

*В. О. Чернышев
В. А. Грабауров*

Системный подход
к управлению субъектами
хозяйствования

*Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ф. А. Романюка*

Минск
БНТУ
2014

УДК 681.324.001.63

ББК 32.817

Ч44

Чернышев, В. О. Системный подход к управлению субъектами хозяйствования / В. О. Чернышев, В. А. Грабауров ; под ред. Ф. А. Романюка. – Минск : БНТУ, 2014. – 272 с. – ISBN 978-985-550-453-6.

В монографии с концептуально-теоретических позиций рассматривается актуальная методология системного подхода и его составляющих (исследования, анализа и синтеза) к управлению сложными субъектами хозяйствования. Особое внимание уделяется системе в информатизированном формате.

Книга предназначена для научных работников, аспирантов, магистрантов и соискателей при проведении системных исследований. Она может оказаться весьма полезной студентам старших курсов при изучении дисциплины «Системный анализ и моделирование».

Табл. 11. Ил. 14. Библиогр. 30 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом
Белорусского национального технического университета
(протокол № 1 от 30.01.2014 г.)

Рецензенты:

академик Национальной академии наук Беларуси,
доктор технических наук, профессор *Л. С. Герасимович*;
доктор технических наук, профессор *А. А. Лобатый*

ISBN 978-985-550-453-6

© Чернышев В. О.,

Грабауров В. А., 2014

© Белорусский национальный
технический университет, 2014

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АИС – автоматизированная информационная система;
АРМ – автоматизированное рабочее место;
АСУ – автоматизированная система управления;
БД – база данных;
БЗ – база знаний;
ВЗУ – внешнее запоминающее устройство;
ВК – вычислительный комплекс;
ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи;
ВТ – вычислительная техника;
ЕИП – единое информационное пространство;
ИИВС – интегрированная информационно-вычислительная сеть;
ИВС – информационно-вычислительная сеть;
ИВЦ – информационно-вычислительный центр;
ИО – информационное обеспечение;
ИРИ – избранное распространение информации;
ИР – информационный ресурс;
ИСС – информационно-справочная система;
ИКТ – информационно-коммуникационная технология;
КАПС – комплекс аппаратно-программных средств;
КТС – комплекс технических средств;
ЛИВС – локальная информационно-вычислительная сеть;
ЛПР – лицо, принимающее решение;
МБА – межбиблиотечный абонемент;
НИОКР – научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа;
НТИ – научно-техническая информация;
НОТ – научная организация труда;
НТП – научно-технический прогресс;
НТУ – научно-технический уровень;
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;
ОКР – опытно-конструкторская работа;
ОрО – организационное обеспечение;
ОС – операционная система;

Условные сокращения

ОТС – общая теория систем;
ОУ – объект управления;
ПО – программное обеспечение;
ППП – пакет прикладных программ;
ПЦМ – программно-целевой метод;
ПЦП – программно-целевой подход;
ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина
(персональный компьютер);
РС – рабочая станция;
СОИ – среда обработки информации;
СПД – среда передачи данных;
СППР – система поддержки принятия решений;
СУБД – система управления базами данных;
ТЗ – техническое задание;
ТО – техническое обеспечение;
ТПР – типовое проектное решение;
ТЭО – технико-экономическое обоснование;
ЦКП – целевая комплексная программа;
ЦУУ – центральное управляющее устройство;
ЧМК – человеко-машинный комплекс;
ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая читателю монография с концептуально-теоретических позиций рассматривает методологию системного подхода к управлению сложными объектами различной природы. Большая актуальность, динамизм и множественность аспектов рассматриваемой проблемы создают положение, при котором фактическая потребность в теоретических трудах и учебной литературе с практическими инженерными приложениями опережает их разработку, создание и выпуск.

В монографию включены результаты исследований, выполненных авторами за последние годы. За основу излагаемого материала взяты ранее изданные книги по системотехнике [2] и системному подходу [25], а также по информационным системам и технологиям [6, 13, 15, 17], которые в значительной степени переработаны и дополнены современными инновационными идеями и решениями, частично опубликованными авторами в периодической печати. Настоящая монография в определенной степени систематизирует и обобщает опыт авторов по данной проблеме.

В монографии использовались также результаты исследований отечественных и зарубежных ученых. На общее понимание рассматриваемых вопросов, на содержание тех или иных параграфов и методику их изложения оказали влияние работы многих специалистов в области системотехники. Основные из них упоминаются в общем списке используемой литературы, который не претендует на полноту охвата всех источников по широкому кругу вопросов, затронутых в настоящей книге. Сюда включены лишь ра-

Предисловие

боты, содержание которых в той или иной мере использовано при изложении материала.

Система ссылок позволяет читателям познакомиться с более глубоким изложением конкретных вопросов. При ссылках авторы старались быть максимально объективными и беспристрастными по отношению к работам исследователей, на основе которых построен излагаемый материал. Порядок указаний литературных источников не претендует на какие-либо приоритетные соображения относительно их качества. Включение или невключение работы в список литературы также не носит оценочного характера, а скорее отражает склонности авторов.

Некоторых читателей может удивить стиль, которым написана монография. Обычно язык подобных работ более сдержан и сух. Однако авторы сознательно в ряде мест пользуются более образным языком, отличающимся простотой и доступностью. Как представляется, это не делает книгу менее строгой, а многие важные положения становятся нагляднее и понятнее при чтении излагаемого материала. Для успешного усвоения материала необходимо предварительное знакомство с общими положениями теории систем автоматизированного и автоматического управления, а также вычислительной техники.

Естественно, ввиду сложности, специфики и большого разнообразия задач, возникающих при разработке системотехнических вопросов управления субъектами хозяйствования, они не могли быть полностью освещены в одной книге. Вследствие этого настоящую работу нельзя считать исчерпывающей по всем аспектам затронутой обширной проблемы. Она посвящена разработке и изложению теоретико-методологических принципов системного подхода в процессах управления работой хозяйствующих субъектов и является одним из первых шагов в этой области, где остается большое поле деятельности для многих исследователей.

Книга предназначена для научных сотрудников и специалистов по системотехнике. Она может быть полезной для начинающих научных сотрудников и соискателей ученых степеней – магистрантов и аспирантов. Для них в монографии приводятся первоначальные сведения, необходимые при целенаправленном анализе и синтезе сложных систем. Их изучение должно способствовать пониманию и формированию системной методологии познания разнообразных объектов, принципов и способов их исследования. Системный подход должен привить читателям понимание технических, технологических, экономических и организационных вопросов разработки и создания сложных систем. В результате читатели должны овладеть основными положениями системного подхода и приобрести необходимые навыки его применения, методически правильно осуществлять все этапы системных исследований при решении конкретных практических задач. Активное использование методологий системного подхода предопределяет повышение уровня и совершенствование проводимых научных исследований.

Кроме того, изучение излагаемого материала будет полезно студентам старших курсов вузов при изучении дисциплины «Системный анализ». Содержание монографии создает базу и ориентирует их на применение методологии системного подхода при изучении специальных дисциплин, курсовом и дипломном проектировании. Приводимые сведения при их усвоении имеют важное значение для кибернетической подготовки высококвалифицированных специалистов в различных отраслях экономики Республики Беларусь.

Авторы считают своим долгом выразить искреннюю признательность и глубокую благодарность рецензентам: академику НАН Беларуси, доктору технических наук, профессору Л. С. Герасимовичу и доктору технических наук,

Предисловие

профессору А. А. Лобатому за тщательный анализ рукописи, а также за конструктивные предложения и критические замечания, которые существенно помогли улучшить структуру и содержание монографии.

Учитывая значительный объем материала и тот факт, что аналогичные книжные издания в рассматриваемой области практически отсутствуют, а попытка систематически изложить материал по затронутой проблеме предпринята авторами впервые, настоящая работа, охватывающая широкий круг вопросов, по-видимому, не свободна от недостатков. Авторы с благодарностью примут от взыскательных читателей все критические замечания и предложения по улучшению настоящей монографии.

ВВЕДЕНИЕ

Историческая справка и системологические понятия системотехники

Впервые идеи системного подхода, лежащего в основе системотехники, были сформулированы русским ученым А. А. Богдановым в 1912–1928 гг. в труде «Всеобщая организационная наука (тектология)». В середине 30-х гг. прошлого века эти идеи были возрождены Л. Берталанфи в работе «Общая теория систем». Много оригинальных и интересных моделей в области теории и практики организации систем предложено советскими учеными в сборниках «Организация и управление» (под ред. акад. А. И. Берга, 1968 г.); «Проблемы методологии системного исследования» (1970 г.); в серии работ М. И. Сетрова, В. Г. Афанасьева и др. Среди зарубежных изданий в этой области выделяются вышедшая в 1971 г. книга американских специалистов Р. Джонсона, Ф. Каста и Р. Розенцвейга «Системы и руководство» и опубликованная в 1981 г. работа Дж. Гига «Прикладная общая теория систем».

Системотехника тесно связана с общей теорией систем. Она заимствует у нее категорию системы, определяющие признаки сложных систем и ряд других положений, однако остается самостоятельной областью научных знаний. Для выдвигаемых в системотехнике концепций важно признание того, что понятие «система» отражает структуру и свойства реальных объектов природы, науки и техники, организационных и производственных комплексов. Представляя объект управления (ОУ) или его модификации и совершенствования как систему с задаваемыми целями и желаемыми свойствами, формируются его возможные

схемы, планы и структуры. Поэтому категория системы есть научный инструмент объектов, процессов и управления ими.

Исследование систем производится на основе теоретико-методологических положений системотехники, представляющей собой новое научное направление в технической кибернетике, изучающее вопросы разработки и функционирования сложных информационных систем управления, основу которых составляют универсальные средства преобразования информации – ЭВМ. Методология системотехники выражается в таких системологических категориях, как «системный подход», «системные исследования», «системный анализ» и «системный синтез».

Известно, что перечисленные выше категории в научной литературе трактуются неоднозначно, хотя терминологическая точность является непреложным условием любого правильного высказывания. Многие авторы имеют свою точку зрения на сущность рассматриваемых системологических понятий, а некоторые из них допускают терминологические неточности из-за недостаточной последовательности и научной дисциплинированности. В основном же причиной терминологических неточностей является синонимия и сходство значений рассматриваемых понятий. По этой причине отождествляются термины «системный анализ» и «системный подход», «системный синтез» и «системные исследования» и употребляются как синонимы.

И действительно, все эти категории имеют много общего, оперируют одними и теми же понятиями системы, ее целенаправленности и целостности, структуры и функций. Во всех случаях внимание акцентируется на исследовании различных связей между отдельными компонентами сложной системы. В то же время существует принципиальное отличие между различными аспектами рассматриваемых системологических понятий, которое определяется спецификой задач, решаемых при системном подходе, исследовании, анализе и синтезе. Здесь дело не в терминологиче-

ских тонкостях, а в существе рассматриваемых понятийных категорий [2].

Популярность системной терминологии среди исследователей и разработчиков сложных систем растет, а с ней и быстро увеличиваются требования к единому пониманию системных категорий. Поэтому эти понятия должны быть точно определены в пределах естественного языка и иметь одно, только им присущее толкование.

Нам представляется, что каждое из перечисленных понятий отображает отдельную точку зрения, с которой рассматривается системотехника. По нашему мнению, понятия «системный анализ» и «системный синтез» представляют собой отдельные аспекты системных исследований. Последние проводятся на основе принципов и методологии системного подхода.

В настоящее время одним из направлений интенсификации функционирования субъектов хозяйствования, структурных подразделений, филиалов и протекающих процессов является их системная информатизация на базе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), инструментальную платформу которых составляют автоматизированные системы управления (АСУ), выполненные на основе экономико-математических методов и компьютерной техники.

ГЛАВА 1

ТЕОРИЯ СИСТЕМ – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

1.1. Основные положения общей теории систем

Теоретической основой системного подхода является общая теория систем (ОТС), которая представляет собой новое научное направление, связанное с разработкой совокупности философских, методологических, конкретно-научных и прикладных проблем анализа и синтеза сложных систем произвольной природы. В рамках этой аксиоматической математической теории разработан концептуальный аппарат и эффективные методы целенаправленного исследования систем любой сложности и любого назначения. В теории систем дается строгое математическое определение ее предмета, т. е. понятия системы, которая определяется в терминах множеств и отображений.

Наиболее характерной чертой ОТС является ее **междисциплинарный** характер, создающий единую научную платформу. *Основой* для возможного *единства* принимается *аналогичность* и *изоморфизм* процессов, протекающих в системах различной природы (технических, биологических, социальных и др.), что дает возможность переносить знания из одной области в другую. ОТС *носит дедуктивный характер* и объединяет другие теории, изучающие системы в целом и те, которые рассматривают поведение систем. Собственно поэтому она и называется общей. Считается, что

в ОТС используется более высокий уровень абстрагирования, чем в отдельных частных теориях. При этом применяются наиболее абстрактные области математики (теория множеств, абстрактная алгебра, общая топология и др.). Это дает возможность получить из ОТС все остальные теории как частные случаи.

Понятие «теория», рассматриваемое в данной области научных знаний, определяется в плане работ по математической логике и основам математики, в которых для введения этого термина предварительно дается понятие о классе элементарных высказываний, когда последние считаются истинными. *Различие* между определениями термина «теория» в ОТС и в работах по основам математики заключается только в том, что в первом случае не требуется, чтобы высказывания были истинными. При этом предполагается, что истинность высказываний можно установить либо экспериментальной проверкой следствий, вытекающих из теории, либо на основании первично принятых решений.

Все научные дисциплины, входящие в ОТС, можно разделить на две группы. К первой относятся те дисциплины, в которых принят преимущественно **описательный** характер изложения качественных свойств исследуемых систем (методы экспертных оценок, инженерная психология, науковедение и др.). Ко второй группе относятся дисциплины, в которых широко используются физико-математические методы **количественного** описания систем (экономико-математические методы, теория автоматического управления, теория алгоритмов и др.). Качественные и количественные методы исследования систем дополняют друг друга. Качественные исследования приносят реальную пользу лишь в тех случаях, когда они сопровождаются количественными оценками исследуемых свойств систем. Количественные же исследования становятся эффективными только после выявления качественных особенностей анализируемых систем.

Вышеизложенное позволяет сформулировать основные требования, которым должна удовлетворять ОТС. Они заключаются в том, что теория должна [2]:

- быть настолько общей, что могла бы охватывать многие уже существующие частные теории;
- иметь строго научный характер и позволять проводить исследования абстрактных моделей соответствующих реальных систем; ее термины и определения должны быть математически однозначными;
- иметь фундаментальное научное обоснование; ее выводы должны иметь несомненную практическую ценность при исследовании конкретных прикладных систем.

При рассмотрении сложных систем наиболее важную роль играют три основных аспекта их функционирования: принятый уровень абстракции; степень сложности принятия решений и уровень приоритета действий в системах, состоящих из многих компонентов. Эти аспекты, как правило, рассматриваются на формальном языке с использованием терминологии, принятой в ОТС.

Основной задачей теории систем является разработка методов, позволяющих на основе исследования особенностей функционирования, выявления характеристик отдельных компонентов и анализа механизма их взаимодействия получать характеристики системы в целом. При решении проблем управления неизбежно приходится рассматривать прежде всего такие вопросы, как совершенствование структуры системы, методы подготовки и принятия решений и соответственно формирования целей и критериев, используемых в информационных системах управления. Кроме того, сложность подобных вопросов усугубляется необходимостью учитывать социальные и психологические факторы, играющие важную роль. ОТС предусматривает проведение анализа и синтеза сложных систем управления на макро- и микроуровнях, на которых производится их внешнее и внутреннее проектирование [2].

При **макроподходе** исследуется поведение системы как единого целого, и основное внимание обращается на ее

взаимодействие с внешней средой, в которой она функционирует, на характер поведения системы в различных ситуациях. Методология этого подхода используется на ранних этапах проектирования, характерной особенностью которых является ограниченность информации о будущей системе. При макроподходе определяется, что и зачем будет выполнять конкретная система и почему она должна действовать так или иначе; рассматриваются лишь характерные признаки системы, с помощью которых она выделяется из окружающей среды.

