция. Ею является либо та, которая не закончена выполнением в предыдущей смене, либо первая из очереди.

3. Определяется время завершения назначенной операции. Если это время меньше конца планируемого периода, назначается следующая операция из очереди, в противном случае назначенная операция на данное рабочее место фиксируется.

4. Для каждой назначенной операции определяется ранний возможный срок ее выполнения как сумма времени ее завершения и времени транспортировки соответствующего изделия на следующее рабочее место.

5. Для назначенной операции проверяется, обеспечено ли ее выполнение ресурсами. Если ресурсы не обеспечены полностью, выдается аварийное сообщение для принятия мер. Следует отметить, что проверка обеспеченности ресурсами проводится ранее

для заказа в целом, поэтому пооперационная проверка является контрольной, окончательно подтверждающей подготовленность к выполнению операции.

6. Пункты 3, 4, 5 повторяются до тех пор, пока на всех рабочих местах время завершения операций будет равно или больше времени окончания планируемого периода.

7. При назначении каждой операции следует проверить, выполняется ли условие завершения ее к назначенному сроку. Если этот срок не удовлетворяется, проводится поиск возможности выполнения ее в срок, на каком-либо ином рабочем месте, с учетом приоритетов. Если такой возможности нет, выдается аварийное сообщение для принятия мер.

8. Если на каком-либо рабочем месте очереди нет, следует проверить, нельзя ли назначить операции из очередей других рабочих мест. Если таких операций нет, выбирается новый заказ из очереди заказов, в котором есть операция, подлежащая выполнению на данном рабочем месте.

В результате такого моделирования пооперационного выполнения заказов ежедневно выдаются сменные задания на 3--5 дней вперед. Для первой смены из этого списка задание подлежит выполнению, а для остальных является ориентировочным, позволяющим подготовиться к их выполнению. Задания корректируются по мере поступления информации о фактическом ходе их выполнения, изменениях приоритетов и т. п.

5.4. Общие положения по проектированию функциональных подсистем

5.4.1. Развитие АСУ пошло по пути создания функциональных подсистем, аналогично функциональным подразделениям административно-организационного управления. Этим определяется структура системы и состав решаемых в подсистемах задач. Такой традиционный подход сохранен и в данных лекциях.

В перспективе можно ожидать перехода к принципиально иному подходу, когда в основу построения подсистем будет положена структура технологического процесса, для которого создается система управления.

По мере движения материального потока будут последовательно решаться задачи управления его движением, необходимой технологической обработки, обеспечения энергией, транспортными операциями и т. д.

Возможность использования на каждом рабочем месте встроенных или локальных вычислительных средств с объединением их в локальную сеть позволит создать гибкую управляющую систему, легко перестраиваемую в производстве.

5.4.2. Проектирование АСУ должно основываться на системной методологии. Системный подход в широком смысле означает, что прежде всего должны быть сформулированы цели, критерии эффективности и ограничения для системы в целом. Структуризация системы и дальнейшее ее проектирование должны охватывать как управляющую, так и управляемую части системы. Взаимосвязанное проектирование этих двух основных частей системы в наилучшей степени соответствует установленным целям и критериям. Однако для таких сложных систем, какими являются предприятия и производственные объединения, указанный подход крайне затруднен и имеются лишь отдельные попытки осуществить такое взаимосвязанное проектирование.

Не существует пока и отработанных методов построения модели функционирования предприятия, а на уровне отрасли не удается определить в количественных терминах цель и критерии эффективности.

В более узком смысле под системным проектированием понимают проведение системного анализа объекта управления и на этой основе проектирование АСУ. Если только предприятие не требует коренной реконструкции по его техническому и технологическому уровню, то в основном считаются заданными как технология, так и существующая структура системы управления. Констатация такого положения не означает согласия с тем, что оно является правильным и допустимым. Приходится признать, что, существующий в этой области разрыв между теорией и практикой, чрезвычайная сложность объекта управления, большинства решаемых задач вынуждают мириться с существующим подходом к созданию АСУ.

5.4.3. Наиболее распространенная постановка общей задачи -- обеспечение производства и продукции в заданном объеме и ассортименте при минимизации совокупных затрат на ее производство. Максимизация производства отдельных наиболее важных видов производимой продукции применяется в тех случаях, когда ресурсы ограничены, продукция заведомо эффективна и дефицитна, а производство ее рентабельно и прибыльно. Если спрос на продукцию существенно зависит о принятых или перспективных

цен, а объем и ассортимент продукции заранее не заданы и должны быть определены в процессе решения задачи, то обычно стремятся максимизировать прибыль.

Указанные постановки применимы главным образом к задачам планирования. Их декомпозиция в виде дерева целей по функциональным подсистемам может быть выполнена лишь экспертными методами. Поэтому в большинстве случаев проектировщики проводят оптимизацию по отдельным задачам в функциональных подсистемах, предполагая, что это улучшает работу системы в целом. Если разработка ведется по нескольким направлениям -- одновременно разрабатываются задачи функциональных подсистем, информационного и технического обеспечения, то важно уметь сохранить взаимосвязь всех частей разработки, помнить при решении конкретных задач, особенно касающихся обеспечивающих подсистем, о системе в целом.

5.4.4. Выбор решений по техническим средствам во многом определяет возможности решения функциональных задач, и, наоборот, принятые функциональные задачи в свою очередь предъявляют требования к комплексу технических средств. Сказанное относится в полной мере к информационному и другим видам обеспечения.

5.4.5. Для ускорения и снижения затрат на проектирование в настоящее время разработаны пакеты прикладных программ (ППП). Построение ППП по модульному принципу позволяет набирать из них программное обеспечение АСУ для конкретного предприятия. При этом разработчики ППП создают определенную функциональную избыточность, что позволяет выбирать из модулей с одинаковым функциональным назначением тот, который наиболее близок к условиям разрабатываемой системы. Независимость модулей позволяет использовать их в любых комбинациях. Вместе с тем разработчики системы должны помнить о необходимости учета ее индивидуальных особенностей. К ним относятся не только внешние по отношению к системе факторы, но и такие условия, как требования к частоте и точности решения задач, наличие и доступность исходной информации и т. д.

5.4.6. Другим уровнем типизации являются типовые проектные решения (ТПР). Их создание определяется возможностью декомпозиции системы управления на отдельные элементы, которые для различных систем могут быть одинаковыми. Выделение

таких элементов, пригодных для многократного использования, и привело к концепции типовых проектных решений. В практике создания АСУ ТПР разрабатывались для различных уровней, вплоть до создания соответствующих программ. Однако на этом уровне они оказались не вполне удобными и вместо них употребляются пакеты прикладных программ. Применение ТПР может быть полезным при постановке задач и разработке математического обеспечения. Область их использования определяется, с одной стороны, степенью типизации задач, а с другой — близостью рассматриваемой задачи к тому классу, на который ориентировано данное ТРП.

Все ТРП разделяются на классы — **"Задача", "Техника", "Персонал"**.

Класс ТРП «Задача» предназначен для решения задач управления и, в свою очередь, разбивается на подклассы, каждый из которых ориентирован на определенную функциональную подсистему. В задаче выделяются ее организационно-экономическая сущность, алгоритм решения, исходные и выходные данные.

Класс ТПР «Техника» определяет состав, размещение и порядок использования комплекса технических средств.

Класс ТПР «Персонал» регламентирует действия персонала в условиях функционирования АСУ, определяет права, обязанность и ответственность лиц, работающих в АСУ.

5.4.7. Одним из основных условий создания высокоэффективной АСУ является *ориентация ее на пользователя*. При функционировании АСУ, решении задач управления действует большое количество ограничений, которые надо учесть при ее разработке. В процессе самого проектирования также существует много ограничений. Это приводит к тому, что в поисках лучшего пути, за который часто принимают наиболее простой, быстрый и дешевый, разработчики сознательно или подсознательно перекладывают часть возникающих проблем на пользователя. Этот путь чреват пагубными последствиями. Пользователи, в свою очередь руководимые стремлением минимизировать объем своей работы, не выполняют инструкции разработчика и игнорируют систему, которая не облегчает, а усложняет им жизнь. Следует при этом учитывать основную особенность АСУ — задачи управления могут решаться и решались до ее создания «вручную», без использования ЭВМ. В принципе их можно решать «вручную» и при наличии АСУ. Весь вопрос только в качестве, эффективности решений.

Именно поэтому встречаются случаи, когда АСУ работает сама по себе, без какого-либо вляния на управляемый объект, а управление объектом осуществляется фактически без нее. Недопустимость создания подобных систем очевидна.

5.4.8. АСУ является *инструментом управления*, в котором решающую роль играет человек. Кроме таких задач, которые регламентированы руководящими материалами, многие задачи, причем не только справочного характера, но и оптимизационные, в определенной степени зависят от лица, которое их использует в процессе принятия решения. Наиболее индивидуальны и субъективны требования в отношении частоты и формы представления справочной и отчетной информации. Но даже и по основным функциям управления достаточно часто назначение нового руководителя влечет за собой изменение форм и методов управления и соответствующей постановки задач. В этих условиях от опыта разработчика зависит многое. Он должен решить, надо ли создавать оригинальные алгоритмы и программы, можно ли модифицировать уже используемые или найти готовые ППП. Практика создания и функционирования многих АСУ в нашей стране позволила выработать и регламентировать не толко набор функциональных подсистем, но и выделить задачи наиболее общего характера применительно к АСУ определенных классов и назначения. Собственно некоторые их этих подсистем и были рассмотрены.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ АСУП

6.1. Стадии создания АСУП

В настоящее время накоплен довольно большой опыт по разработке и вводу в эксплуатацию АСУП, тем не менее создание автоматизированной системы управления для конкретного машиностроительного предприятия представляет собой сложную задачу.

Общеотраслевыми руководящими методическими материалами (ОРММ) по созданию АСУП установлены следующие стадии (см. табл. 4).

1. Предпроектная, включающая разработку технико-экономического обоснования и технического задания на проектирование.
2. Разработка проектов — технического и рабочего.
3. Ввод в эксплуатацию АСУП (опытная эксплуатация и приемо-сдаточные испытания системы).

Таблица 4

Относительная трудоемкость этапов создания АСУП

№ п/п	Стадии разработки	Структурная трудоемкость %	№ п/п	Стадии разработки	Структурная трудоемкость,%
1	Предпроектная стадия	2,8	4	Ввод в эксплуатацию	17,1
2	Техническое проектирование	25,4	5	Анализ функционирования АСУП	7,2
3	Рабочее проектирование	47,5			

Разработка АСУП представляет собой длительный и трудоемкий процесс, осуществляемый большим коллективом специалис-

тов в специализированных НИИ или в отделе АСУП предприятия (табл. 4). В комплексе работ по созданию АСУП выделяются следующие:

1. Определяются общие параметры проектируемой модели системы управления на основе *предпроектного* диагностического анализа предприятия и действующей системы его управления.

2. На основании полученных по результатам анализа общих параметров устанавливается общая принципиальная структура проектируемой системы управления и определяется потребность в технических средствах для ее реализации.

Результаты первых двух работ оформляются в виде расширенного проекта, определяющего параметры задач системы управления и очередность их реализации; информационное обеспечение истемы; основной набор технических средств, реализующих задачи управления.

3. Исходя из особенностей выбранного комплекса технических средств производится организация системы обработки данных и разрабатывается рабочий проект, ограниченный на данном этапе выбранными первоочередными задачами.

4. С момента ввода в эксплуатацию комплекса технических средств начинается непосредственное внедрение задач первой очереди с последующим развитием автоматизированной системы управления за счет включения новых, преимущественно оптимизационных, задач и расширения технической базы.

Проектирование АСУП предполагает наличие высококвалифицированного коллектива разработчиков, способного принимать на основе предпроектных исследований и экспертных оценок проектные решения с использованием современного аппарата математического моделирования функциональных подсистем управления и программирования процессов обработки информации на ЭВМ.