Главными факторами при макроподходе являются целевое назначение и задачи системы, условия ее функционирования, критерии эффективности и накладываемые ограничения на ее показатели качества. При этом опускаются подробности поведения отдельных подсистем и элементов или они рассматриваются с точки зрения их организации в единое целое и влияния на функционирование системы в целом. Внешнее проектирование предполагает выявление границ системы и факторов внешней среды, определение входных воздействий и связи выходов системы с окружающей средой.

Этот подход предельно выражает точку зрения на систему как на единое целое, абстрагируясь от физической сущности ее компонентов и связей между ними. Он сводится к описанию связи вход-выход и не содержит никаких сведений о внутреннем механизме преобразования переменных управления в переменные состояния. Такой подход приводит к необходимости использования наиболее общих математических методов теории множеств и теории отношений.

Теоретико-множественное описание системы S с позиций макроподхода может быть выражено отношением, основанным на непустых абстрактных множествах [2]:

$$S \subset \mathcal{X}\{Q_i; i \in I\}, \quad (1.1)$$

где \subset – символ подмножества, характеризующий, что подмножество $\{\bullet\}$ полностью содержится в множестве S ;

\in – символ, характеризующий принадлежность составляющей i к множеству I ; x – символ декартова произведения ряда множества, характеризующий набор составляющих q_i , при котором $q_i \in Q_i$; Q_i – множество, называемое объектом системы; I – множество индексов.

Если множество I конечно, то уравнение (1.1) можно переписать в виде

$$S \subset Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_n. \quad (1.2)$$

Пусть $I_x \subset I$ и $I_y \subset I$ образуют разбиение множества I , каждая составляющая которого принадлежит только одному подмножеству $I_x \cap I_y = \Phi$, а соединение подмножеств составляет само множество $I_x \cup I_y = I$. Множества $\bar{x} = \{Q_i : i \in I_x\}$; $\bar{y} = \{Q_i : i \in I_y\}$ представляют собой соответственно входной и выходной объекты системы. В этом случае система определится выражением $S \subset \bar{x} \times \bar{y}$. Если S является функцией, то $S: \bar{x} \rightarrow \bar{y}$.

Как видно из последних соотношений, определение системы при макроподходе не содержит никаких сведений о внутренних преобразованиях входов в выходы. Этот подход способствует лучшему пониманию системы, не затрудняет пути ее совершенствования. При разработке системы в задачу внешнего проектирования может входить определение количества каналов связей между ОУ и информационно-вычислительной средой, выбор типа ЭВМ, распределение ее ресурсов времени по отдельным видам работ. Макроподход позволяет обоснованно проводить внутреннее проектирование системы, так как результаты внешнего проектирования являются исходными данными для начала работ на микроуровне.

Микроподход основан на внутреннем комплексном описании системы и является противоположным предыдущему. Он определяет содержание самой системы и отвечает на остальные системные вопросы: Как, какими методами, способами и средствами система будет выполнять свои

функции? Кто, где и когда будет выполнять необходимые для этого операции и процедуры?

Предметом детального исследования становятся внутренние характеристики системы – взаимодействия подсистем и элементов между собой, а также свойства и условия их функционирования. Микроподход предусматривает разработку и применение отдельных технических средств на основе изучения всех физических закономерностей, лежащих в их принципе действия. Этот подход предполагает исследование и построение выбранной структуры и ее реализацию в виде комплекса технических средств (КТС), придающих системе требуемые качества.

При микроподходе к внутреннему проектированию под системой понимается непустое множество или область D объектов, между которыми установлены некоторые соотношения. Здесь, как и в предыдущем случае, под множеством понимается любое объединение в одно целое определенных, вполне различных объектов. Формальное определение системы при микроподходе выглядит следующим образом [2]:

$$S \subset D \times D \quad \text{или} \quad S \subset D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n. \quad (1.3)$$

По внешнему виду оно мало отличается от (1.2), но в нем декартово произведение берется не между входными и выходными объектами, а между множествами компонентов системы. Внутреннее описание системы в отличие от внешнего носит конструктивный характер, поскольку описывает структуру системы. При разработке системы в задачу внутреннего проектирования могут входить: создание различных преобразователей информации, написание и отладка вспомогательных программ, оборудование автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов, организация контроля исполнения команд и т. п.

Таким образом, для исчерпывающего представления системы в ОТС необходимо использование как внешнего, так и внутреннего описаний; считается целесообразным

всегда начинать разработку системы с макроуровня, а затем переходить к микроуровню. При этом производится увязка требований внешнего проектирования с технологическими, схемными и конструктивными возможностями внутреннего проектирования. При внешнем проектировании определяются максимальные требования к системе, при которых игнорируются возможные внутренние ограничения. Затем определяют, можно ли удовлетворить эти требования известными методами и техническими средствами. При положительном прогнозе оценивается реальность их использования в системе. Если имеются значительные трудности, то выясняется, какие наиболее близкие по характеристикам реально допустимые средства могут быть использованы, в какой степени при этом видоизменяются и снижаются требования к системе и являются ли они приемлемыми для того, чтобы система была достаточно эффективной. При отрицательном ответе дальнейшая работа не имеет смысла, пока не будут выявлены пути преодоления возникших трудностей.

Характерной особенностью ОТС является представление объекта управления в виде концептуальной модели, в которой с целью интеграции отдельных решений в единое общесистемное решение выделяются конкретные задачи и их подзадачи. **Концептуальная модель** рассматривается как организационная, целенаправленная, интегрированная и функционирующая единица, основанная на знании или оценке переменных управления и состояния, ее параметров и критериальных функций, которым она должна удовлетворять. Системный анализ концептуальной модели предполагает комплексность, широту охвата и четкую организацию в планировании разработок сложных систем, в их исследовании и проектировании.

Таким образом, концептуальная модель рассматривается как целенаправленная, многоцелевая и многокритериальная система, имеющая неоднородные внешние и внутренние цели, самостоятельные подцели отдельных подси-

стем, критерии и показатели оценки степени достижения целей, а также альтернативные стратегии их реализации. При этом требуется выработка соответствующей концепции, обеспечивающей единство конечных целей и векторного критерия эффективности с учетом перспективного развития системы. Следовательно, функционирование всех компонентов системы должно быть подчинено единой цели, в силу чего система рассматривается как интегрированное целое, которое обладает эмерджентностью множества ее взаимосвязанных составляющих со своими специфическими свойствами.

1.2. Концептуально-методологические основы системного подхода

Системный подход представляет собой современный инструмент организационной интеграции деятельности по исследованию плохоструктурированных сложных систем как единого целого, основанный на комплексности, широте охвата и четкой организации проведения изысканий, ориентированных на достижение конечных целей. Он предполагает изучение каждого компонента системы в его связи и взаимодействии с другими компонентами, позволяет наблюдать изменения, происходящие в системе в результате эволюции отдельных ее звеньев, выявлять специфические системные (эмерджентные) свойства, осуществлять обоснованные прогнозы относительно закономерностей развития системы и определять оптимальный режим ее функционирования. Системный подход включает в себя системные исследования, отдельные аспекты которых отражаются в системном анализе и системном синтезе (рис. 1.1).

Прогрессивная методология системного подхода, имеющая общетеоретическое значение при рассмотрении сущности и общих принципов исследования сложных систем,

позволяет целостно поставить проблему познания объекта (процесса, явления) в конкретных науках и выработать эффективную стратегию его изучения как системы. Эта методология на основе сравнительного анализа альтернативных решений позволяет выработать соответствующую концепцию построения и совершенствования сложных систем, сформулировать общие условия, обеспечивающие успешную работу ряда независимых компонентов при их объединении в одно целое.

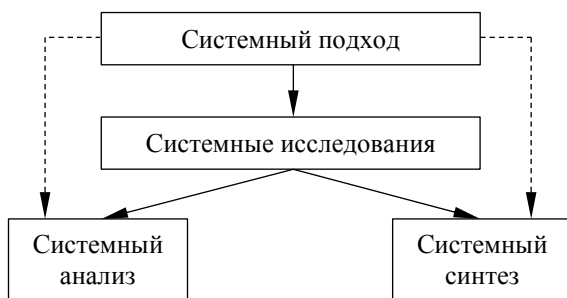


Рис. 1.1

Высокая результативность методологии системного подхода при исследовании и реализации малоизученных научно-технических проблем позволяет ставить и решать задачи организации, функционирования и дальнейшего развития сложных систем, у которых состав и границы далеко не очевидны. Системный подход особенно результативен, когда требуется находить варианты, близкие к оптимальным, даже в тех случаях, когда связи и закономерности в системе изучены очень слабо [25].

В историческом плане системный подход выступает как конкретизация принципов материалистической диалектики. Изучение сложных социальных и биологических систем с позиции их целостности (т. е. с позиции системного подхода) впервые в научной форме было осуществлено К. Марксом и Ч. Дарвиным. «Капитал» К. Маркса может

служить примером системного исследования общества как целого и как сложной системы. Созданная Ч. Дарвиным теория биологической эволюции не только ввела в естествознание идею развития живого мира, но и утвердила представление о системе живых организмов как более высоком уровне организации жизни, что составило важнейшую предпосылку системного мышления в биологии.

Идеологическая сущность системного подхода состоит прежде всего в переходе от рассмотрения действий к вопросам принятия решений. Методология системного подхода применяется для решения задач стратегического плана, т. е. когда в условиях полной или неполной неопределенности необходимо ответить не только на вопрос: Что делать?, но и на вопрос: Как делать?

Методологическая сущность системного подхода заключается в оценке и качественном сравнении возможных вариантов решения, ведущих к достижению поставленной цели. При этом выбор оптимального решения должен осуществляться с учетом всех обстоятельств и возможных последствий, с помощью научно обоснованных расчетов и сопоставления различных путей достижения целей.

Техническая сущность системного подхода заключается в том, что центр тяжести переносится из рационализации и интенсификации отдельных процессов и их операций на решение задач комплексного и четко организованного оптимального функционирования системы. При этом наблюдается интенсивный переход от решения отдельных локальных задач, сформулированных на основе охвата небольшого количества существенных факторов, к комплексному созданию многоуровневой системы. При системном подходе все протекающие процессы рассматриваются с единой точки зрения функционирования КТС всех подсистем сложной системы, начиная от организации потоков первичной информации, хранения и обработки ее массивов в ЭВМ до выдачи данных и принятия решений, что способ-

ствуует ликвидации диспропорций между различными сторонами функционирования системы.

Применительно к проблемам управления протекающими процессами и ОУ в целом системный подход находит свое приложение в части эффективной постановки проблем, связанных с получением новых научных знаний и формулировки конечных целей управления, которые выражаются в виде концептуальных моделей, выделяющих задачи и их взаимосвязь, с целью интеграции отдельных решений в единое общесистемное решение. Это делает системный подход нормативной и аксиоматической теорией, которая играет решающую роль при проведении системных исследований по комплексной модернизации (автоматизации) разнообразных процессов.

Таким образом, системный подход – это системные охват, представление и организация исследований по комплексным построению и автоматизации производственных процессов всего субъекта хозяйствования. **Системный охват** требует рассмотрения проблемы автоматизации с различных сторон, что часто выражается участием в разработке АИС специалистов различных профилей. **Системное представление** достигается построением математической модели автоматизируемых процессов и объекта, учитывающей их специфические особенности. **Системная организация** означает непрерывное планирование производственных процессов и управление ими с помощью современных научных методов [25].

1.3. Системные исследования – теоретическая основа системного подхода

Под **системными исследованиями** принято понимать всесторонние целенаправленные комплексные исследова-

ния сложных систем в целом, включающие системный анализ и системный синтез функционально-организационных структур с позиции системного подхода [2, 25]. Они проводятся с целью определения направлений, путей реализации и совершенствования протекающих процессов управления, выработки новых принципов повышения качества решаемых задач в условиях неполной информации о состоянии системы и взаимодействующей с ней окружающей среды.

Системные исследования, опираясь на принципы системного подхода и общей теории систем, развивая и обобщая концептуальный и математический аппарат технической кибернетики и системотехники, предполагают разработку методологии подготовки и принятия решений при проведении системного анализа и синтеза сложных систем. Системная методология включает ряд логико-аналитических приемов, заимствованных из математики, исследования операций, техники и науки об управлении, в которых сложная система рассматривается как интегрированная, организационная функционирующая единица, основанная на знании ее переменных управления и состояния, внешних и внутренних процессов, факторов времени и стоимости, параметров и характеристик, а также разнообразных критериальных функций, которым она должна удовлетворять.

Исходя из понятия «система» (целостность, взаимосвязь и взаимодействие), выделяют три определяющих аспекта системных исследований [2, 25]. **Функциональный аспект** предполагает исследование и определение функций, которые должна выполнять система и ее составляющие подсистемы. Для функциональных подсистем определяют состав выполняемых производственных процессов и их операций или решаемых ими задач, что позволяет сформулировать логику функционирования системы. **Организационный аспект** предполагает установление структуры, задание ясной и точной цели для каждой ее структурной части и реализацию предписанных задач в соответствии с функцио-

нальным назначением. Наличие организационной структуры, объединяющей отдельные компоненты в единое целое и определяющей правила и направленность их взаимодействия, является необходимым условием существования системы. **Компонентный** аспект предусматривает исследование и построение объекта управления как системы и установление его элементарного состава, что необходимо для целенаправленного обеспечения целостности системы при ее проектировании [23].

Обеспечение взаимосвязи и единства указанных трех аспектов системных исследований при формировании или совершенствовании структурных частей системы позволяет упорядочить и упростить ее организацию и управление, достичь целостности компонентов и приобретения ими качественно новых свойств. Для технического решения этих задач могут быть применены методы агрегирования, декомпозиции, создания блочно-модульной структуры и др.

Проведение системных исследований условно можно разбить на шесть укрупненных этапов [25], образующих полный цикл принятия решений по анализу и синтезу сложной системы (рис. 1.2).

Этап Э₁ – предпроектное обследование и анализ функционирования производственных процессов и ОУ. На этом этапе проводятся изучение и анализ существующих производственных процессов, сопровождающие их информационные и материальные потоки, методы и функции управления ими, функциональная и организационная структуры ОУ. По результатам проведения данного этапа выявляются особенности производственных процессов и их системы управления, возникающие при этом проблемы, недостатки и узкие места в работе структурных подразделений, определяется состав функций и задач, подлежащих комплексной автоматизации.

На основе сбора, систематизации и анализа полученных данных разрабатываются требования и рекомендации по рациональной перестройке и формированию про-

цессов, обеспечивающих более эффективное функционирование объекта в целом. Этап заканчивается технико-экономическим обоснованием (ТЭО), подтверждающим целесообразность создания системы комплексной автоматизации производственных процессов и разработкой технического задания (ТЗ) на проектирование АСУ.

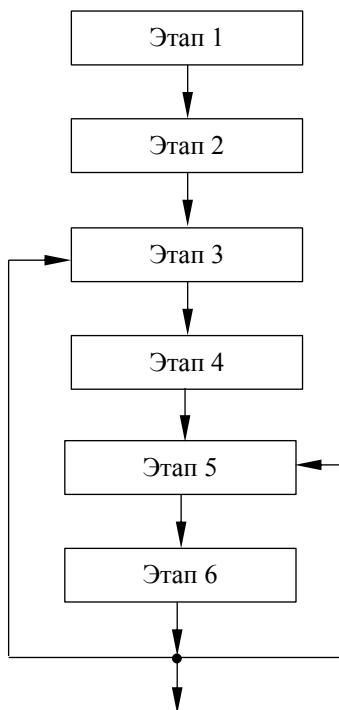


Рис. 1.2

Этап Э₂ – постановка целей и задач автоматизации производственных процессов и ОУ. На этом этапе ОУ, включающий в себя производственные и технологические процессы, рассматривается как многоцелевой объект управления со своей иерархией целей [29]. Здесь на осно-

вании требований, предъявляемых к иерархии целей и процессу целеобразования, в результате прогноза возможных ситуаций, анализа альтернативных курсов действий (стратегий) с учетом имеющихся для этого ресурсов формулируются глобальная целевая функция АСУ и локальные цели ее отдельных подсистем. Целевая функция АСУ должна предусматривать повышение производительности труда, снижение себестоимости производственных процессов, расширение их функциональных возможностей и др. Достижение выявленных целей должно обеспечиваться постановкой и решением ряда конкретных производственных задач, сформулированных как для АСУ в целом, так и для ее отдельных подсистем.