По широте охвата автоматизацией функций и степени увязки решений могут применяться три метода разработки: системный, подсистемный, элементный. Системный метод включает разработку единого, комплексного проекта системы по всем функциям управления и системы информационно-технического обеспечения процессов управления. Системный метод предполагает широкое использование типовых проектов. При подсистемном методе автоматизацией охватывается комплекс задач, объединенных по

функциональному или производственному принципу. При элементном методе автоматизируются отдельные задачи, функции управления. Внедрение идет по каждой отдельной задаче.

Далее рассмотрим подробнее задачи и содержание каждой стадии создания АСУП.

6.2. Предпроектная стадия создания АСУП

6.2.1. Обследование предприятия

Предпроектная стадия создания АСУП заключается во всестороннем обследовании системы управления с целью выработки решений по совершенствованию управления предприятием. Обследование проводится по заранее разработанной программе.

Программа обследования преставляет перечень вопросов, ответы на которые достаточно полно характеризуют производственно-хозяйственную деятельность предприятия в целом и отдельных его подразделений и способствуют определению основных параметров АСУП. Содержание программы определяется характером объекта обследования и задачами разработки АСУП. Данные, полученные в результате обследования, служат основой для:

— разработки рекомендаций по совершенствованию существующей системы управления без применения технических средств и ЭВМ;

— выработки решения о составе задач, подсистем и подразделений, охватываемых АСУП;

— составления технического задания на создание АСУП:

Обследование организационной структуры предприятия заключается в изучении основных технико-экономических характеристик предприятия и его организационной структуры с целью выработки рекомендаций по совершенствованию последней.

Обследование функциональной структуры предприятия заключается в изучении функций управления, выполняемых в структурных подразделениях отдельными должностными лицами, с целью выработки рекомендаций по упорядочению последовательности выполнения и содержания функций управления, их границ и взаимосвязей.

Обследование потоков и состава информации производится с целью уточнения применяемой терминологии с целью обеспечения смыслового единства информации; определения объемов

формируемой и используемой информации для принятия решений о способах автоматизированной обработки данных; разработки схемы документооборота и модели информационных связей предприятия.

Обследование материальных потоков осуществляется с целью выработки рекомендаций по их совершенствованию, а также выявления особенностей потоков, влияющих на характер АСУП.

Анализ методов планирования и учета заключается в изучении применяемых на предприятии (в подразделении) методов планирования и учета производства с целью выбора способов реализации их в АСУП.

Составляется краткая характеристика предприятия:

— производственная программа составляется в соответствии с утвержденным планом по выпуску основных видов изделий на текущий год и перспективными планами на 3...5 лет.

— структура предприятия.

Производится выбор объектов автоматизации. Он заключается в выборе состава автоматизируемых функций, задач управления по подразделениям предприятия, а также технико-экономических показателей, отражающих влияние автоматизации на них.

Производится предварительный выбор технических средств, для чего используются данные предпроектного обследования: объемы перерабатываемой информации; перечень задач, подлежащих автоматизации и требований к ним.

Результаты предпроектного исследования оформляются в виде отчета.

6.2.2. Технико-экономическое обоснование

Технико-экономическое обоснование состоит из следующих разделов:

— исходные положения, характеристики и технико-экономические данные;

— обоснование цели создания АСУП;

— обоснование комплексов задач (подсистем);

— перечень организационно-технических мероприятий;

— выводы и предложения.

Вопросы экономической эффективности АСУП будут подробно рассмотрены в следующей лекции.

6.2.3. Техническое задание на создание АСУП

Разработка технического задания на создание АСУП является завершающим этапом предпроектной стадии и заключается в представлении основных данных для разработки АСУП, требований к задачам, которые должны быть реализованы автоматизированной системой, а также к техническому комплексу, информационному и математическому обеспечению системы. При разработке технического задания устанавливаются очереди создания АСУП с указанием перечня подсистем и задач, предусматриваемых в составе каждой очереди АСУП.

Техническое задание на создание АСУП должно содержать:

1) *основание для разработки АСУП.* В этом разделе указывается полное наименование документов, на основании которых должна осуществляться разработка АСУП.

2) *общие положения.* В этом разделе указываются основные цели создания системы; краткая характеристика предприятия; требования к совершенствованию структуры управления предприятием; основные положения, регламентирующие функционирование системы.

3) *основные требования к создаваемой АСУП.* Здесь приводятся требования, обеспечивающие устойчивое функционирование системы, характеристики и нормы, относящиеся к системе в целом и ее составным частям.

Требования к составным частям АСУП излагаются в виде подразделов данного раздела.

В подразделе «*Функциональная структура АСУП*» приводятся: перечень подсистем и задач; по каждой задаче указываются подзадачи, назначение задачи, перечень основных входных и выходных показателей, наименования объектов, на которых внедряется задача.

В подразделе «*Информационная база*» указываются основные принципы организации и проектирования информационной базы АСУ (организация цен реализованного нормативного хозяйства, создание банка данных системы, обеспечение одноразового ввода данных и др.). Формируются требования:

— к способам подготовки, сбора, хранения, контроля информации и внесение изменений в массивы;

— к использованию единых и отраслевых систем документации, систем классификации и кодирования технико-экономической информации;

— к информационным связям между задачами, комплексами задач, подсистемами;

— к информационным связям и совместности АСУП с системами других уровней управления.

В подразделе «*Математическое обеспечение*» указываются:

— требования к составу и структуре общесистемного математического обеспечения;

— степень использования алгоритмических языков, стандартных, организующих и управляющих программ;

— перечень дополнений (при необходимости) к системам программирования.

В подразделе «*Техническое обеспечение*» указываются состав предварительно выбранного комплекса технических средств АСУ и требования к основным группам комплекса технических средств.

4) материалы, используемые для разработки АСУП. В этом разделе приводятся: перечень материалов, используемых при разработке АСУП (проекты аналогичных систем, материалы предпроектного обследования, типовые решения и т. п.); перечень проводимых научно-исследовательских работ для создания АСУП.