Этап Э₃ – выбор критериев эффективности и их основных показателей. На этом этапе с помощью специально разработанных критериев осуществляется сравнительная оценка альтернативных путей достижения целей АСУ. По результатам оценки производится выбор векторного критерия эффективности функционирования АСУ и частных критериев для ее отдельных подсистем [29]. При этом, так как задача многокритериальная, проверяется соблюдение принципа согласованности частных критериев оценки отдельных подсистем с получением максимума эффективности всей АСУ. Здесь же, в рамках принятых критериальных функций, определяется совокупность основных показателей [7, 11], характеризующих экономический, организационный и системотехнический уровни АСУ и ее подсистем. Основные показатели критериальной функции АСУ должны учитывать характер исследуемой проблемы и область приложения ОУ.

Этап Э₄ – формализация и алгоритмизация автоматизируемых задач и протекающих процессов. На данном этапе на основе проведенных структурно-функционального и информационно-структурного анализов производится формализованное описание задач и производственных процессов с необходимой степенью приближения к действи-

тельности. Формализованное описание должно содержать последовательное изложение всех этапов формализации и завершаться обоснованной и четкой формулировкой решаемой задачи с указанием необходимых зависимостей, количественно характеризующих влияние переменных управления (параметров) на переменные состояния (показатели) АСУ. На основе формализованного описания производится алгоритмизация автоматизируемых задач и процессов, т. е. их математическое описание. Сущность процесса алгоритмизации состоит в выделении отдельных частей алгоритма, записи существа их содержания и установлении порядка их выполнения с последующей проверкой достижения желаемого результата. Этап заканчивается получением оптимальных алгоритмов, представляющих собой точно определенную совокупность правил и предписаний, определяющих процессы преобразования исходных данных в искомый результат за конечное число шагов.

Этап Э₅ – программирование и моделирование автоматизируемых задач и протекающих процессов. На этом этапе после получения алгоритмов, определяющих ход вычислительного процесса, производится их программирование. В результате получают задаваемую ЭВМ программу, указывающую, в какой последовательности, над какими данными, какие операции она должна выполнять и в какой форме выдавать результат. Полученная программа закладывается в ЭВМ и производится серия математических расчетов по выбранным вариантам автоматизируемых задач и производственных процессов. Математическое моделирование заключается в имитации на ЭВМ процессов функционирования, структуры и алгоритмов АИС с целью определения правильности ее построения и качества работы без проведения натуральных экспериментов.

Этап Э₆ – анализ и оценка полученных результатов. На данном этапе с помощью специальных методов и критериев соответствия (согласия) производится оценка адек-

ватности математической модели и реального производственного процесса. В случае непригодности математической модели или неудовлетворенности результатом моделирования производятся доработка модели (возврат к этапу Э₃) либо повторные расчеты (этап Э₅). После принятия решения о пригодности разработанной модели она используется для проведения массовых вариантных расчетов при различных значениях входных данных и параметров управления. В результате этого определяются наилучшие совокупности параметров и характеристик АСУ, разрабатываются рекомендации по практической реализации имитируемой системы.

1.4. Системный анализ как методологическая составляющая системных исследований

Системный анализ на основе логико-аналитических приемов предлагает целенаправленное изучение работы сложных систем в целом, их функционально-организационных структур вместе со всей совокупностью внешних и внутренних связей для выявления узких мест и недостатков существующих систем и подготовки рекомендаций по улучшению функционирования и прогнозированию их развития в условиях информационной неопределенности.

Системный анализ, как правило, включает в себя изучение сложных систем, для которых цели и задачи уже поставлены. Системный анализ применим к хорошо развитым научным проектам создания систем управления, где он позволяет решать задачи более эффективно, чем на интуитивном уровне. Отличие методов системного анализа от общепринятых состоит в том, что изучение закономерностей поведения сложных систем производится в процессе освоения и совершенствования их структур. В основу наи-

более распространенных методов изучения сложных систем положены многовариантные логико-аналитические приемы структурно-функционального и информационно-структурного анализа. Таким образом, системный анализ представляет собой методологию решения проблем, основанную на структуризации систем и количественном сравнении альтернатив.

В определении понятия «системный анализ» имеют место его теоретический и прикладной аспекты при изучении сложных систем. В теоретическом плане системный анализ предназначен для исследования функционирования систем, выраженных такими категориями, как «объект управления» («производственный процесс», «учреждение», «объединение»), «система» и др. Он применяется для решения целого ряда сложных производственных задач, когда непосредственное изучение автоматизируемого ОУ в отрыве от внешней среды не может дать ответа на поставленные вопросы.

Прикладное значение системного анализа направлено на подчинение теоретического построения системы его практическому эффекту. Прикладной аспект системного анализа сводится к выбору стратегии в конкретной ситуации и принятию решений, возникающих в условиях функционирования системы при неполной информации, с учетом ее эффективности, критериальных функций и отдельных показателей. Применительно к АСУ это находит выражение в подготовке практических рекомендаций по управлению производственными процессами и ОУ, т. е. системный анализ направлен на оценку эффективности функционирования ОУ в целом по различным показателям качества [11].

На современной стадии своего развития системный анализ в зависимости от характера набора правил выполняется на содержательном уровне здравого смысла, инженерного опыта и интуиции. Кроме того, он включает в себя ряд аналитических приемов, заимствованных из математики, теории систем и кибернетики. При этом следует заме-

титель, что для некоторых этапов системного анализа формальный аппарат, в основе которого лежат количественные оценки, пока еще полностью не разработан. Поэтому системный анализ в значительной степени является искусством, вобравшим в себя и основы науки, и законы логики, и некоторые специфические процедуры и категории. Методологию системного анализа можно представить в виде «каркаса», объединяющего все необходимые методы, знания и действия, направленные на решение возникающих проблем.

Укрупненно системный анализ состоит из выполнения таких взаимосвязанных этапов, как [25]:

- постановка цели и вытекающих из нее задач с выявлением всех релевантных факторов, оказывающих влияние на функционирование изучаемого субъекта в границах рассматриваемой проблемы;
- структуризация и локализация границ системы, а также ее декомпозиция в соответствии с поставленными задачами;
- выбор альтернативных путей и технических средств решения поставленных задач с оценкой их достоинств и недостатков;
- исследование ресурсов, необходимых для решения задач управления в системе, в их стоимостном выражении;
- выбор комплексного критерия и показателей оценки качества функционирования системы для всех уровней управления;
- построение и экспериментальное исследование модели, описывающей функционирование исследуемой системы при различных ее состояниях и внешних воздействиях окружающей среды;
- сравнение конкурирующих альтернатив и принятие решений по управлению системой на основе сопоставления средств решения поставленных задач и принятой критериальной функции.

Следует заметить, что при выполнении системного анализа цели каждого его этапа строго определены и ограни-

ченны. В одних случаях бывает достаточно лишь анализа проблемы, в других – выбора конкретного варианта, реализующего те или иные функции в системе. Обычно этапы сочетаются в различных комбинациях. Причем их последовательность не является строгой; возможны возврат к пройденным этапам и скачок вперед. Использование той или иной последовательности проведения системного анализа определяется только практическими соображениями в зависимости от особенностей изучаемого субъекта или явления. Характерной особенностью перечисленных этапов системного анализа является представление автоматизируемого объекта в виде концептуальной модели.

Системный анализ требует прослеживания как можно большего количества внутренних и внешних связей с тем, чтобы не упустить действительно существенные факторы и оценить их влияние на процесс управления. Необходимо попытаться с единых позиций охватить весь спектр задач, всю гамму взаимодействий и взаимозависимостей различных факторов в системе управления. Рассматривая ОУ как сложную динамическую систему, можно утверждать, что оптимальные решения достигаются на основе охвата и анализа влияния на производственные процессы всей совокупности взаимосвязанных факторов. В то же время системный анализ позволяет из многих взаимодействующих факторов отобрать лишь существенные и исключить несогласованные локальные варианты. Попытки дифференциального анализа без учета взаимосвязи отдельных динамических факторов заведомо обречены на неудачу.

Системный анализ в отличие от традиционного, предусматривающего разбиение сложного объекта на составные части и определение его функционирования как результата объединения свойств входящих в него компонентов, базируется на принципе целостности проектируемой системы, т. е. исследовании ее свойств, структурных и организационных связей как единой АСУ. В то же время, рассматривая сложную систему как нечто целое, системный анализ допускает ее рациональную декомпозицию.

Процедура системного анализа сложных систем при наличии априорных сведений относительно их архитектуры и конфигурации сводится к последовательному разбиению рассматриваемых систем на более мелкие подсистемы и получению математических моделей всех компонентов с искомым набором характеристик и параметров. При этом компоненты, принадлежащие к одной подсистеме, можно рассматривать как составляющие окружения другой подсистемы. Функционирование подсистемы не обязательно во всем должно быть подобно поведению системы.

На практике существуют следующие правила декомпозиции сложной системы на подсистемы [25]:

- исходная система расчленяется на подсистемы, по возможности слабо связанные друг с другом;
- для каждой из выделенных подсистем разрабатывается своя математическая модель и формируется локальный критерий эффективности;
- глобальный критерий эффективности всей сложной системы играет роль высшего уровня иерархии.

Системный анализ позволяет декомпозицию сложных систем по таким признакам, как:

- функциональная полнота – достаточно полное описание выделенным компонентом какой-либо законченной функции системы, связанной с реализацией, обеспечением или развитием процесса управления;
- структурная целостность – наличие у выделенного компонента только внешних связей с другими частями системы, недопустимость дополнения его выполняемой функции решением задач других компонентов;
- степень типичности – частота повторяемости компонента в сложной системе;
- уровень адекватности – мера соответствия компонента исследуемой части системы;
- связность – вхождение элемента в какой-либо из реальных контуров управления, предупреждение появления компонентов-фантомов, не имеющих реального отображения.

Разделение сложной системы на подсистемы приводит к иерархичности структуры. В этом случае система представляется в виде набора функциональных уровней с четко определенными правилами взаимодействия между компонентами одного и того же, а также соседних уровней. Каждый уровень представляет соседнему верхнему уровню наборы услуг, которые тот использует для реализации собственных функций. При этом каждый уровень представляется замкнутой системой с четко определенным интерфейсом (совокупностью средств соединения компонентов системы), который, собственно, и определяет его функциональное назначение.

Таким образом, системный анализ предполагает рассмотрение каждого уровня управления как локальной системы, имеющей свои границы, отделяющие ее от внешней среды. В составе последней выделяются ее части (субокружения): производственные, научно-технические, экономические, специальные и др. Кроме того, каждый уровень управления рассматривается не только как самостоятельная система, но и как подсистема некоторой большей системы. Это вызывает необходимость анализа системы, со всей совокупностью ее составляющих, как части системы более высокого уровня и решения всех задач с точки зрения всей системы. Следовательно, в зависимости от постановки цели решаемой задачи один и тот же объект в одной иерархической системе может являться системой, в другой – подсистемой, а в третьей – элементом.

Системный анализ требует изучения динамики субъекта автоматизации, его внутриорганизационных процессов саморегулирования, координации и принятия решений, а также процессов роста и перспектив развития, адаптивной эволюции «жизненного цикла» этого объекта и его частей. В данном случае под этим термином понимается совокупность всех стадий, связанных с планированием, исследованием, проектированием, изготовлением, испытанием и эксплуатацией системы. При этом производится многофакторная

оценка возмущающих воздействий и других факторов внешней среды.

При использовании традиционных методов для создания АСУ наиболее часто применяется последовательный или пошаговый путь развития системы, при котором основное внимание уделяется исследованию и разработке новых подсистем с постепенным наращиванием функций автоматизации ОУ. При этом затраты на автоматизацию обработки материальных потоков составляют до 80 %, а на автоматизацию обработки информационных потоков – примерно 20 %.

Методология системного анализа в отличие от традиционных методов базируется на параллельно-итеративном пути развития АСУ. При этом одновременно развиваются два направления: общесистемные исследования и разработки; исследования и разработки подсистемных автоматизированных технологий и процессов.

Оба эти направления корректируются в итеративном режиме для оптимизации разработки АСУ в целом. Поскольку системный анализ предполагает только «логику поисков», но не имеет готовых универсальных решений, то для указанных направлений необходимо определить свой набор математических методов и средств поиска оптимального решения. Общесистемные исследования и разработки имеют определенный объект автоматизации, специфическую организационную основу, характерную методологическую базу и разнообразный инструментарий системного анализа.

Методология системного анализа предусматривает интеграцию отдельных производственных компонентов в общую систему и математическое моделирование АСУ как сложной системы, в общем случае не имеющей полного информационного описания. Общесистемные исследования должны иметь место не только при проектировании и создании АСУ, но и при организации ее эксплуатации, при анализе социально-экономических аспектов развития системы, перспективном планировании и т. п.

Эффективное использование ЭВМ в системах комплексной автоматизации управления производственными процессами достижимо только при организации системного режима их работы. С помощью системного анализа в ЭВМ могут с успехом реализовываться режимы пакетного мультипрограммирования и коллективного пользования с разделением времени. Помимо этого, использование системного анализа применительно к ЭВМ имеет ряд специфических особенностей, которые рассмотрены ниже [16].

Первая особенность метода при использовании ЭВМ заключается в том, что машина нацелена на решение не случайного потока произвольных задач, а на комплекс взаимосвязанных задач определенного класса, опирающихся на единую информационную базу.

Вторая особенность состоит в том, что информация, необходимая для решения задач управления производственными процессами, накапливается в памяти ЭВМ заблаговременно, а не вводится в нее с программой перед началом функционирования. При этом в ЭВМ возникает так называемый банк данных. В этом случае системный анализ позволяет осуществлять принцип одноразового ввода начальной информации в ЭВМ, что уменьшает нагрузку на устройства ввода при ее функционировании.

Третья особенность системного анализа сводится к необходимости проведения некоторых предварительных мероприятий с целью максимального уменьшения работы при подготовке данных. Предпочтительно использовать в качестве документов, содержащих информацию, вводимую в ЭВМ, непосредственно машинные либо такие носители, которые могут автоматически вводиться в машину с помощью специальных устройств.

Четвертой особенностью является применение специальной ОС и набора специальных управляющих программ, обеспечивающих передачу данных от одной рабочей программы к другой, а также для своевременного поиска и представления в необходимой форме информации, извлекаемой из банка данных. При комплексной автоматизации

производственных процессов выходные данные одной задачи должны служить входными данными для другой.

При позадачном режиме работы ЭВМ эти данные сначала выводились бы из машины, а затем снова вводились в нее. При системном методе этот этап устраняется, так как выходные данные одной задачи преобразуются таким образом, чтобы было удобно их использовать при решении других задач.

Пятая особенность системного анализа заключается в разработке специальных мер организационного характера, обеспечивающих эффективное функционирование ЭВМ. Это организация хранения, контроля и обновления информационных массивов, а также четкого электронного документооборота в системе.

Анализ специфических особенностей рассматриваемого метода для использования ЭВМ показывает, что организация системного режима их работы увеличивает достоверность информации, упрощает программы внесения изменений в ее массивы, уменьшает время обработки программ и обеспечивает одноцикловую реализацию обработки данных.

Теоретико-методологические принципы системного анализа предусматривают изучение сложных систем с позиций [4, 23]:

- целенаправленности, т. е. рассмотрения объекта автоматизации как целенаправленной и многоцелевой системы;
- многокритериальности, т. е. наличия многих частных критериев эффективности, согласованных с глобальным критерием оптимизации всей системы;
- альтернативности, т. е. выбора рациональной системы на основе анализа нескольких возможных вариантов;
- эмерджентности, т. е. рассмотрения системы и ее характеристик с позиций целостности, в то же время состоящей из компонентов, находящихся в отношениях между собой;
- сложности, т. е. существования неограниченного количества концепций (многогранность, многообразие при-

роды компонентов и их форм связи и т. п.), с позицией которых можно рассматривать систему;

- централизации, т. е. объединения подсистем и сосредоточения всей управляющей информации об объекте в одном месте;

- декомпозиции, т. е. расчленения системы на более мелкие составляющие с учетом тесноты связей и их взаимодействия;

- иерархичности, т. е. наличия стратифицированной структуры системы, уровни которой находятся в соподчинении;

- локализации, т. е. существования границ системы, отделяющих ее от внешней среды;

- полноты, т. е. наличия структуры и взаимодействующих компонентов системы, формально представляемой категориями входа, выхода и состояния;

- множественности, т. е. возможности системы принимать несколько разнообразных состояний под воздействием внешних и внутренних факторов;

- изоморфизма, т. е. адекватного соответствия системы и модели, выражающего тождество строения их структур и аналогичность свойств;

- перспективности, т. е. постоянного развития взаимодействующих компонентов и системы в целом.

Рассмотренные аспекты системного анализа означают, что создание АСУ должно основываться на знании основных характеристик объекта и внешней среды, применении существующих и разрабатываемых методов и приемов управления. После установления целей и критериев оптимизации определяются все организационные, технические и экономические вопросы, которые необходимо решить, чтобы разрабатываемая АСУ была наиболее эффективной. Такое комплексное рассмотрение всех аспектов автоматизации ОУ представляет собой системный анализ процедуры построения АСУ.

Следует отметить, что в некоторых случаях аппарат системного анализа может применяться некорректно, что

требует осторожности и осмотрительности при его использовании и интерпретации полученных результатов. Среди факторов, приводящих к неправильной интерпретации полученных результатов, могут быть следующие [2, 9].

1. Часто невозможно достичь рациональной декомпозиции задач, и тогда может оказаться необходимым модифицировать решение некоторой подзадачи, прежде чем применить системный анализ к объекту в целом.

2. Для постановки задач и интерпретации результатов, как правило, требуется критическое понимание и знание относящихся к ним вопросов.

3. Использование концептуальной модели часто приводит к чрезмерному упрощению формулировок задач и получаемых решений, что требует проведения тщательного анализа, гарантирующего соответствие концептуальной модели рассматриваемой реальной ситуации.

4. Концептуальная модель не всегда бывает способна отражать динамику среды, учитывать развитие системы и реагировать на внесение по мере накопления опыта изменений в значения параметров и характеристик системы.

5. При формальном анализе обычно не включается ряд «человеческих» факторов, которые трудно учесть при применении полученных результатов в реальной рабочей обстановке, что приводит к ухудшению функционирования системы даже в том случае, когда концептуальная модель дает позитивные теоретические решения.

Все эти ограничения необходимо иметь в виду при применении системного анализа при создании АСУ и оценке полученных результатов.

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что системный анализ как основной кибернетический инструмент системного подхода требует решения большого количества сложных технических, математических, экономических и организационных задач. Объем работ по комплексной модернизации субъектов хозяйствования с использованием ЭВМ настолько велик, что совершенно недопустимо индивидуальное проектирование АСУ. Необходимы разумная

унификация систем, создание типовых проектов и достаточного набора отдельных системных модулей (блоков), с помощью которых разработка АСУ для различных объектов была бы максимально упрощена. Повышение уровня типизации разработок в АСУ ускоряет сроки внедрения, снижает затраты на проектирование и способствует созданию более благоприятных условий для адаптации систем на конкретных ОУ.

Разработка и создание АСУ, игнорирующих основные методологические принципы системного анализа как одного из важнейших методологических инструментов системного подхода, неизбежно приводит к ряду характерных ошибок, значительно снижающих получаемый технико-экономический эффект.

1.5. Системный синтез как инструментальная составляющая системных исследований

Под системным синтезом следует понимать совокупность логико-аналитических приемов целенаправленной разработки сложных оптимальных систем посредством систематизации и определения множества альтернативных конкурирующих структур КТС с целью последующего выбора наиболее рациональной из них при наличии информационной неопределенности.

Системный синтез КТС нацелен на создание новых вариантов АСУ, при котором системный анализ используется для оценки альтернатив, т. е. анализ и синтез выступают в процессе создания системы в диалектическом единстве. Понятие «синтез» в широком смысле слова близко по содержанию к термину «проектирование» [5, 22]. Разница заключается лишь в том, что проектирование включает весь процесс разработки системы, а синтез характеризует часть этого процесса, когда создается какой-то ее вариант,

не обязательно окончательный. При этом синтез как задача может выполняться при проектировании АСУ несколько раз, перемежаясь с решением задач анализа.

С учетом этой оговорки отметим, что системный синтез КТС включает в себя три взаимосвязанных этапа [25]: внешнее макропроектирование, формирование архитектурного облика и конфигурации системы, внутреннее микропроектирование. Выполнение каждого этапа сопровождается проведением системного анализа применяемых решений. Перечисленным этапам системного синтеза соответствуют следующие уровни оптимизации [25]:

- глобальная оптимизация, т. е. поиск прогрессивной технической идеи для разработки системы;
- структурная оптимизация, т. е. выбор рациональной структуры системы в рамках принятой технической идеи;
- параметрическая оптимизация, т. е. подбор наилучшей совокупности внутренних параметров с позиции некоторого критерия для выбранной или заданной структуры системы.

Системный синтез КТС реализует важнейшие принципы системного проектирования [7]:

- взвешенных проектных решений, т. е. определения множества конкурирующих структур и их «проработки» с учетом векторного критерия, динамики системы и внешней среды;
- согласованных проектных решений, т. е. организации взаимодействия и взаимосвязей структурных компонентов для обеспечения требуемого качества функционирования системы;
- итерации проектных решений, т. е. последовательного уточнения и корректировки рациональной структуры и параметров системы по мере накопления опыта проектирования, освоения новой техники и конкретизации внешней среды;
- типовых проектных решений (ТПР), т. е. создания информационного, программно-математического и технического обеспечений системы на основе агрегатированных унифицированных модулей.

ГЛАВА 2

СИСТЕМА КАК ОСНОВНОЕ ПОНЯТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

2.1. Характеристика системы, ее принцип действия, структура и классификация

2.1.1. Понятие системы, цели и задачи построения и ее формализация

Объектом системных исследований является система со своей структурой. Понятие «система» вошло в обиход в начале XX в., но долгое время использовалось лишь в самом общем смысле, без претензий на формальную строгость и возможность практических приложений. Слово «система» – греческое и переводится как «составленное из частей, соединенное». С позиции диалектического материализма всякая система представляет собой либо материальный объект, либо идеальное отражение этого объекта в нашем сознании. В первом случае объект, находящийся в материальной среде и оперирующий информацией, наделен как способностью отражения объективной реальности (окружающей материи), так и способностью самоотражения, реализующейся в форме обратных связей. При этом система рассматривается как объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе.

Система – понятие собирательное, состоящее из большого количества взаимосвязанных частей, которые каким-

то образом объективно организованы. Эта организация, упорядочение и есть смысловая суть содержания понятия «система». В самом общем виде этот порядок устанавливается двумя принципами диалектического материализма: детерминизмом и причинностью. Понятию «система», естественно, противопоставляется понятие «хаос». Хаотическим можно назвать такое множество компонентов, которые независимы друг от друга, т. е. не имеют заданных отношений – связей, а множество не имеет фиксированных свойств. Компоненты, не имеющие связей с другими, просто не входят в рассматриваемую систему.

Развитие представлений о взаимосвязи различных отраслей экономики и науки, формирование идей системотехники и открытие новых явлений сделали необходимым дать строгое определение понятия «системы». Для того чтобы придать дальнейшему изложению достаточно определенное содержание, а также в целях уточнения неформальных, интуитивных представлений о системе, введем ее формализованное определение, которое будет использовано при дальнейшем изложении материала.

Под **физической системой** будем понимать целенаправленную, упорядоченную и целостную распределенную (по выполняемым функциям, иерархическим уровням и географическим расстояниям) совокупность множества взаимосвязанных материальных объектов, которая обладает своей структурой и фиксированными свойствами. В то же время система функционирует и взаимодействует с другими объектами во времени, подвергается внешним и внутренним возмущениям, реагирует на них изменениями своих состояний и обладает способностью проявить в том или ином виде эти реакции. С этой точки зрения система представляет собой целенаправленно функционирующую конструкцию, способную к разрешению проблемной ситуации при определенных внешних условиях [2, 3, 25].

Любая сложная система состоит из определенных частей (подсистем), которые, в свою очередь, характеризуют-

ся наличием ограниченного и конечного числа элементов, находящихся в заданных отношениях между собой. В системе всегда имеется какое-то отношение, обладающее некоторым заранее определенным свойством. В то же время в системе имеют место какие-то свойства, находящиеся в некотором заранее заданном отношении. В общем случае система должна включать в себя пользователей, функциональные и обеспечивающие подсистемы и инфраструктуру.

Вне зависимости от целевого назначения АСУ в качестве обязательных компонентов ее инструментальной платформы должны быть средства: переработки информации (серверы, рабочие станции, компьютеры, промышленные контроллеры и т. п.), объединения и совместимости обработки информации (активные – маршрутизаторы, мультиплексоры, коммутаторы, модемы, устройства бесперебойного питания и др.; пассивные – проводные каналы связи, коммуникационные и коммутационные шкафы и др.). Любая система описывается тремя процессами: входа, выхода и пространства состояний. Эти процессы определяются в терминах теории множеств и отображений.

Глобальной *целью* (доктриной) создания является формирование актуального, достоверного и доступного информационного ресурса, его обработка и анализ полученных результатов, обеспечивающих эффективную деятельность хозяйствующего субъекта за счет его модернизации (автоматизации, информатизации) и интенсификации протекающих процессов.

Сформулированная цель достигается решением ряда **задач**, обеспечивающих:

- 1) оптимизацию информационного ресурса и организацию свободного доступа к нему;
- 2) необходимую полноту, оперативность и скорость обработки информации, ее достоверность и защиту;
- 3) информатизацию процессов внешнего и внутреннего документооборота и всего делопроизводства;

4) информатизацию рутинных и однообразных процессов и операций;

5) минимизацию трудовых, временных, финансовых и прочих материальных затрат;

6) повышение производительности труда и качества работы пользователей;

7) повышение качества управления и электронную поддержку процессов принятия решений;

8) интеграцию унаследованных и разрабатываемых систем в единую аппаратно-программную среду;

9) применение типовых, унифицированных аппаратно-программных решений

Любая физическая система представляет собой объект, функционирующий в реальной окружающей среде и оперирующий информацией, являющейся как продуктом отображения системой внешней среды, так и продуктом самотражения системы.

Неформально любую систему можно охарактеризовать:

– множеством взаимосвязанных компонентов или частей (субстанций), образующих единое целое, которое имеет некоторую цель или назначение;

– структурой единого целого, отражающей множество компонентов и их связей, обеспечивающей определенную организацию, строение и упорядоченность функционирования при достижении поставленной цели;

– процессами функционирования, характеризующими изменения самих компонентов (субстанций) и организационных связей (структуры) единого целого в реальном масштабе времени.

Любая система, включающая компоненты, структуру и процессы, обладает функциональной полнотой, так как ей присущи все свойства системы, формально представляемые категориями входа, выхода и состояния. Состояние системы оценивается совокупностью определенных значений всех ее атрибутов. Декартово произведение множеств

допустимых значений всех атрибутов системы называется ее пространством состояний.

Понятие системы ограничивает некоторую совокупность элементов, входящих в ее подсистемы, и проводит условную замкнутую границу, за пределами которой остаются не вошедшие в нее компоненты. Таким образом, подразумевается, что система существует не сама по себе, а в окружении множества других объектов. При решении некоторой задачи интересуются не всеми компонентами этого внешнего множества, а только имеющими какое-либо отношение к рассматриваемой системе, составляющие, с точки зрения решаемой задачи, именно для нее внешнюю среду.

Следовательно, внешняя среда представляет собой множество существующих вне системы объектов любой природы, влияющих на поведение системы или находящихся под ее воздействием в условиях рассматриваемой задачи. В системе внешнюю среду составляют выше- и нижестоящие объекты, а также компоненты производственной и социальной инфраструктуры, обслуживающие систему. Для того чтобы система могла взаимодействовать с внешней средой, необходима их взаимная связь.

Влияние внешней среды необходимо рассматривать в двух аспектах [1, 25]. Во-первых, она может оказывать на систему как отрицательное, так и положительное влияние. Отрицательное влияние выражается в возмущающем воздействии окружающей среды на систему, заставляя ее функционировать в экстремальных условиях. В этом случае эффективность работы системы значительно снижается. Положительное влияние среды сводится к стимулированию структурных изменений в системе, повышающих ее качественные характеристики и эффективность в целом. Следует иметь в виду, что отрицательное или положительное влияние внешней среды на систему по сути относительно, особенно с точки зрения суперсистемы – ОУ.

Во-вторых, влияние внешней среды может оцениваться с позиции временной характеристики реакции системы. Различают кратко- и долгосрочное воздействие. Имеется в виду, что в ответ на внешнее возмущение система в течение меньшего или большего периода времени возвращается в состояние устойчивого функционирования. При этом ее структурные и выходные характеристики или остаются на допустимом уровне, или значительно изменяются. Краткосрочное воздействие, как правило, носящее отрицательный характер, может вывести систему за допустимые пределы функционирования лишь на относительно небольшой период времени. Долгосрочное воздействие отличается не только длительностью реакции системы, но и тем, что в результате воздействия в значительной степени качественно и количественно изменяются допустимые границы функционирования системы. Причем эти изменения носят положительный характер.

Изложенное выше позволяет сделать некоторые рекомендации при создании и разработке сложных систем. Во-первых, система должна обладать свойствами, позволяющими компенсировать влияние окружающей среды; во-вторых, она должна обеспечивать преобразование положительного влияния среды в новые граничные характеристики функционирования системы. Эти требования являются выражением свойства адаптивного функционирования и развития системы. При этом адаптивность должна трактоваться как фундаментальное свойство системы и охватывать все ее аспекты, обеспечивая большую гибкость и надежность за счет способности изменяться так, чтобы более эффективное поведение было естественным [10].

В любой реальной системе количество всех существующих связей между ее компонентами чрезвычайно велико, так что учесть и исследовать абсолютно все связи практически невозможно. Вместе с тем учитывать их все нецелесообразно, так как среди них есть много маловажных, практически не влияющих на функционирование системы

и качество получаемых решений. Одна из первых задач при системной локализации – выделить существенные для данной системы связи и отделить их от несущественных. **Существенной** связью считается такая, которая при ее исключении или полном разрыве приводит к значительному ухудшению работы системы и снижению эффективности решения поставленных задач. **Несущественная** связь практически не влияет на качество работы системы и может быть исключена при определении ее границ в рамках решаемой задачи.

Так как на современном уровне развития науки управления формальный аппарат выделения существенных связей отсутствует, определение границ системы и ее локализация производятся с помощью первоначального представления о системе и последующего последовательного его уточнения. По мере расширения знаний о системе, составления все более точной ее модели необходимо вновь и вновь возвращаться к вопросу о границах, корректируя первоначальное представление о системе.

По степени связи с внешней средой различают открытые и закрытые системы. **Открытой** называют систему, у которой, по крайней мере, один компонент имеет связь с внешней средой, т. е. она обменивается с окружающей средой веществом, энергией или информацией. Взаимодействие системы с внешней средой осуществляется внешними связями. На входе система получает воздействие от среды, на выходе она сама воздействует на среду.

Физические системы не просто находятся в окружении, они существуют благодаря окружению и не могут существовать без непрерывного взаимообмена с внешней средой. Успех разработки искусственных систем определяется их совместимостью с окружающей средой. Во многих случаях внешняя среда влияет на алгоритмы и процедуры принимаемых решений, а часто и на целевую и критериальную функции, заставляя перестраивать или видоизменять внешнее содержание системы. Это же относится к

накладываемым на систему внешней средой ограничениям, изменения которых могут быть настолько радикальными, что потребуют перестройки всей системы. Связью с внешней средой во многом определяются требования гибкости и адаптивности системы к изменениям, которые должны учитываться с самого начала ее разработки.

Таким образом, одним из важнейших признаков построения АСУ является принцип открытости. Под выполнением принципа ее *открытости* подразумевается возможность взаимодействия с другими системами, использования комплекса аппаратно-программных средств (КАПС) любых производителей, переносимости прикладного ПО на другие программно-технические платформы, расширения и развития системы. Выполнение этого принципа предполагает создание гибких развивающихся взаимосвязанных и взаимодействующих систем, обеспечивающих:

- стандартизацию обмена данными между системами;
- устранение технических препятствий для связи систем;
- повышение возможности обмена данными между разнородными системами без создания интерфейсов с каждой стороны.