5) *организацию работ и исполнителей.* В этом разделе указываются: заказчик АСУП; головная организация-разработчик АСУП и организации-соисполнители; источники финансирования работ; порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ по созданию системы; распределение функций и работ между заказчиком и разработчиком по разработке АСУ и подготовке предприятия к внедрению системы (с указанием сроков выполнения работ);

6) *этапы разработки и внедрения АСУП.* Здесь указываются этапы, сроки, краткое содержание работ по каждому из этапов в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

7) *оценку экономической эффективности АСУП.* Здесь приводятся: предварительный расчет затрат на разработку и капитальные вложения, а также расчет затрат, связанных с эксплуатацией системы; обоснование стоимости (или ссылка на соответствующие документы) научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых для создания АСУП, а также работ по внедрению системы; оценка ожидаемого годового экономического эффекта от АСУП и срок окупаемости затрат на создание АСУП; основные технико-экономические показатели предпри-

ятия, которые будут достигнуты в результате создания системы. Расчеты проводятся в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

6.3. Технический проект на создание АСУП.

Технический проект АСУП разрабатывается на основе утвержденного технического задания на создание АСУП.

В целях сокращения сроков разработки и объема документации при наличии проверенных эффективных решений по основным видам обеспечения АСУП, применимых в конкретных условиях, рекомендуется широко заимствовать ранее разработанную документацию и разрабатывать проект в одну стадию -- *технорабочий проект*.

В технический проект АСУП, как правило, должны входить:

— *пояснительная записка* к проекту с кратким изложением содержания проекта, данными о проведенных согласованиях с указанием о соответствии проекта действующим нормам и правилам;

— *решения по комплексу технических средств*, включая необходимую первоочередную заявочную документацию для заказа оборудования и задания, необходимые для разработки проекта монтажа комплекса технических средств;

— *план мероприятий по подготовке объекта к внедрению* с указанием перечня работ и сроков;

— *расчет экономической эффективности*;

— *описание организационной структуры управления*, содержащее описание изменений о составе и взаимосвязях подразделений предприятия, о функциях и квалификации персонала, обусловленных функционированием АСУП;

— *описание постановки и решения* комплексов задач, содержащее перечень задач, процедур обработки информации с описанием алгоритмов решения и используемых средств программного обеспечения; в полном объеме разрабатывается для оригинальных комплексов задач. В случае использования пакетов прикладных программ (ППП) в соответствующих разделах постановки даются ссылки на наименование документов ППП, включаемых в состав технического проекта;

— *описание систем программного обеспечения*, описание и краткая характеристика общего программного обеспечения (операци-

онных систем трасляторов, библиотеки программ, параметров генерации) и специального программного обеспечения (программ ввода—вывода, программ создания и обслуживания данных, программ функционального назначения и др.);

описание организации информационной базы, содержащее описание состава структурных единиц информации и основные решения по организации информационного обеспечения, включая программы и рабочую документацию организации и ведения первичных массивов, содержащих нормативную информацию;

— *описание систем классификации и кодирования;*

— *чертежи форм документов (видеограмм);*

— *ведомость документации,* определяющая перечень вновь разработанных или примененных документов, входящих в состав проекта.

Одновременно с техническим проектом разрабатываются:

— классификатор технико-экономической информации, который разрабатывается заказчиком на основе согласованной системы классификации и кодирования;

— проект строительства зданий (помещений) ИВЦ, пунктов сбора информации и монтажа комплекса технических средств АСУП, который выполняется проектной организацией по договору с заказчиком.

6.4. Рабочий проект на создание АСУП

Разработка рабочего проекта является завершающей стадией проектирования АСУП, на которой принимаются окончательные решения по составу и содержанию проектных документов.

В рабочий проект создания АСУП, как правило, должны входить:

— *программная документация,* включая программную документацию примененных ППП и ТПР с необходимой доработкой и программную документацию оригинальных решений;

— *технологические инструкции по обработке данных* (как правило, типовые), содержащие сведения по выполнению операций сбора, регистрации, обработки и передачи информации (при необходимости разрабатываются на стадии технического проекта);

— *должностные инструкции,* устанавливающие права, обязанности производственного и управленческого персонала предприятия в условиях функционирования АСУП;

— *ведомость документов рабочего проекта,* содержащая перечень всех документов, разработанных для данного проекта, примененных ТПР (типовых проектных решений) и ППП.

6.5. Ввод АСУП в эксплуатацию

Ввод АСУП и ее отдельных элнментов в эксплуатацию представляет собой процесс постепенного перехода от существующих методов управления к методам автоматизированного управления.

Ввод АСУП в эксплуатацию организуется и проводится силами заказчика при участии разработчика и организаций-соисполнителей. Взаимодействие организации-заказчика, разработчика и соисполнителей осуществляется на основании договорных условий и плана-графика сдачи АСУП в промышленную эксплуатацию.

Ввод в эксплуатацию осуществляется поэтапно, начиная со стадии разработки технического проекта по мере готовности рабочей документации и ввода в эксплуатацию технических средств, обеспечивающих внедрение комплексов задач, очередей или объектов АСУП, способных к самостоятельному функционированию.

К вводу АСУП в эксплуатацию следует приступать при наличии оформленных документов о выполнении плана мероприятий по подготовке объекта; рабочей документации на внедряемые выделенные комплексы задач, очереди или АСУП в целом; обученного персонала, обеспечивающего подготовку к вводу в эксплуатацию выделенной очереди АСУП; принятых в эксплуатацию технических средств АСУП, обеспечивающих функционирование внедряемых комплексов задач, очередей.

Строительно—монтажные и пусконаладочные работы по вводу в эксплуатацию зданий (помещений) и комплекса технических средств выполняются общестроительными и специализированными монтажно—наладочными организациями на основании прямых договоров с заказчиком.

6.6. Резюме по вопросам создания АСУП

Стадии, этапы, а также состав, содержание и порядок оформления документации на АСУП регламентируются ОРММ, госстандартами и т. п.

Перечень стадий, этапов и основных работ по созданию АСУП приведен в таблице 5.