Закрытой называют систему, любой компонент которой имеет связи только с компонентами самой системы и ни один из них практически не взаимодействует (очень слабая связь) с окружающей средой. Обеспеченная ресурсами закрытая система может относительно длительное время функционировать без существенных связей с внешней средой, т. е. она в достаточной степени автономна. Иногда понятие «закрытая система» используют в более узком смысле, считая закрытой систему, устойчивую к тем воздействиям внешней среды, которые являются существенными при реализации цели и задач ее функционирования.

Вообще говоря, ни одна система не является абсолютно закрытой. Все реальные системы в любом случае тесно или слабо связаны с внешней средой, и они являются открытыми. Поэтому термин «закрытая система» – абстракция, ре-

ально таких систем не существует. Однако это понятие является полезным при комплексном исследовании систем, например для анализа поведения системы при обрыве внешних связей. Если временный разрыв или изменение характеристик внешних связей не вызывает существенных отклонений в функционировании системы сверх ранее установленных пределов, то считается, что она связана с внешней средой слабо; в противном случае – тесно. Несмотря на условность такого деления и несомненное наличие систем, занимающих промежуточное положение, оно во многих случаях полезно.

Как отмечалось выше, исследования сложных систем проводятся с позиции макро- и микроподходов. Формализованное представление любой системы можно записать в виде двух отношений, одно из которых является внешним описанием открытой, а другое – внутренним описанием закрытой системы.

В этом случае для определения статических систем будем иметь:

$$\begin{cases} S \subset Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_n; \\ S \subset D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n, \end{cases}$$

где Q_n – множества системообразующих признаков, характеризующих способ выделения системы из окружающей среды; D_i – множества подсистем.

Динамическая система, описывающая протекание технологических процессов во времени, может быть выражена как:

$$\begin{cases} S \subset Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_n; \\ S \subset Q_{n+1} \times Q_{n+2} \times \dots \times Q_k, \end{cases}$$

где $\{Q_i; 1 \leq i \leq n\}$ – множество общесистемных признаков, характеризующих объект; $\{Q_i; n + 1 \leq i \leq k\}$ – множество прочих свойств.

В общем случае сложная система (рис. 2.1) представляет собой многоуровневую конструкцию из взаимодействующих элементов, объединенных в подсистемы различных страт (уровней).

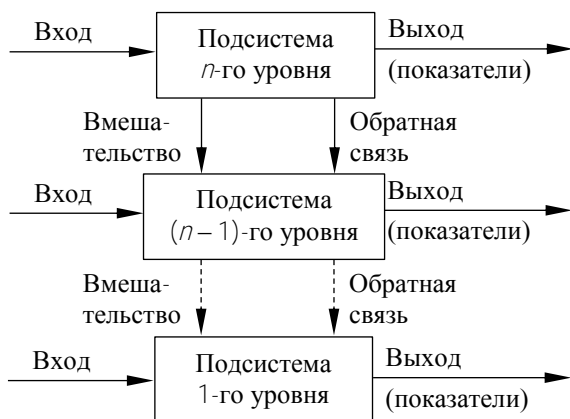


Рис. 2.1

Заметим, что каждый нижестоящий уровень представляет собой субстрат по отношению к вышестоящему, и каждый уровень иерархии, кроме самого низшего, является системой. Компоненты самого нижнего уровня рассматриваются как элементарный субстрат системы, который характеризуется своими концептуальными признаками (набором параметров).

Таким образом, любая иерархическая система состоит из вертикально соподчиненных подсистем. Осуществление процесса преобразования входных данных в выходные может быть либо динамическим, протекающим чаще всего в реальном масштабе времени с заранее заданным детерминированным алгоритмом и последовательно выполняемыми операциями, либо представлять собой так называемую процедуру «решения проблемы». В последнем случае декомпозиция носит концептуальный характер, когда сово-

купность подлежащих выполнению операций может быть реализована в разное время и в различной последовательности (системы с недетерминированным алгоритмом).

2.1.2. Принципы построения системы

Инструментальная среда производственно-хозяйствующего управления выполняется в виде АСУ, которая представляет собой многофункциональную, многоуровневую, распределенную систему, обеспечивающую согласованное по целям, критериям и методам обработки информации совместное функционирование всех входящих в нее подсистем. Решение вопросов совместимости и эффективного взаимодействия отдельных составляющих является одним из главных направлений и основным содержанием работ при ее проектировании, внедрении и эксплуатации.

Организация разработки автоматизированной системы должна осуществляться при соблюдении таких основных рекомендаций программно-целевого подхода, как:

- определение конечной цели программы (этапа) – должно быть предельно четким, конкретным и точным, т. е. необходимо сформулировать, какой именно результат и в каком виде должен быть получен при реализации программы (этапа);
- планирование разработок – должно быть комплексным, т. е. план реализации программы (этапа) должен включать все работы, независимо от их характера и подчиненности исполнителей;
- планирование и прогнозирование разработок – должно носить сквозной характер, т. е. производиться относительно конечной цели программы;
- определение четкой ответственности за выполнение любого этапа программы, т. е. за каждой отдельной работой должен быть закреплен один ответственный исполнитель.

Выбор совместимого комплекса аппаратно-программных средств распределенной АСУ осуществляется на основе территориально-административного принципа существующей структуры субъекта, подлежащего модернизации. При этом необходимо учитывать *особенности* функционирования каждого компонента *разрабатываемой АСУ*:

- объем трафика между узлами;
- режим передачи трафика;
- граничные характеристики (минимальный и максимальный объемы, пиковые нагрузки);
- этапность реализации проекта построения окончательного варианта распределенной АСУ;
- наличие резервирования основных блоков устройств и возможность автоматического переключения на резервные каналы связи.

В зависимости от назначения, сложности решаемых задач и других характеристик разрабатываемой информационно-коммуникационной технологии (ИКТ), ее инструментально-индустриальная среда обработки информации (СОИ) может включать в себя серверы, рабочие станции, ПЭВМ, работающие в режиме автоматизированных рабочих мест (АРМ), промышленные контроллеры и другое вычислительное оборудование. Объединение и совместимость средств ВТ обеспечивается с помощью активного и пассивного сетевого оборудования среды передачи данных (СПД).

В качестве *активного* сетевого оборудования, как правило, используются маршрутизаторы, мультиплексоры, коммутаторы, каналобразующие модемы, устройства бесперебойного питания и пр. В качестве *пассивного* сетевого оборудования широкое применение находят различные СПИ (витые пары, узко- и широкополосные медные и оптоволоконные кабели и др.), коммуникационные и коммутационные шкафы.

Индустриальной платформой любой ИКТ является КАПС деловых и функциональных АРМ локальных и кор-

поративных АСУ, к которым предъявляются следующие **требования** [4, 18]:

1. Создание индустриальной базы, включающей ВТ, теле-, радио-, телефонные, телефаксные, спутниковые, оптические, почтовые и телеграфные коммуникационные каналы связи, объединяющие различные субъекты хозяйствования и органы государственного управления в единое информационное пространство (ЕИП) на основе АСУ.

2. Выполнение системы в виде распределенного высокопроизводительного вычислительного комплекса расширенной комплектации и сопрягаемого с ним терминального и периферийного оборудования, обеспечивающих рациональное использование всех видов ресурсов на обработку и коммуникацию сообщений.

3. Топологический охват всех распределенных баз данных (БД) отдельных подсистем с возможностью использования простых методов и форм расширения АСУ по территориальной протяженности и уровням иерархии.

4. Создание и сопровождение распределенного информационного и проблемно-ориентированного пакетного программного обеспечения (ПО), наполнение сетевой файловой структуры набором стандартных лицензионных программных средств, обеспечивающих прямой доступ к информационным массивам данных.

5. Формирование интегрированной БД, предусматривающей единую форму представления, хранения, поиска, переработки, защиты и отображения информации, обеспечивающей гибкость и адаптивную перестройку способа и программных средств обработки данных на решение новых возникающих задач.

6. Оптимальное построение отраслевой АСУ, обеспечивающее ее простую реконфигурацию, рациональную архитектуру, конфигурацию, топологию и структуру, независимость взаимодействия пользователей с вычислительными ресурсами, гарантирующее удобство и минимизацию времени доступа к массивам информации, высокие скорости

обработки данных и межмашинного обмена сообщениями, максимальные пропускную способность, оперативность и производительность.

7. Обеспечение открытости и сопряжения с подсистемами других уровней, подключения дополнительных локальных систем и непрерывного развития отраслевой АСУ за счет системности, унификации и модульности ее построения.

8. Своевременный сбор, простота ввода, достоверность, надежность, целостность и экономичность данных с широким их манипулированием в среде диалоговых операционных систем (ОС), позволяющих при однократном вводе исходных данных их многократное использование в процессе решения многоаспектных деловых и хозяйственных задач и оказания информационных услуг.

9. Обработка больших массивов информации с помощью пакетов прикладных программ (ППП), выполненных с использованием языков программирования высоких уровней, обеспечивающих человеко-машинный интерфейс непрофессиональных в области ВТ и программирования пользователей с КАПС.

10. Обеспечение возможности интерактивной коллективной работы функциональных и деловых АРМ системы, в том числе в режиме реального масштаба времени и решения возникающих задач управления с расширением ассортимента информационных услуг на основе объединения распределенных вычислительных ресурсов.

11. Применение высокоскоростного сетевого оборудования и перспективной волоконно-оптической среды коммуникаций информации, обеспечивающей одновременную передачу видеоизображения, голоса и компьютерных данных с максимальной помехоустойчивостью.

12. Обеспечение надежности, удобства наладки с одновременной настройкой компонентов отраслевой АСУ, широкое применение средств обнаружения, локализации и устранения отказов, повышающих ремонтпригодность системы и сокращающих время запуска ее в эксплуатацию.

13. Объединение и системная интеграция всех территориально-отраслевых субъектов управления при их электронном взаимодействии в рамках АСУ.

Таким образом, при разработке АСУ к ней предъявляются следующие требования, обеспечивающие: эффективность – улучшение технико-экономических показателей совместного функционирования субъектов управления; производительность – возможность решения максимального количества задач в единицу времени; оперативность – достоверное отражение функционирования (состояния) системы в данный момент времени; масштабируемость – возможность модульного расширения системы в рамках унифицированной архитектуры за счет наращивания ресурсов для развивающихся процессов; поддержку транзакций – способность системы поддерживать логическую целостность базы данных (БД) при одновременной работе нескольких пользователей; надежность – вероятность практической реализации всех функций системы в процессе ее эксплуатации, в условиях сбоев и отказов; защиту данных – способность восстановления данных при разрушении носителей информации; безопасность – многоуровневый контроль доступа к ресурсам и функциям системы, а также устранение возможности несанкционированного доступа к данным.

Отраслевая АСУ обеспечит доступ к областным, региональным и муниципальным информационным ресурсам и возможность оказания услуг широкому кругу пользователей. Создание этой системы предполагает обеспечить адресность, своевременность, достоверность и полноту предоставляемой информационной услуги при соответствующих гарантиях.

Практическая реализация отраслевых АСУ хозяйствующих субъектов осуществляется с помощью КАПС:

- *организационных* – совокупности организационно-методологических и научно-технических документов, содер-

жащих описание и регламентацию технологических процедур и операций;

- *инструментальных* – совокупности технических, программных и языковых средств, в которой: *технические* – совокупность механических, электрических, электронных и иных аппаратных средств и устройств; *программные* – совокупность алгоритмов и программ для ПЭВМ; *языковые* – совокупность наборов символов, соглашений и правил, используемых для организации взаимодействия пользователей со средой обработки и передачи информации.

Функционально АСУ может включать в себя следующие автоматизированные подсистемы (модули):

- 1) информационного обеспечения, осуществляющую оперативное информирование руководства актуальной и достоверной информацией о деятельности субъектов, а также получение информации по экономическим, социальным и правовым вопросам;

- 2) регионального управления, обеспечивающую информационное взаимодействие субъектов в процессе выполнения возложенных на них задач социально-экономического развития;

- 3) оперативного анализа и прогнозирования экономического развития субъектов, осуществляющую оперативную оценку показателей социального, экономического и демографического развития, факторов и препятствий (угроз) их стабильности и роста;

- 4) финансового анализа, учета и контроля, осуществляющую выявление негативных сторон протекания социально-экономических процессов и разработку предположений и мер по их устранению;

- 5) бухгалтерского учета, обеспечивающую комплексное решение типовых (от первичных документов до баланса) и специфических бухгалтерских задач, интегрированных данных для совместного их использования;

- 6) делопроизводства и контроля исполнения, обеспечивающую повышение оперативности учета входящей и ис-

ходящей корреспонденции (включая международную), внутренних служебных документов, обращений граждан, анализ исполнительской дисциплины и информирование исполнителей и руководства о принятых мерах;

7) управления персоналом и кадровым резервом, осуществляющую автоматизированный учет и движение кадров и их резервов, организацию работ с персоналом, получение различных документов (распоряжений, выписок, справок, отчетов и т. п.), касающихся проведения кадровой политики;

8) безопасности и защиты субъектов информатизации, обеспечивающую неуязвимость собственно информации, информационных ресурсов, ИО, АСУ и их защиту от внешних и внутренних угроз, в том числе от несанкционированного доступа и других вмешательств.

Инструментальной основой практической реализации АСУ являются АРМ автономных пользователей и системы управления, выполненные в виде распределенных АСУ коллективного пользования. Многоуровневая и территориально-распределенная система оказания информационных услуг предполагает последовательную реализацию пяти этапов, предусматривающих создание:

- аппаратно-программных средств автономных деловых и профессиональных АРМ пользователей. Для этого этапа характерна индивидуальная или групповая (не более двух участников на одно АРМ) работа территориально-совмещенных пользователей при решении функционально-однородных взаимосвязанных задач в конкретной предметной области знаний;

- автономных АСУ коллективного пользования отдельных структурно-функциональных служебных и производственных подразделений субъектов хозяйствования для решения всей совокупности задач с выходом на корпоративную сеть объекта информатизации;

- автономных АСУ коллективного пользования в рамках всего субъекта в целом. На этом этапе происходит объединение систем отдельных подразделений в единую сеть объекта

управления, обеспечивающую доступ ко всем внутренним и внешним информационно-вычислительным ресурсам с выходом на отраслевую АСУ республиканского уровня;

- отраслевой АСУ, включающей корпоративные АСУ отдельных хозяйствующих субъектов и соответствующего министерства или ведомства, обеспечивающей планирование и реализацию процессов материального производства и оказания услуг в рамках конкретной отрасли экономики Республики Беларусь. Этот этап характеризуется открытым доступом ко всем информационным ресурсам и вычислительным мощностям всех объектов управления данной отрасли с выходом на республиканскую систему;

- республиканского ЕИП в виде глобальной АСУ, включающей отраслевые системы отдельных министерств и ведомств. На этом этапе происходит формирование АСУ республиканского уровня с выходом на международную сеть Internet.

Широкое применение КАПС инструментально-индустриальной среды, выполненной в виде АСУ, при комплексной информатизации субъектов хозяйствования, их структурных подразделений и протекающих процессов позволит **обеспечить** [12, 26]:

- существенное повышение эффективности функционирования объекта управления, резкое повышение производительности труда пользователей и других важнейших технико-экономических показателей за счет перераспределения ресурсов и резервирования;

- приближение информационно-вычислительных ресурсов к потребителям, их рациональное коллективное использование при решении деловых и функциональных задач управления;

- полную децентрализацию подготовки и частичную децентрализацию обработки информационных ресурсов и организации распределенной БД коллективного пользователя с высокой скоростью обмена информацией;

- необходимую вычислительную мощность системы, возможность ее наращивания и сбалансированности, обеспечивающие высокую производительность ВК при решении сложных задач управления с учетом конкретных характеристик и объемов перерабатываемой информации;
- сменяемость и обновление информации в распределенной БД, высокие скорости передачи и межмашинного обмена данными, необходимую пропускную способность, удобство и простоту доступа к базовой магистрали и к массивам информации;
- односвязность всех компонентов системы, обмена информацией между ними, создание дружественного интерфейса сопряжения АРМ с пользователями, его преемственность и защищенность от несанкционированного доступа;
- возможность использования простых форм и методов расширения системы по выполняемым функциям, номенклатуре решаемых задач и оказанию информационных услуг, по иерархическим уровням управления, площади и протяженности;
- интеграцию функциональной и организационной структур управления, всех видов обеспечения АСУ за счет создания общего поля внешней памяти на машинных носителях информации.