Виды отчетности и проектной документации на создание АСУП приведены в таблице 6.

Таблица 5

Стадии создания АСУП

Стадия	Этап	Работа
1	2	3
1. Предпроектная	Подготовка и заключение договора	Предварительный анализ и выявление первоочередных объектов (организаций и предприятий для проектирования и внедрения на них АСУП) Преддоговорное обследование и определение исходных характеристик объекта для заключения договора Составление и подписание договора на создание АСУП
	Комплексное обследование	Обследование объекта и анализ его характеристик Разработка технико-экономичес. обоснования создания АСУП Разработка перечня организационно-технич. мероприятий по подготовке объекта к внедрению АСУП Составление отчета по обследованию объекта
	Определение характеристик и показателей разрабатываемой системы	Разработка комплекса документации технического задания Экспертиза и согласование технического задания Утверждение технического задания

1	2	3
2. Технический проект	Обследование	Анализ параметров и требований, заложенных в техническом задании. Уточнение материалов обследования объекта
	Выбор проектных авриантов реализации задач управления	Выбор и обоснование проектных решений Разработка проектных решений Разработка проектных решений Взаимная увязка проектных решений
	Разработка документации	Разработка комплекса документации технического проекта Экспертиза и согласование технического проекта
3. Рабочий проект	Разработка рабочей документации	Утверждение технического проекта Анализ параметров и требований, заложенных в техническом задании и техническом проекте Разработка комплекта документации рабочего проекта
4. Внедрение	Подготовка объекта	Реализация организационно-технических мероприятий по подготовке объекта к внедрению АСУП Реализация проектных решений на объекте
	Испытания	Опытная эксплуатация составных частей АСУП Производственные испытания АСУП Корректировка проектной документации
	Экспертиза и сдеча АСУП в эксплуатацию	Сдача АСУП разаботчикам экспертной комиссий заказчика Сдача АСУП приемной комиссии Корректировка проектной документации
5. Анализ функционирования	Обследование	Разработка методики обследования и анализа функционирования АСУП
	Анализ	Проведение анализа функционирования АСУП Разработка предложений по развитию эксплуатируемой АСУП Составление отчета по анализу функционирования АСУП

Таблица 6

Виды отчетной и проектной документации

Вид документа	Описание документа
1	2
Программа обследования	Документ, определяющий состав работ по обследованию и регламентирующий порядок выполнения этих работ
Отчет по комплексному обследованию АСУ (подсистемы)	Документ, содержащий результаты анализа материалов комплексного обследования объекта
Технико-экономическое обоснование	Документ , подтверждающий экономическую целесообразность и производственную необходимость создания АСУП
Техническое задание на разработку АСУП (подсистемы)	Документ, определяющий основные технико-экономические параметры (характеристики) разрабатываемой АСУП (подсистемы) и регламентирующий порядок ее проектирования и внедрения
Пояснительная записка	Документ, содержащий обоснование проектных решений
Функциональная характеристика АСУП (подсистемы)	Документ, характеризующий состав пдсистем и задач в АСУП, их взаимосвязи, а также связи подразделений в АСУ
Постановка задачи и алгоритм решения	Документ, определяющий экономическую и организационную сущность задачи, характеристики входной и выходной инфомации, алгоритм решения
Должностная инструкция	Документ, регламентирующий действия персонала АСУП, осуществляющего конкурентную функцию управления в нормальном режиме функционирования и при его нарушениях
Операционная инструкция	Документ, регламентирующий действия персонала при выполнении определенных операций технологического процесса обработки данных
Сводная смета затрат	Документ, определяющий сумму затрат на разработку и внедрение АСУП
Расчет экономической эффективности	Документ, содержащий расчет показателей экономической эффективности проектируемой АСУ
Мероприятия по подготовке объекта к внедрению	Документ, содержащий перечень работ, обеспечивающих подготовку объекта к внедрению системы, с указанием исполнителей и сроков выполнения

1	2
Организация информационной (нормативной) базы	Документ, регламентирующий классификацию и состав информации, требования к организации информационной (нормативной) базы
Система классификации и кодирования	Документ, содержащий номенклатуру объектов кодирования (классов), правила кодирования по определенной системе, структуру и разрядность кодов
Кодификатор информации	Документ, содержащий перечень кодируемой информации в системе с присвоением кодов обозначений
Альбом форм	Документ, состоящий из форм документов входной или (и) выходной информации
Контрольный пример	Документ, содержащий конкретные значения входной и полученной на основании алгоритма выходной информации
Система математического обеспечения	Документ, регламентирующий состав и принцип применения внутреннего и внешнего математического обеспечения
Эталон программ	Документ, содержащий программы на машинных носителях, служащий эталоном
Описание программ	Документ, содержащий описание общей схемы процесса решения и описание программ
Принципы построения комплекса (технических средств (КТС)	Документ, определяющий состав устройств КТС и их функциональные взаимосвязи
Решения по периферийным техническим средствам	Документ, определяющий тип устройств, их количество, требования к организации эксплуатации периферийных технических средств
Решение по вычислительному центру	Документ, содержащий требования и основные положения по организации и функционированию вычислительного центра
Техническое задание на разработку рабочих чертежей монтажа комплекса технических средств ВЦ и периферийного оборудования	Документ, содержащий требования к монтажу КТС и являющийся основанием для разработки рабочих чертежей КТС
Рабочие чертежи монтажа комплексов периферийных технических средств	Документ, определяющий виды и объем работ по монтажу комплекса периферийных технических средств
Рабочие чертежи монтажа комплекса технических средств вычислительного центра	Документ, определяющий виды и объем работ по монтажу технических средств ВЦ

Окончание таблицы 6

1	2
Альбом словарей	Документ, содержащий упорядоченный перечень наименований реквизитов, массивов и документов, записанных в аналогичной, хранимой в ЭВМ форме
Ведомость документов	Документ, предназначенный для комплектования документов по определенным признакам
Акт внедрения АСУ (подсистемы)	Документ о сдаче АСУ (подсистемы) в эксплуатацию
Научный отчет по анализу функционирования АСУП	Документ, содержащий предложения по развитию анализируемой системы и по прогнозированию проектных решений и их типизации

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АСУП

7.1. Необходимость экономического обоснования эффективности автоматизации управления

Автоматизация управления требует значительных капитальных вложений, эксплуатационных расходов, затрат живого труда. Целесообразность таких крупных мероприятий требует доказательств, которые обычно выполняются в виде расчетов экономической эффективности.