2.1.3. Этапы жизненного цикла системы

При модернизации и интенсификации производственно-хозяйственной деятельности субъектов хозяйствования возникает необходимость учета функционального назначения, масштабности и специфических особенностей отрасли, к которой они принадлежат.

Теоретические соображения и практический опыт разработки и создания АСУ привели к следующей последовательности выполнения укрупненных этапов построения и модернизации хозяйствующих субъектов и их системы управления [6, 24].

Этап 1. Производится предпроектное обследование и системный анализ существующей системы управления субъектом. При этом обследуются функциональная и организационная структуры, методы и функции управления, материальные и информационные потоки, документооборот и другие аспекты работы субъекта. Анализируются аналоги и прототипы, предварительно ставится цель, производится выбор критериальной функции и накладываемых ограничений. Исследуются возможные альтернативы достижения цели, осуществляется выбор варианта решения и структуры АСУ. Все это должно обосновать целесообразность создания и модернизации хозяйствующего субъекта. Конечным результатом этого является разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) и технического задания (ТЗ) на проектирование системы управления.

Этап 2. Осуществляется макропроектирование АСУ. При этом уточняются цель и задачи, выбранный критерий и ограничения, определяются границы системы. Рассматривая АСУ как единое целое, основное внимание уделяется ее взаимодействию с окружающей средой. Конечным результатом этого этапа является разработка эскизного проекта системы управления.

Этап 3. Производится микропроектирование системы, связанное с разработкой архитектуры и конфигурации АСУ, ее функциональных и обеспечивающих подсистем, аппаратно-программных решений. Осуществляются формализация, алгоритмизация и программирование решаемых задач, уточняются функциональная и организационная структуры системы. Создается технический проект АСУ.

Этап 4. Характеризуется разработкой конструкторской документации по изготовлению, монтажу и наладке КАПС системы, уточнением ПО. В результате выполнения этого этапа разрабатывается рабочий проект АСУ.

Этап 5. Осуществляется изготовление, сборка, монтаж и регулировка опытных образцов системы управления.

Этап заканчивается сдачей опытного образца на производственно-конструкторские испытания.

Этап 6. Заключается в опытной эксплуатации АСУ, которая осуществляется в соответствии с программой, должностными и технологическими инструкциями. Производятся экспериментальная проверка и реализация рационального/оптимального алгоритма методами математического моделирования. Этап заканчивается подписанием акта о приемке системы в промышленную эксплуатацию.

Этап 7. Производится доработка АСУ по результатам опытной эксплуатации и осуществляется ее промышленная эксплуатация. При этом обеспечивается сопровождение (внесение изменений), обслуживание (профилактика, ремонт, замена и т. п.) и дежурство. Этап заканчивается подписанием акта ввода системы в промышленную эксплуатацию.

Этап 8. Характеризуется процессами дальнейшего совершенствования и модернизации АСУ, позволяющими улучшить ее функционирование за счет применения более прогрессивных аппаратно-программных решений, новой элементной базы и т. д.

Этап 9. Производится снятие АСУ с эксплуатации и ее утилизация.

В рассмотренных этапах жизненного цикла АСУ не указаны техническая подготовка функционирования субъекта, создание инфраструктуры системы, подготовка кадров и другие работы. Перечисленные этапы не обязательно должны выполняться строго последовательно, возможно их перекрытие во времени (запараллеливание работ).

На этапах создания АСУ закладываются основы ее функционирования с учетом отраслевой специфики человеко-машинного комплекса (ЧМК). Немаловажным является правовая регламентация построения основных компонентов системы. Повышение требований к организации взаимодействия коллектива пользователей и техники, необходимость доведения четкости и качества их работы

до точности и качества работы КАПС – другая часто незамечная, но важная сторона проблемы создания АСУ.

Парадокс существующей системы проектирования заключается в том, что часто с чрезмерной тщательностью разрабатываются отдельные узлы и компоненты, в то время как вопросы эксплуатации АСУ в целом вообще не продумываются, остаются до решения «в рабочем порядке». Разработка организационного проекта, соединяющего воедино все компоненты системы и обеспечивающего ее эффективную эксплуатацию, позволяет разрешить эти противоречия.

Основное назначение и содержание организационного проекта предполагает [5]:

- обеспечивать в намеченные сроки заданные показатели информационной системы управления;
- обеспечивать плановое совершенствование этих показателей;
- предусматривать возможности гибкого приспособления к новым условиям функционирования;
- повышать эффективность и качество продукции и оказываемых услуг;
- расширять ассортимент и увеличивать объем выпускаемой продукции и оказываемых услуг;
- осуществлять развитие системы в соответствии с перспективным планом.

Формальная организационная жесткая структура составляет основу, на которую накладываются гибкие нити административного и экономического воздействия. Организационное проектирование на основе целевой и технической декомпозиции позволяет определить [5]:

- состав и взаимодействие различных подсистем;
- порядок подчинения отдельных компонентов;
- состав и численность каждого подразделения, регламентацию деятельности пользователей;
- деловые требования к каждому исполнителю (должностные инструкции; требования к знаниям, квалификации и т. п.).

Лишь наивный руководитель полагает, что правильно написанные приказы и инструкции будут точно выполняться. Поэтому организационный проект должен предусматривать механизм стимулирования специально спроектированный под решение целевых задач системы. Процесс функционирования системы должен быть тщательно изучен с точки зрения ИО.

Организационный проект последовательно рассматривает будущую систему с различных точек зрения, чтобы, учитывая наиболее существенные факторы, закрыть все пути для возможных потерь. Дополнительно он дает возможность правильно организовать процесс детального проектирования информационной системы управления, а также четко продумать и осуществить процесс создания и ввода АСУ в рабочий режим эксплуатации.

В основе организационного проекта должен лежать главный технологический (производственный) процесс. Следовательно, в основу оргпроекта должна быть положена совокупность моделей основного и вспомогательных процессов. Чтобы оказать наибольшее влияние на функциональную и технологическую структуру системы управления, организационное проектирование должно опережать все другие виды проектирования.

В настоящее время вопросы управления на этапе обоснования и выбора проектного варианта АСУ разработаны наиболее полно. На этом этапе производятся целевая, техническая и организационная декомпозиции. После обоснования проекта, определения его структуры и перспектив решается задача его *размещения* и *привязки* к конкретному субъекту.

Центральным моментом хозяйствования является обеспечение наибольшей эффективности системы с учетом оценки вклада в прирост интегральной экономики Республики Беларусь. Необходимо учитывать *полный эффект* (прямых и косвенных расходов) и анализировать *полные*

затраты, а также *сопряженный эффект* и сопряженные затраты.

Здесь очень мощным рычагом может быть создание и развитие вспомогательных систем. Развитие инфраструктуры (связь, транспорт, обслуживание и т. п.) при почти полном отсутствии прямого эффекта дает весьма значительный сопряженный эффект во всех хозяйствующих субъектах, усиливаемый механизмом обратной связи.

В затратах на создание информационной системы управления присутствуют две составляющие расходов: на опытно-конструкторскую работу (ОКР) и на приобретение (производство) базовых компонентов системы. При этом примерно две трети расходов приходится на рабочее проектирование, производственно-конструкторские испытания и подготовку к сдаче АСУ. Снижение затрат в существенной мере зависит от степени разработки рабочего проекта. Это говорит о том, что оптимальное управление процессом создания нужно осуществлять исходя из всего ее жизненного цикла.

Создание и разработка основных компонентов АСУ является решающим, переломным моментом в жизненном цикле любой системы. Идеи, планы, проекты, получая материальное воплощение, заставляют систему жить реальной, а не бумажной жизнью.

Именно в вопросах построения, управления созданием АСУ проблемы эффективности проявляются в наиболее явной и концентрированной форме, обнаруживая единство всех сторон полезности. Здесь анализ эффективности управления приносит наибольшую пользу, выявляя необходимые меры корректировки характеристик информационной системы.

2.1.4. Архитектура системы

Несколько автоматизированных рабочих мест (АРМ), объединенных для выполнения общих задач, образуют АСУ,

выполненную в виде распределенной информационно-вычислительной сети (ИВС). В некоторых случаях архитектура может быть более сложной. ИВС характеризуется своей *архитектурой*, под которой понимается совокупность общих принципов построения системы, ее технических и программных средств обработки данных, определяющих наиболее существенные функциональные характеристики и параметры работы субъекта, обеспечивающие рациональную организацию процессов технико-экономического управления. Архитектура АСУ определяет ее основные функциональные возможности и в свою очередь зависит от особенностей решаемых задач в функциональных подсистемах. Архитектура системы в своей большей части обращена к пользователю и позволяет выявить его требования к АСУ. С этих позиций основными задачами выбора архитектуры являются системный анализ назначения объекта управления, разработка структуры КАПС, а также подробных спецификаций на сопряжение терминальных пользователей с машинной частью системы. Архитектура АСУ, или ее структурно-функциональная модель, должна разрабатываться в рамках общей концепции системного подхода к созданию интегрированных систем, что обеспечит целостность последующих программно-технических решений.

Распределенную АСУ следует строить таким образом, чтобы ее подсистемы могли эффективно взаимодействовать друг с другом, а вся система в целом развиваться с учетом эволюции сферы отраслевого управления. Решение этой задачи должно преследоваться при разработке архитектуры АСУ. Структура логического взаимодействия подсистем в распределенной АСУ также важна, как и структура связей между функциональными подразделениями объекта управления. Взаимодействие между подсистемами имеет смысл только в том случае, если оно содействует достижению общей цели, поставленной перед системой.

С точки зрения пользователя, следует обеспечить совместимость ПЭВМ, работающих в режиме АРМ, чтобы

доступ к их ресурсам был возможен с одного терминала. Для этого необходимо соблюдение определенных стандартов для обмена информацией между процедурами в различных АРМ. Единственный путь для решения подобных задач – создание эталонной модели архитектуры взаимодействия компонентов сложной интегрированной системы. Практически любая архитектура распределенной системы базируется на ряде простых методов: уплотнении (мультиплексировании), коммутации, упаковке, каскадном соединении и компановке.

Любая система вместе с ее распределенными вычислительными ресурсами представляет собой сложную АСУ, основным компонентом которой является КАПС. При создании АСУ возникают вопросы [2]:

- Как осуществляется согласованное взаимодействие АРМ пользователей, каналов и аппаратуры среды передачи данных (СПД), мультиплексоров и концентраторов, терминальных устройств и коммутационных узлов в рамках единой системы?
- Как происходит обмен информацией между различными АРМ, ориентированными на свой класс пользователей и представляющими определенное количество услуг?

Оказывается, что реализация связи разнородных ресурсов возможна лишь при соблюдении определенного набора стандартных правил, обеспечивающих логическое и синхронное взаимодействие отдельных АРМ в соответствии с принятыми протоколами (правилами взаимодействия). Протоколы определяют, каким образом отдельные АРМ должны взаимодействовать с другими, чтобы выполнить поставленные перед ними задачи. Обычно название протокола соответствует функции, выполняемой взаимодействующим АРМ. Для большинства АСУ используется одна и та же базовая архитектура с тремя основными уровнями протоколов: передачи файлов и данных, сквозного транспортного управления и координирования решения прикладных задач.

Многоуровневый характер информационно-инструментальной среды субъекта управления позволяет отделить функции и соответствующие протоколы, ориентированные на передачу информации, от функций и протоколов, ориентированных на ее обработку. Каждый уровень включает в себя логические объекты, которые выполняют определенные функции, связанные общей целью. Взаимодействие таких объектов координируется протоколами соответствующего уровня, а взаимодействие между соседними стратами определяется межуровневым стандартом, называемым интерфейсом, т. е. набором правил по логической и временной синхронизации обмена сообщениями.

При этом нижний уровень обеспечивает сервис (услуги) по обмену информацией для соседнего вышестоящего уровня через точки их взаимодействия, называемые точками доступа сервиса. Последний может принимать различные формы: преобразования кодов, форматов, массивов информации; управления информационными потоками и подтверждения о доставке сообщений; установления, поддержания и расторжения связей; выбора конкретного протокола из набора данного уровня; обеспечения адресации массивов данных; ввода в действие новых объектов и исключения ненужных; маршрутизации потоков информации; управления ресурсами системы и т. д. Объекты этого уровня кооперируются для реализации требуемого сервиса. Исключение составляет лишь самый нижний уровень, где коммуникация между объектами обеспечивается непосредственной физической средой.

В настоящее время в практике построения различных АСУ общепризнанным является территориально-иерархический принцип организации систем, в соответствии с которым она представляется в виде набора функциональных уровней с четко определенными правилами взаимодействия между компонентами одного и того же, а также соседних уровней. Подобный подход обеспечивает необходимую гибкость в организации разработок за счет распараллеливания работ по уровням иерархии, выбора методов

реализации, объединения нескольких уровней в один с целью уменьшения избыточности и экономии вычислительных ресурсов.

Развитие общих принципов взаимодействия привело к разработке эталонной модели открытых АСУ, включающей семь уровней (табл. 2.1), из которых четыре низших обеспечивают передачу данных и обмен сообщениями, а остальные – средства взаимодействия прикладных задач для распределенной обработки информации. Самый верхний уровень соответствует программам пользователей, т. е. прикладным процессам, протекающим в объекте управления. Это единственный уровень, о котором должен знать пользователь.

Рассмотрим сущность и основные функции, реализуемые уровнями эталонной модели [19, 21].

Таблица 2.1

6	ПРИКЛАДНОЙ УРОВЕНЬ Взаимодействие прикладных процессов
5	ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ Представление и согласование информации
4	СЕАНСОВЫЙ УРОВЕНЬ Организация сеансов (сессий) связи
3	ТРАНСПОРТНЫЙ УРОВЕНЬ Передача, фрагментация и сборка сообщений
2	СЕТЕВОЙ УРОВЕНЬ Коммутация и маршрутизация пакетов, межсетевое взаимодействие
1	КАНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ Управление передачами по физическому каналу
0	ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ Физический интерфейс к аппаратуре передачи данных

Прикладной уровень включает в себя множество прикладных процессов, взаимодействующих между собой

при решении задач распределенной обработки данных. Он охватывает функции: общие служебные, общие базовые и проблемно-ориентированные. Этот уровень обеспечивает выполнение всех информационно-вычислительных процессов, представляемых пользователем через транспортную сеть (электронная почта, организация теле- или видеотекста, контрольно-проверочные и другие операции).

Представительный уровень включает в себя два подуровня: синтаксический и семантический. Этот уровень разрешает различия в представлении информации разнородными прикладными объектами, позволяя каждому из них взаимодействовать друг с другом без знания кодов, форматов данных и машинных языков своего корреспондента.

Сеансовый уровень обеспечивает организацию и проведение сеансов (сессий) обмена структурированными сообщениями между распределенными прикладными процессами и поддержку их диалога (управление началом и завершением сеанса, регулирование межпроцессорных связей, восстановление после устранения ошибок и т. п.).

Транспортный уровень, осуществляющий надежную передачу данных между двумя соседними компонентами (абонентскими пунктами) сеансового уровня, служит для оптимизации ресурсов и минимизации стоимости обмена информацией за счет учета всех заявок и использования вычислительных мощностей. Этот уровень создает независимый от АСУ стандартный интерфейс, позволяющий различному оборудованию сопрягаться с системой независимо от нижних уровней. Транспортный канал, конечные точки которого являются портами АСУ, проектируется так, что передаваемые по нему сообщения не подвергаются обработке в промежуточных узлах. В то же время данный уровень обеспечивает сервис по установлению соединений объектов сеансового уровня и обслуживание передачи сообщений вплоть до ее завершения.

Сетевой уровень определяет адресацию пользователей, маршрутизацию сообщений, управление информаци-

онными потоками, организацию и поддержание транспортных каналов, коммутацию соединений между их компонентами, не имеющими прямой связи друг с другом. Одновременно сетевой уровень производит учет предоставляемых услуг.

Канальный уровень обеспечивает сопряжение компонентов сетевого уровня, имеющих непосредственную связь друг с другом через физическую передающую среду. Он представляет собой комплекс процедур и методов управления каналом передачи данных (установление соединений, его поддержание и разъединение), организованный на основе физического соединения. Кроме того, этот уровень обеспечивает обнаружение, установление и исправление (устранение) ошибок физического уровня, формирует адреса и декодирует их при передаче и приеме сообщений.

Физический уровень, обеспечивающий аппаратный интерфейс компонентов (электрических, механических и функциональных) канального уровня к физической передающей среде, определяет характеристики, требуемые для подключения, поддержания и отключения физической цепи. При этом допускается как непосредственная связь источника сообщения с приемником, так и через промежуточные ретрансляторы. Этот уровень обеспечивает сервис для канального уровня и представляет собой модель для интерфейса с физической средой, управляющей информационными потоками между подсистемами АСУ.

Таким образом, совокупность уровней с нулевого по третий (табл. 2.1) образует транспортную сеть, основное назначение которой – организация обмена информацией между уровнями (с четвертого по шестой). Такой подход обеспечивает возможность подключения к каждому терминалу дешевого микропроцессора, оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) и внешнего запоминающего устройства (ВЗУ), что повышает пропускную способ-

ность небольших по протяженности каналов связи СПД и упрощает структуру объединения функциональных АРМ в АСУ управления объектами рассматриваемой отраслевой сферы деятельности.

Архитектура АСУ должна учитывать требования открытости, применения межсетевых преобразователей и программных средств сопряжения. Если в основу архитектуры, могут быть положены общие рекомендации по взаимодействию уровней и компонентов в открытых системах, то для АСУ необходимо учитывать ряд дополнительных рекомендаций, определяемых спецификой решаемых задач управления в рассматриваемой сфере. При этом следует иметь в виду, что каждой группе однородных алгоритмов может соответствовать своя архитектура системы.

При разработке архитектурного облика необходимо иметь возможность распараллеливания процесса архитектурного проектирования системы при сохранении ее концептуального единства. В этом случае важное значение приобретают языковые средства, основной функцией которых является описание организационно-экономических и других данных, необходимых пользователям. Раскрытие смыслового содержания понятия «архитектура» показано на рис. 2.2. В состав этого понятия входят аппаратные и программные средства, которые описываются определенными компонентами.

Аппаратные средства представлены двумя большими группами, каждая из которых оказывает определенное влияние на производительность АСУ. Прикладные аппаратные средства представлены структурами с жесткой (непрограммируемой), программируемой и комбинированной логикой. В среднем структуры с программируемой логикой обеспечивают меньшую производительность систем, чем структуры с жесткой логикой. Системные аппаратные средства включают в себя технические средства организации внутри- и межсистемного взаимодействия.



Рис. 2.2

Программные средства АСУ включают прикладное и системное ПО. В силу многообразия программных алгоритмов, которые могут быть использованы для решения одной и той же задачи, прикладное ПО оказывает существенное влияние на производительность АСУ. При этом диапазон производительности системы может изменяться в десятки и сотни раз. Системное ПО предназначено для эффективной эксплуатации аппаратных и программных средств. К числу важнейших возможностей, предоставляе-

мых ПО, относится управление процессом организации вычислений, который обеспечивается в операционной системе (ОС).

Как отмечалось выше, архитектура АСУ оказывает существенное влияние на производительность P системы, характеризующую ее вычислительную мощность и учитывающую как быстродействие процессора ПЭВМ, так и метод организации вычислительного процесса. Это влияние оценивается коэффициентом производительности

$$K_{\text{п}} = P/t_0,$$

учитывающим структуру ее архитектуры и среднее время t_0 выполнения самых коротких операций в процессоре ПЭВМ.

Для многопроцессорных систем с децентрализованной структурой управления величина коэффициента производительности зависит от числа используемых процессоров m , коэффициента системных затрат $K_{(m)}$ и определяется из соотношения

$$K_{\text{п}} = mK_{(m)}.$$

Здесь коэффициент $K_{(m)}$ характеризует ту часть вычислительной мощности АСУ, которая расходуется процессором ПЭВМ на выполнение функций управления.

Перспективным направлением повышения производительности системы является применение комбинированных аппаратных средств реализации алгоритмов. В этих системах наиболее часто встречающиеся процедуры реализуются в виде структур с жесткой логикой. Производительность таких систем резко возрастает при увеличении коэффициента $K_{\text{п}}$. На ранних этапах проектирования систем управления ее архитектура может быть определена на основе метода комплексной оценки многокритериальных структур. Этот метод базируется на методологии системного анализа и реализуется с помощью элементов теории нечетких множеств и человеко-машинных процедур обоснования при-

нимаемых решений. Определение архитектуры АСУ с использованием упомянутой методологии рассмотрим на примере проектирования системы сбора и распределенной обработки информации. Технология системного проектирования архитектурного облика АСУ включает следующие этапы [22, 24].

Этап 1. Процесс разработки системы начинается с формулировки ее целевого назначения. Рассматриваемая АСУ проектируется в целях обеспечения сбора и обработки поступающей от территориально рассредоточенных источников информации, необходимой для управления всеми аспектами деятельности хозяйствующих субъектов.

Этап 2. Для достижения поставленной цели распределенная АСУ должна выполнять следующие функции: прием на терминальных устройствах информации и ее преобразование в формат, пригодный для передачи по каналам связи и восприятия АРМ; определение местоположения необходимых для обработки информационно-вычислительных ресурсов; формирование кратчайшего маршрута трансляции данных; передачу, обработку, хранение и отображение информации.

Этап 3. Перечисленные функции могут быть реализованы несколькими методами, в основе которых лежат различные стратегии передачи информации, принципы управления и структуры СПД. Каждый метод реализации функций системы определяет ее архитектуру. Анализ возможных конфигураций (топологий) позволяет выявить альтернативные способы построения архитектуры АСУ: полносвязная или неполносвязная с коммутацией пакетов, регулярная или нерегулярная, иерархическая или неиерархическая и т. п.

Этап 4. Для сравнения полученных проектных решений определяется совокупность показателей, отражающих качество системы распределенной обработки данных: пропускная способность, территориальная распределенность, агрегатизация (модульность), надежность, стоимость и др.

Эти показатели нормируются с помощью обобщенной функции Харрингтона.

Этап 5. Каждый из перечисленных показателей качества является частным критерием оценки альтернатив, для которых выбирается своя шкала измерения. При этом рекомендуется использовать: шкалу классификации – для интегральной оценки стоимости и модульности; шкалу порядка – для интегральной оценки надежности. Пропускную способность и распределенность можно интегрально оценить по количественным шкалам.

Этап 6. На основе содержательного анализа каждой архитектуры АСУ дается сравнительная оценка ее надежности. В результате анализа получается упорядочение архитектур, следующих друг за другом в порядке уменьшения их надежности. Привлечение экспертно-аналитических методов позволяет по ранее выбранным шкалам оценить альтернативы архитектур системы по всем критериальным функциям.

Этап 7. Производится анализ полученных значений показателей качества и выделяется множество Парето-оптимальных вариантов, в которое включается несколько наиболее перспективных (доминирующих) конкурирующих альтернатив для их дальнейшей проработки. Исключение той или иной альтернативы из дальнейшего рассмотрения необходимо производить крайне осторожно и осмотрительно. Окончательный выбор доминирующих альтернатив архитектуры системы производится с учетом как формальных, так и неформальных факторов.

Этап 8. В результате оценки желательных значений показателей качества получают опорные множества для пропускной способности, территориальной распределенности, модульности, надежности и стоимости.

Этап 9. Применяя соответствующий математический аппарат, определяют значения переменных для пропускной способности, территориальной распределенности, модульности, надежности и стоимости.

Этап 10. Множество критериев оценки и выбора вариантов архитектуры в процессе проектирования системы сбора и обработки распределенных данных разбивается на два класса значимости: очень важные – модульность, надежность и стоимость; менее важные – пропускная способность и территориальная распределенность. Для них определяются начальные значения функций принадлежности.

Этап 11. По соответствующей методике рассчитываются значения функций принадлежности для каждого критерия качества с учетом его значимости (важности).

Этап 12. Определяются обобщенные оценки альтернатив и выбирается предпочтительное решение наиболее перспективного варианта архитектуры АСУ, которое подвергается тщательному анализу.

Этап 13. Формируется множество перспективных альтернатив и проводится неформальный анализ, в результате которого рекомендуется одна наилучшая альтернатива построения архитектуры распределенной системы.

Реализация перечисленных этапов обеспечит принятие научно обоснованных проектных решений по созданию эффективной архитектуры АСУ на ранних этапах комплексной автоматизации субъектов хозяйствования. Принятая архитектура системы должна обеспечивать рациональное использование вычислительных и финансовых ресурсов ОУ.

2.1.5. Конфигурация и топология системы

АСУ характеризуется определенной *конфигурацией*, под которой понимается состав, структура, перечень ее компонентов, а также характеристики взаимосвязи между ними. Применение эффективных методов построения и управления конфигурацией КАПС позволяет обеспечить интеграцию всех фаз жизненного цикла системы, определить ее стратегические направления развития, обеспечив согласованную по ресурсам и времени реализацию и успешное ее функционирование.

Конфигурация АСУ должна обеспечивать интеграцию и охват всех иерархически и территориально распределенных АРМ пользователей, необходимые скорости передачи и обработки данных, пропускную способность каналов связи, простоту форм и методов реконфигурации и расширения системы по площади и протяженности, по номенклатуре решаемых задач и информационно-вычислительным услугам. Количество АРМ пользователей обычно определяется наличием управленческих структурных подразделений объекта управления и составом решаемых в них задач.

В связи с переходом от централизованных структур управления к распределенным изменился подход к разработке среды обработки информации (СОИ) и среды передачи данных (СПД), возникла необходимость решения таких первоочередных задач, как структурная организация, аппаратная и программная реализация совместимости ПЭВМ и периферийных устройств на всех уровнях управления сферой хозяйственной деятельности, организация объединения КАПС и ведения распределенных БД.

Топология АСУ определяется способом соединения ее сетевых устройств и АРМ пользователей каналами связи СПД. К связным устройствам относятся узлы коммутации, ретрансляторы, трансиверы (приемо-передатчики) и др. На практике используются пять базовых топологий [6, 20]:

- шинная, образующая единую линию связи, к которой с помощью трансиверов подключаются все узлы;
- кольцевая, образуемая замыканием цепочки (попарных соединений узлов) с подключением АРМ пользователей к ретрансляторам;
- звездообразная, осуществляемая соединением всех узлов с единственным центром, через который проходит весь сетевой трафик;
- древовидная, реализуемая путем соединения нескольких шинных структур с использованием головных ретрансляторов и расщепителей;
- «снежинка», образуемая соединением нескольких радиальных структур.

Основными характеристиками топологий являются надежность, расширяемость (наращиваемость) и производительность [12]. Охарактеризуем основные топологии с точки зрения выбора наиболее рациональной для построения АСУ объектом управления [2, 12].

Шинная топология. В АСУ с шинной топологией все АРМ пользователей подключаются к одному каналу связи с помощью трансиверов и образуют бескорневое дерево. С двух сторон канал оканчивается пассивными терминаторами, которые играют роль поглотителей сообщений, поскольку по своей природе передача сообщений по такой системе является ширококвещательной. Производительность шинных систем определяется несколькими параметрами: методом доступа, полосой пропускания, количеством пользователей, средним и пиковым трафиком, средней длиной сообщений и др. Для получения максимальной производительности необходимо, чтобы отношение времени распространения сигналов по каналу связи к среднему времени передачи сообщений было меньше 5 %. В этом случае для высококачественного кабеля с однородной по электрическим характеристикам длиной 1500 м скорость передачи может достигать нескольких десятков мегабит в секунду.

Шинные сети чувствительны к заземлению канала связи и к подаче на него избыточного по уровню сигнала. Для снижения чувствительности в трансивере необходима некоторая электрическая развязка пользовательской и канальной частей линии связи. Кроме того, шинные системы имеют относительно ограниченные возможности по наращиванию в силу затухания сигналов. Для каждой АСУ, как правило, имеются ограничения как на длину кабеля связи, так и на минимальное расстояние между точками подключения к нему АРМ пользователей.

Звездообразная топология. АСУ со звездообразной топологией, как правило, строятся на основе метода коммутации каналов связи. Пропускная способность такой си-

стемы определяется производительностью центрального узла и нагрузкой, создаваемой АРМ пользователей. Производительность центрального узла оценивается числом коммутируемых соединений между АРМ в секунду и пропускной способностью каналов связи. Расширяемость АСУ ограничивается возможностями центрального узла по подключению каналов связи к АРМ пользователей. Отказ центрального узла вызывает отказ всей системы, но отказы отдельных АРМ не влияют на функционирование исправной части АСУ.

Кольцевая топология. Выделяют два класса кольцевых АСУ – маркерные и слотированные системы. В АСУ с кольцевой топологией АРМ пользователей подключаются к ретрансляторам, связанным в два разнонаправленных кольца. В силу простоты реализации наибольшее распространение получили АСУ с одним кольцом, которое имеет следующие характеристики [4]:

- в каждый момент времени по кольцу передается только одно сообщение;
- маршрутизация сообщений отсутствует;
- за счет указания специального идентификатора в сети легко достигается эффект широковещания.

Производительность АСУ зависит от метода передачи сообщений, реализованного в ретрансляторе. В настоящее время в кольцевых системах достижимая скорость передачи сообщений составляет около 100 Мбит/с. Расширяемость кольцевой АСУ весьма высокая. Однако включение нового ретранслятора увеличивает задержку сигнала АСУ. С точки зрения надежности, самым слабым местом в кольцевых АСУ являются ретрансляторы. В зависимости от вида отказа ретранслятора возможен выход из строя всей сети.

Сравнительная характеристика качественных оценок основных параметров АСУ с рассмотренными топологиями представлена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

№ п/п	Основные характеристики	Качественная оценка характеристик системы с различными топологиями		
		Шинной	Звездообразной	Кольцевой
1	2	3	4	5
1	Пропускная способность	В маркерной шине пропускная способность падает по мере добавления новых узлов. В случайной шине большая пропускная способность при малых спорадических нагрузках, падает при обмене длинными сообщениями в стационарном режиме	Зависит от скорости обработки данных внутренней системой центрального узла	Пропускная способность падает по мере добавления новых узлов
2	Скорость передачи данных по основному каналу	Может достигать 50 Мбит/с и более	Существенно зависит от среды, соединяющей оконечную систему с центральным узлом	Может достигать 10 Мбит/с
3	Реактивность	В маркерной шине время ожидания передачи предсказуемо и зависит от количества узлов. В случайной шине задержка зависит от нагрузки,	При большой нагрузке на запросы передачи информации могут быть заблокированы в центральном узле	Время ожидания предсказуемо и является функцией, зависящей от числа узлов системы

2.1. Характеристика системы, ее принцип действия, структура...

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5
		а при большой нагрузке не предсказуема		
4	Управляемость и устойчивость	Между любой парой оконечных устройств взаимодействие осуществляется на уровне сигналов. В случайной шине различие шума и столкновений предопределяет трудноуправляемость системы	Система легко управляема из центрального узла	Схемы сопряжения оконечных устройств достаточно просты и могут быть оптимизированы под конкретные интерфейсы. Восстановление после отказов требует сложной логики и дополнительной обработки информации
5	Вероятность ошибок на основном канале	Минимальная при использовании волоконно-оптических кабелей, выше при использовании витых пар	Минимальная при использовании волоконно-оптических кабелей, выше при использовании коаксиальных кабелей, еще выше при использовании витых пар	Минимальная при использовании волоконно-оптических кабелей, выше при использовании коаксиальных кабелей, еще выше при использовании витых пар
6	Надежность	Отказы оконечных устройств не влияют на работоспособность остальной	Отказы оконечных устройств не влияют на работоспособность осталь-	Отказ одного оконечного устройства приводит к отказу всей системы

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5
		части системы. Разрыв канала связи выводит из строя всю сеть	ной части сети. Отказ центрального узла делает сеть неработоспособной	Применение радикально-кольцевой топологии с использованием обходных схем позволяет защитить сеть от отказов оконечных устройств
7	Протяженность	Для случайной шины не превышает 2,5 км	Есть ограничения на длину связи оконечных устройств с центральным узлом	Могут быть ограничения на максимальную длину кольца, связанные с джиттером
8	Максимальное число узлов	В случайной шине не превышает 100. В сетях на широкополосных каналах может достигать 1000 и более	Определяется числом портов центрального узла	Обычно не превышает 100
9	Стоимость на одну оконечную систему	Для случайной шины ниже, чем в звездообразной системе, и выше, чем в кольцевой. В широкополосных сетях велики начальные затраты, и поэтому ее стоимость сравнима со стоимостью звездообразной системы	Определяется стоимостью центрального узла, разделяемой между оконечными устройствами	Ниже, чем во всех других топологиях

Выбор и применение для каждого конкретного случая той или иной конфигурации системы обусловлены различными факторами: требуемыми вероятностно-временными характеристиками сообщений; простотой реконфигурации, отключения отказавших и включения восстановленных узлов; надежностью и экономичностью функционирования. Системный анализ различных по конфигурации и топологии АСУ позволил выявить их достоинства и недостатки. Он показал, что в качестве управления объектом целесообразно использовать сеть Ethernet с шинной топологией.