Обоснование экономической эффективности автоматизации управления, коль скоро оно выполняется, позволяет решить не только эту задачу, но и ряд других:

установить основные экономические эффективные направления автоматизации по отдельным видам управленческих работ и отдельным уровням управления исходя из специфики предприятия, существующих способов и методов получения, передачи и обработки информации в управляющем объекте;

выявить возможную величину годового экономического эффекта, обеспечиваемого автоматизацией управления производством на конкретном предприятии;

определить допустимый объем капитальных вложений в систему автоматизированного управления на том или ином предприятии, учитывая размер экономии и дополнительных доходов, получение которых обеспечивается внедрением электронно-вычислительной техники в процесс управления;

рассчитать срок окупаемости затрат на АСУ и сравнить его с установленными нормативами по соответствующей отрасли;

выявить необходимость и целесообразность затрат на создание и внедрение автоматизированной системы управления на каждом конкретном объекте;

определить влияние внедрения новой техники в управлении производством на технико-экономические показатели деятель-

ности предприятия (себестоимость, прибыль, рентабельность, производительность труда и т. п.)

выбрать экономически наиболее эффективный вариант системы автоматизированного управления предприятием в целом;

сравнить экономическую эффективность автоматизации управления с эффективностью других мероприятий по новой технике, возможных на данном объекте.

Для решения указанных задач необходимо установить факторы, действие которых обеспечивает эффективность автоматизации управления, направления действия этих факторов, а для количественного измерения степени влияния факторов найти соответствующие показатели и методы их расчета.

Все это излагается в методиках обоснования экономической эффективности АСУ.

У многих специалистов создалось мнение, что обоснование экономической эффективности АСУ обеспечивает ее эффективность. Это заблуждение. Обоснование само по себе не может ответить даже на простой вопрос о степени влияния задач или функций, решаемых системой, на результаты хозяйствования.

Обоснование экономически вооружает проектировщиков АСУ, указывает им направление движения, позволяет получить оценку их работы. Но не более. Экономический эффект АСУ обеспечивает работа проектировщиков других профессий: системных инженеров, организаторов управления, постановщиков задач, специалистов по техническим средствам и др. Именно они должны так построить АСУ и так организовать ее работу, чтобы были достигнуты цели, указанные экономистами, выполняющими обоснования экономической эффективности.

Но без обоснования все эти специалисты работают вслепую.

7.2. Методика расчета экономической эффективности АСУП

7.2.1. Основные положения

1. *Основным показателем*, определяющим экономическую целесообразность затрат на создание АСУП, является годовой экономический эффект.

2. *Хозрасчетными показателями* экономической эффективности создания и функционирования АСУП является годовой прирост прибыли и расчетный коэффициент эффективности (или срок окупаемости капитальных вложений).

3. При определении экономической эффективности АСУП учитываются следующие *основные факторы* повышения эффективности производства: увеличение выпуска продукции за счет более рационального использования действующих производственных мощностей, сырья, материалов, топлива: увеличение производительности труда рабочих, вследствие сокращения потерь рабочего времени; сокращение производственного цикла изготовления продукции и материальных запасов на предприятии, повышение качества продукции выпускаемой (сокращение брака, повышение сортности).

4. При определении экономической эффективности АСУП обязательной является сопоставимость показателей: по времени, ценам, тарифным ставкам заработной платы, элементам затрат.

5. При определении экономической эффективности АСУП за базу для сравнения принимаются показатели работы предприятия за год без учета АСУП, а при внедрении АСУП — за год, следующий после ввода системы в эксплуатацию.

6. Экономическая эффективность АСУП определяется:

а) *годовым приростом прибыли* (годовая экономия), рассчитываются по формуле

$$\Delta \Pi^{A} = \Pi_{\rho 1}(Q_{\rho 2} - Q_{\rho 2}) / Q_{\rho 1} + Q_{\rho 2}(S_1 - S_2) / 100,$$

где $\Pi_{\rho 1}$ — прибыль предприятия до внедрения АСУП; $Q_{\rho 1}$ и $Q_{\rho 2}$ — объемы реализованной продукции до ипосле внедрения АСУП; руб.; S_1 и S_2 — затраты на рубль реализованной продукции до и после внедрения АСУП, руб/руб. Дополнительно учитываются прибыль от ликвидации расходов, не входящих в себестоимость продукции, надбавки за качество продукции;

б) *годовым экономическим эффектом*, определяемым по формуле:

$$Э_{\rho} = \left[\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}\right]\Pi_{\rho 1} + \left(\frac{S_1 - S_2}{100}\right)Q_2 - E_{н} K^{A},$$

где $E_{н}$ — нормативный коэффициент эффективности;

K^{A} — единовременные капитальные затраты на внедрение АСУП, руб.;

($E_{н}$=0,15 по p_2 кондициям ОРММ);

в) *эффективностью капитальных вложений* на создание АСУП E_{ρ}^{A}, определяемой по формулам

$$E_{\rho}^{A} = \frac{\Delta П^{A}}{K^{A}} \geq E_{н}^{A}; \; T_{ок} = K^{A} / \Delta П^{A},$$

где E_{p}^{A}, $E_{н}^{A}$ — расчетный и нормативный показатели экономической эффективности; $\Delta П^{A}$ — прирост прибыли от внедрения АСУП, руб.

$T_{ок}$ — срок окупаемости капит. вложений.

7.2.2. Определение основных показателей экономической эффективности

Расчет единовременных затрат на создание и внедрение АСУП.

Единовременные затраты на внедрение АСУП рассчитываются по формуле, руб.,

$$K^{A} = K_{п}^{A} + K_{к}^{A} + K_{ост} + K_{исп},$$

где $K_{п}^{A}$ — *предпроизводственные затраты*; $K_{к}^{A}$ — *капитальные вложения в комплекс технических средств*; $K_{ост}$ — остаточная стоимость ликвидируемого оборудования; $K_{исп}$ — стоимость оборудования сооружений, которые были использованы в прежней системе и будут использованы в АСУП.

Предпроизводственные затраты $K_{п}^{A}$ — это единовременные затраты на разработку проекта АСУП (научные разработки, разработки алгоритмов, машинных программ, привязка типовых решений к действующему предприятию, составление инструкций, классификаторов, затраты на подготовку и переподготовку кадров и др.). Их величина принимается по утвержденной сметной стоимости создания АСУП. Укрупненно $K_{п}^{A}$ рассчитываются по действующим нормативам.

Величина предпроизводственных затрат устанавливается на основании нормативной трудоемкости создания АСУП. Трудоемкость проектируемой АСУП определяется на основе трудоемкости

эталонной АСУП с учетом коэффициентов κ_j, учитывающих характеристику объекта особенности создаваемой АСУП и опыт организации — разработчика.

Значения коэффициентов, трудоемкость разработки эталонной АСУП и другие данные, используемые при расчете нормативной трудоемкости разработки и внедрение проектируемой АСУП, приводятся в ОРММ. Сметная стоимость создания АСУП определяется следующим образом.

На основе установленной трудоемкости T^A и средней заработной платы одного работающего определяются затраты на основную заработную плату персонала по стадиям и этапам. Эта статья затрат берется за базу для расчета других статей сметной стоимости разработки (дополнительная заработная плата, отчисления на социальное страхование, затраты на командировки, материалы, покупные изделия, полуфабрикаты, накладные расходы и др.), определяемых в процентном отношении к основной заработной плате производственного персонала.

Расходы по оплате времени работы ЭВМ определяются на основе средних затрат времени в машино-часах на человеко-год.

Кроме стоимости комплекса технических средств при расчете капитальных затрат на КТС учитываются расходы на монтаж оборудования (примерно 9 % от стоимости КТС), транспортные расходы (0,5—4% от стоимости КТС). В капитальных затратах учитывается стоимость помещений ИВЦ.

Расчет годового объема реализованной продукции. Внедрение АСУП позволяет увеличить использование ресурсов предприятия и обеспечивает прирост объемов производства. При расчетах увеличения объема реализованной продукции учитывают ресурсы: сырье, материалы, комплектующие изделия, трудовые ресурсы, оборудование, топливо,энергию. Прирост объема реализованной продукции ΔQ_p за счет j-го ресурса определяется по формуле

$$\Delta Q^A_{pj} = G^A_j / g^A,$$

где G^A_j — возможная величина использования j-го ресурса при внедрении АСУП; g^A — удельный расход j-го ресурса на единицу работы или продукции в условиях функционирования АСУП.

Изменение себестоимости продукции. Важнейшим показателем деятельности предприятия является себестоимость продукции. Внедрение АСУП позволяет снизить затраты производства. Себестоимость продукции изменяется за счет следующих текущих затрат, сгруппированных в статьи: сырье и материалы $S^{A}_{м}$; возвратные отходы (вычитаются); топливо и энергия на технологические цели $S^{A}_{т}$; основная заработная плата производственных рабочих; $L^{A}_{ос}$ дополнительная заработная плата производственных рабочих $L^{A}_{Д}$; отчисления на социальное страхование $L^{A}_{стр}$; расходы на подготовку и освоение производства $S^{A}_{п.п.}$; расходы на содержание и эксплуатацию оборудования $S^{A}_{об}$; цеховые расходы $S^{A}_{ц}$; общезаводские расходы $S^{A}_{об.з.}$; потери от брака $S^{A}_{бр.}$; прочие производственные расходы $S^{A}_{пр.}$; внепроизводственные расходы $S^{A}_{вн.}$.

Все текущие расходы делятся на две группы: условно-переменные и условно-постоянные. Методикой рекомендовано относить к условно-переменным расходам $S^{A}_{м}$, $S^{A}_{т}$, $L^{A}_{ос}$, $S^{A}_{об}$, $S^{A}_{бр}$, $S^{A}_{п.п.}$. При внедрении АСУП необходимо выявить влияние мероприятий на указанные статьи затрат. Особое внимание уделяется сокращению расходов на материалы, основную заработную плату производственных рабочих, расходов по эксплуатации оборудования. В методике приводятся указания по расчету каждой статьи затрат.

Для определения общей экономии от изменения себестоимости продукции в результате внедрения АСУП следует рассчитать затраты на один рубль реализуемой продукции до и после внедрения АСУП и разницу умножить на объем реализуемой продукции в условиях АСУП.

Автоматизированная система управления предприятием обычно разрабатывается отдельными очередями. В одну очередь включаются 30--40 задач различных подсистем. Положениями по АСУП установлено, что по каждой задаче должен быть рассчитан экономический эффект от ее внедрения.

7.3. Замечания по методикам определения экономической эффективности АСУП

Эффект от АСУП создается благодаря наличию на любом предприятии потерь, неиспользованных возможностей и недостаточной технической оснащенности управленческого аппарата. Эффект проявляется в сфере управления и в сфере производства, на самом автоматизируемом предприятии и у его смежников (поставщиков, потребителей, транспортников), в производственных и общественных сферах.

Известные в стране методики, отражающие различные подходы, касаются только экономической эффективности АСУП на самом автоматизируемом предприятии.

Во всех рассматриваемых методиках используется достаточно широкий комплекс технико-экономических показателей эффективности, а для оценок применен метод сравнения. Используется также метод расчета допустимых показателей, ориентирующих проектировщиков на соблюдение определенных параметров систем. Во всех методиках расчеты экономии и дополнительных доходов основаны на сравнении ситуаций «до АСУП» и «при АСУП» . В этом сравнении принципиальным является вопрос о способе перехода к ситуации «при АСУП», поскольку ситуация «до АСУП» обычно известна. Здесь также наиболее обоснована позиция авторов, которые считают, что в режиме стабилизации производства достигается регулярное выполнение плановых заданий, при оптимизации — регулярное достижение среднепрогрессивного уровня.

Замечания в адрес всех методик по определению экономической эффективности АСУ высказывались неоднократно.

К общим замечаниям в адрес всех действующих методик относятся, например, такие, как неумение ответить на вопрос, как конкретно найти степень влияния функций и задач, решаемых системой, на результаты хозяйствования; отмечается существенное значение для ряда АСУ составляющих эффекта, сопряженно возникающих в отраслях-потребителях продукта или услуг, учет которых методики не предусматривают. Однако все эти замечания блекнут перед оценкой методики, выполненной академиком Н. П. Федоренко (Вопросы философии. 1981. № 10 С. 3—13). Ученый

приводит пример расчета экономической эффективности внедрения объекта новой техники по различным методикам, в том числе и по методике определения экономической эффективности АСУ. Результаты резко отличаются друг от друга в 100 раз.

Добавим к этому, что крупными недостатками существующих методик являются: их нестабильность — частый пересмотр и выпуск новых документов, а также значительная трудоемкость.

Несмотря на все это, идея использования таких методик прогрессивна и польза их несомненна. Многие замечания справедливы.

Однако устранение их может привести к значительному усложнению расчетов, увеличению трудоемкости сбора исходных данных, увеличению сроков выполнения обоснований.

Отсюда следует три основных вывода.

Во-первых, обоснование экономической эффективности АСУ и способы ее выявления не следует фетишизировать. Для каждого автоматизируемого объекта его следует выполнять один раз, в начале проектирования для того, чтобы правильно ориентировать проектировщиков, заказчиков АСУ, инстанции, утверждающие проект, и не допускать излишних затрат.

Во-вторых, целесообразно разработать более экономичные способы обоснования экономической эффективности АСУ, с тем чтобы снизить затраты на эту проектную операцию.

В-третьих, необходимо решительно перенести центр тяжести с обоснования экономической эффективности на обеспечение эффективности АСУ, которое надо выполнять на всех этапах и стадиях ее создания.

Библиографический список

1. ***Модин А. А.*** и др. Справочник разработчика АСУ. М.: Экономика, 1978.

2. Системный анализ в экономике и организации производства (***С. А. Валуев*** и др.). Под ред. ***С. А. Валуева***, М.: Политехника, 1991.

3. ***Смилянский Г. Л.*** Какая АСУ эффективна? (Руководителю об АСУ). М.: Экономика, 1988.

4. Управление машиностроительным предприятием (***С. В. Смирнов*** и др.). Под ред. ***С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова***, М.: Высшая школа, 1989.

5. ***Данильченко И. А.*** и др. Автоматизированные системы управления предприятиями, М.: Машиностроение, 1984.

6. ***Арефьев И. Б.*** и др. Интегрированные АСУ в машиностроении, Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1988.

7. ***Мамиконов А. Г.*** Проектирование АСУ: Учебник для спец. «АСУ» вузов, М.: Высшая школа, 1987.

8. ***Е. С. Венцель***. Исследование операций. М.: Наука, 1988.

9. Организация, планирование и управление машиностроительным производством: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов (***Б. И. Родионов*** и др.). Под общ. редак. ***Б. И. Родионова,*** М.: Машиностроение, 1989.

10. Экономикс: «Теория и практика». Санкт-Петербург 1993 г., 2 тома. АО «Дорваль», АО «Лига».

8. АО «Дорваль», АО «Лига», Экономикс: Теория и практика. Санкт-Петербург 1993 г. 2 тома.

9. Экономикс: «Теория и практика:, Санкт-Петербург 1993 г., 2 тома. АО «Дорваль», АО «Лига».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . . .
1. Автоматизированные системы 3
1.1. Влияние научно-технического прогресса на управление экономикой производства 3
1.2. Понятие "классификации АСУ" 7
1.3. Элементы теории систем 9
1.4. Особенности организационно-экономических систем 15
2. Структура АСУП 18
2.1. Структура АСУП 18
2.2. О соотношении понятий функциональной и обеспечивающей частей АСУП 22
2.3. Роль и место АСУП в системе управления предприятием 25
3. Организационное обеспечение АСУП 31
3.1. Определение состава и очередности решения задач в АСУП 31
3.2. Постановка задачи в АСУП 37
3.3. Организация функционирования АСУП 46
4. Обеспечивающие подсистемы АСУП 48
4.1. Информационное обеспечение 48
4.2. Математическое обеспечение 63
5. Функциональные подсистемы АСУП 91
5.1. Подсистема технической подготовки производства . . . 91
5.2. Подсистема технико-экономического планирования (ТЭП) 97
5.3. Подсистема оперативного планирования и управления основным производством 105
5.4. Общие положения по проектированию функциональных подсистем 109
6. Организация и планирование работ по созданию АСУП . 114
6.1. Стадии создания АСУП 114
6.2. Предпроектная стадия создания АСУП 116
6.3. Технический проект на создание АСУП 120
6.4. Рабочий проект на создание АСУП 121
6.5. Ввод АСУП в эксплуатацию 122
6.6. Резюме по вопросам создания АСУП 122
7. Экономическая эффективность АСУП 128
7.1. Необходимость экономического обоснования эффективности автоматизации управления 128
7.2. Методика расчета экономической эффективности АСУП 129
7.3. Замечания по методикам определения экономической эффективности АСУП 134

Библиографический список 136

Нечитайло Александр Анатольевич
Петров Евгений Николаевич

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Корректор Т. И. Щелокова

Лицензия ЛР № 020301 от 28.11.91

Подписано в печать 20.12.94.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8.2. Усл. кр.-отт. 8,32. Уч.-изд. л. 8,6. Тираж 100 экз.
Заказ 313. Арт С-102/94.

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королева.
443086, Самара, Московское шоссе,34.

ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443001, Самара, ул. Ульяновская, 18.