АСУ с шинной топологией свойственны большие скорости обмена данными, необходимая пропускная способность, допустимая вероятность ошибок на основном канале, относительно высокая надежность, использование дешевого и простого оборудования, низкая стоимость подключения оконечного оборудования. Эти качества АСУ с шинной топологией заметно отличают от сетей с другими топологиями, что дает основание рекомендовать ее к широкому применению при информатизации объектов управления.

В перспективе для повышения надежности представляется целесообразным реализовать кольцеобразную структуру с переходом на топологию Ethernet, использующую витую пару в качестве транспортной среды и состоящую из нескольких сегментов. Максимальная длина сегмента 200 м при 20 компьютерах в сегменте. В более длинных сегментах необходимо использовать репитеры и организовать подузлы. Скорость передачи данных такой сети составит 100 Мбит/с. Протоколом обмена может служить TCP/IP, что позволит естественным образом интегрировать инфраструктуру АСУ в глобальную компьютерную сеть Internet с доступом ко всем видам ее сервиса.

Системный анализ санкционирования различных по топологии АСУ позволил выявить их достоинства и недостатки. Кольцевым системам свойственны большие скоро-

сти обмена данными, возможность объединения в сети большого числа (до 250) устройств, высокая надежность и живучесть, использование простого и дешевого оборудования. Кроме того, их достоинствами являются высокая степень модульности и низкая стоимость подключения оконечного оборудования, а также использование в качестве передающей среды специального моноканала (селекции сообщений) вместо маршрутизации. Эти качества кольцевых АСУ заметно отличают их от сетей с другими топологиями, что дает основание рекомендовать широкое применение АСУ с кольцевой топологией.

2.1.6. Функциональная структура системы

Под *функциональной структурой* управления понимается структура, состоящая из функционально-специализированных подразделений и процессов, взаимосвязи между которыми осуществляются с точки зрения задач (функций), решаемых системой. В ней определяется состав, принципы и порядок рабочего взаимодействия всех частей объекта управления.

Функциональная структура объекта управления характеризуется должностными обязанностями отдельных подразделений, его внутренними связями и их влиянием на работу других подразделений и всего субъекта хозяйствования в целом.

В соответствии с принципами системного подхода функциональная структура обычно представляется в виде концептуальной модели, в которой для интеграции отдельных функций в одно общесистемное решение выделяются задачи и подзадачи протекающих процессов в структурных подразделениях. Уточним понятие концептуальной модели, приведенное в 1.1. *Концептуальная модель* представляет собой интегрированную структуру, основанную на принципах непрерывности процесса функционирования

объекта управления, на оценке переменных управления и состояния, его критериев, отражающую обобщенный виртуальный эквивалент хозяйствующего субъекта с оптимальным набором функциональных подразделений (подсистем).

Функциональная структура содержит [30]:

1) перечень, порядок и периодичность выполнения возложенных функций в целом по каждому подразделению, его внутренним звеньям и отдельным должностным лицам.

При этом учитывается:

- количество специалистов и административных сотрудников по подразделениям, их образование, должностные оклады;

- наличие должностных инструкций и различного рода положений о правах и обязанностях отдельных подразделений и должностных лиц, их соответствие требованиям сегодняшнего дня;

- время, затрачиваемое сотрудниками на выполнение отдельных видов работ;

- количество сотрудников высокой квалификации, выполняющих работы, требующие более низкой подготовки;

- недостаточность загрузки дорогостоящей современной вычислительной техники (ВТ) и другого информационного оборудования;

- обеспеченность средствами связи;

- существующие технические средства, применяемые для выполнения основных функций и отдельных видов работ;

2) характеристику и параметры имеющихся технических средств, применяемых для выполнения основных функций и отдельных видов работ, состояние средств ВТ, оргтехники, автоматизации профессионального и административного труда, приборов и оборудования, находящихся в отдельных подразделениях.

При этом для определения областей применения ПЭВМ необходимо выяснить:

- какие работы и процессы целесообразно переложить на ВТ;
- можно ли с помощью ПЭВМ объединить ряд работ;
- информатизация каких процессов дает наибольший эффект;
- какие подготовительные работы необходимы при внедрении ИКТ и их примерную стоимость;
- какие задачи являются типовыми и наиболее быстро переводимы на ПЭВМ;
- какие возможности дает ВТ в получении до сих пор недоступной информации и как это повлияет на качество принимаемых решений.

После получения всех данных выясняются соответствия:

- организационной и функциональной структур управления;
- функциональных обязанностей, предусмотренных в положениях о подразделениях и инструкциях;
- перечня выполняемых работ и целесообразность их передачи в другие подразделения или другим сотрудникам;
- реально выполняемых работ и функциональных обязанностей сотрудников подразделений.

Конкретизируем состав организационной структуры на примере АСУ библиотекой. Цели функционирования библиотечной АСУ достигаются одновременным и последовательным выполнением ряда задач. Таких задач может быть несколько, и решение их составляет содержание процесса функционирования системы и ее подсистем. В результате выполнения задач достигаются промежуточные или конечные цели функционирования АСУ библиотеки.

Обычно задачи решаются в отдельных подсистемах АСУ. Так, например [26, 27]:

в подсистеме комплектования фондов:

- анализ бюллетеней книгообмена и планов издательств на выпуск литературы по профилю комплектования фонда;
- анализ читательского спроса на периодические и непериодические издания;

2.1. Характеристика системы, ее принцип действия, структура...

- подготовка проекта заказа на комплектуемую литературу;
- регистрация новых поступлений литературы;
- подготовка: сведений о непоступивших изданиях; заказа на докомплектование фонда, сведений о результатах сверки на дублетность поступающих изданий;
- получение и предварительная обработка машиночитаемых носителей информации, получаемых из других библиотек и информационных центров;
- ведение каталога на заказанную литературу;
- ведение каталога на комплектуемую информацию на машиночитаемых носителях;
- в подсистеме библиотечной обработки:
- составление каталогизационных описаний поступающих изданий;
- регистрация обработанных изданий и подготовка документов для передачи их в хранилище;
- ведение машинного каталога;
- в подсистеме организации и хранения фондов:
- регистрация выдачи и возврата литературы;
- учет наличия литературы в фонде;
- подготовка сведений об утерянных, списанных и переданных в другие библиотеки изданиях;
- подготовка списков на малоспрашиваемые издания;
- подготовка заказов на переплет литературы;
- адресный поиск и доставка изданий к кафедрам выдачи и обратно в хранилище;
- в подсистеме библиографического информирования:
- подготовка печатных каталогов и указателей новых поступлений, кумулированных изданий (каталогов, указателей и т. п.); сводных печатных каталогов с указателями;
- избирательное распространение информации (оповещение) о новых поступлениях литературы;
- подготовка и тиражирование каталогов и указателей новых поступлений литературы;
- регистрация и ведение массива запросов коллективных и индивидуальных абонементов библиотеки;

в подсистеме библиотечного обслуживания:

- регистрация выдачи-возврата литературы на абонементе и в читальных залах;
- подготовка сведений о литературе, не возвращенной на абонемент, и напоминаний об истечении срока пользования литературой;
- регистрация, сбор данных о читателях и тематика их запросов на абонементе;
- подготовка справок о читателях на абонементе и в читальных залах;
- поиск информации в каталогах по различным признакам и выдача шифров хранения требуемой литературы;
- регистрация выдачи-возврата литературы в читальных залах;
- подготовка сведений о литературе, не возвращенной в читальные залы;
- регистрация, сбор данных о читателях в читальных залах и о тематике их запросов;
- подготовка справок о читателях в читальных залах;
- регистрация выдачи-возврата литературы по межбиблиотечному абонементу (МБА);
- подготовка сведений о литературе, не возвращенной по МБА;
- регистрация и сбор данных об абонементах МБА и тематике их запросов;
- подготовка справок об абонементах МБА;

в подсистеме управления:

- подготовка и выдача справок по каталогу заказа литературы, ее новых поступлений на обработку и по каталогу машиночитаемых носителей информации;
- регистрация и сбор данных о выпуске печатных каталогов, указателей, кумулятивных изданий;
- подготовка и выдача справок о выпуске печатных каталогов, указателей и кумулятивных изданий;
- статистическая обработка учетно-ответных данных о работе библиотеки;

- подготовка и выдача справок о работе библиотеки по учетно-отчетным данным;
- ведение каталога штатных сотрудников библиотеки и выдача по ним справок;
- регистрация и сбор плановых и бухгалтерских учетно-отчетных данных;
- подготовка и выдача справок по плановым и бухгалтерским учетно-ответным данным, а также сведений о поставщиках литературы, по финансовым расчетам с ними, справок о библиотечном обслуживании (сроках и количестве обслуживаний, удовлетворенных и неудовлетворенных запросах и др.);
- подготовка решений по текущей деятельности библиотеки и планированию ее деятельности, а также рекомендаций по управлению библиотекой (по комплектованию и размещению фондов, обслуживанию читателей, движению кадров и др.).

В процессе изучения и построения функциональной структуры управления и анализа полученных результатов определяются излишние связи, дублирование выполняемых функций, производятся окончательное уточнение границ объекта управления и оценка их соответствия поставленным целям и вытекающим из них задачам.

2.1.7. Организационная структура системы

Организационная структура управления характеризует взаимоотношения функциональных подразделений, протекающих процессов и должностных лиц, распределение обязанностей, полномочий и ответственности между ними. Кроме того, она раскрывает взаимосвязи между отдельными подразделениями внутри субъекта управления и внешней окружающей средой с точки зрения использования всевозможных ресурсов. Организационная структура и механизм взаимодействия ее компонентов во всем многообразии их проявлений образуют организационные формы управления.

Организационная структура управления субъектом хозяйствования характеризуется ее структурной схемой. При этом определяются особенности организационной структуры, выясняются уровни ее иерархии, анализируется возможность объединения (разделения) отдельных подразделений и процессов.

Так, в библиотечной деятельности в зависимости от масштаба деятельности АСУ различают локальную (в масштабе библиотеки) и распределенную (в масштабе сети библиотек) организационные структуры. Организационная структура характеризует и раскрывает взаимосвязи между отдельными подсистемами и окружающей средой с точки зрения использования ресурсов.

В *локальной* организационной структуре, как правило, представлены следующие подразделения [30]:

1) предмашинной технической и смысловой обработки поступающей информации (учет, регистрация, отсеивание дублетов, индексирование, библиографическое описание);

2) библиотечное хранилище, обеспечивающее комплектование, сохранность фонда первоисточников и выдачу литературы;

3) вычислительный центр, осуществляющий подготовку машиночитаемых носителей, формирование и хранение баз данных, их машинную обработку и поиск информации;

4) обслуживающее подразделение, занимающееся сбором запросов от потребителей и доведением до них результатов функционирования АСУ (оповещения ИРИ, библиографические справки, информационные издания, первоисточники, машиночитаемые базы данных);

5) редакционно-издательское подразделение, обеспечивающее редакционную подготовку, корректорскую правку, оформление и рассылку изданий;

6) полиграфическая база, осуществляющая микрофильмирование, полноформатное копирование и тиражирование документов с помощью копировально-множительной техники.

Особое место в организационной структуре АСУ занимает диспетчерская группа, контролирующая установлен-

ную последовательность технологических процессов, а также научно-исследовательское подразделение развития, изучающее пути и средства совершенствования системы.

Распределенная организационная структура может быть получена двумя способами [28]:

1) распределением подсистем сбора, обработки и ввода информации, которое заключается в кооперативном разделении труда между учреждениями, входящими в структуру системы;

2) распределением подсистемы хранения и поиска, которое приводит к организации распределенной БД.

Сочетание этих двух способов позволяет получить четыре вида организационных структур:

1) централизация обработки и ввода + локальная БД;

2) централизация обработки и ввода + распределенная БД;

3) децентрализация обработки и ввода + локальная БД;

4) децентрализация обработки и ввода + распределенная БД.

Алгоритмических процедур перехода от иерархии целей непосредственно к организационной структуре не существует, поскольку цели являются лишь одним из факторов формирования организационной структуры управления. Но четко сформулированная иерархия целей может быть использована при построении организационной структуры АСУ по следующим основным направлениям [26, 28].

1. Рассмотрение хозяйствующих субъектов и их объединений как многоцелевых систем, ориентированных на достижение поставленных (производственных, экономических, научно-технических) целей.

2. Выделение основных крупных служб в организационной структуре субъекта хозяйствования, где каждая служба ориентируется на достижение более или менее однородных по своему характеру целей, а вся структура АСУ направлена на достижение конечной цели.

3. Проверка однородности целей, стоящих перед каждым подразделением, соблюдение одинаковой ответственности

ности за реализацию одной и той же цели разными подразделениями, а также устранение дублирования целей.

4. Установление рациональных организационных связей АСУ и определение требований к механизмам организационной координации, исходя из взаимосвязанности целей.

Исходя из результатов анализа реальных целей субъектов хозяйствования, важно установить рациональное соотношение линейно-функциональной и программно-целевой ориентации структур АСУ. Можно сформулировать некоторые положения, определяющие соответствие целей системы и ее организационной структуры.

В частности, при наличии нескольких стабильных и равнозначных целей основой организации управления протекающими процессами, как правило, является линейно-функциональная структура. В случае устойчивой диверсификации (номенклатурного разнообразия) производственных целей, сопровождающейся ярко выраженной предметной специализацией отделов субъекта хозяйствования, и складывающимся требованиям более всего удовлетворяет дивизиональная (основанная на выделении отдельных подразделений) модификация линейно-функциональной структуры АСУ или ее сочетание с формами программно-целевого управления.

2.1.8. Автоматизированная система как человеко-машинный комплекс

АСУ, используемые в области управления производственно-хозяйственной, организационно-экономической и административно-деловой деятельностью субъектов хозяйствования представляют собой сложные эргатические человеко-машинные комплексы (ЧМК), основными компонентами которых являются пользователь (или группа пользователей), методы управления и КАПС обработки и передачи информации. В процессе разработки АСУ необ-

ходимо учитывать иерархический уровень пользователя и его роль в принятии управленческих решений, способы взаимодействия с системой и степень взаимозависимости лиц, участвующих в процессе управления.

В зависимости от того, каким образом человек получает информацию от АСУ, возможны следующие *режимы* (способы) взаимодействия пользователя с системой [6]:

- терминальный режим – пользователь интерактивно работает непосредственно с информационной системой управления, формулирует запросы к ней, получает и интерпретирует ответы и использует их в процессе принятия решений и/или для поиска дополнительной информации;

- режим клерка – пользователь чаще работает с системой, когда осуществляется не прямой доступ к ее вычислительным ресурсам. Пользователь формирует запросы, которые затем обрабатываются с использованием кодируемых форм;

- режим посредника – пользователь использует систему через посредников, которые, получив запросы, формализуют их и с помощью АСУ производят анализ проблемы, фильтруют и интерпретируют выдаваемые результаты;

- режим «на подпись» – пользователь получает стандартные, часто повторяющиеся сообщения, которые автоматически, без специального запроса, генерируются системой. При этом пользователь использует выдаваемую системой информацию совместно с информацией, получаемой от других источников.

Традиционно изучение, создание и реализация ЧМК условно отделяют пользователя и рассматривают лишь техническую (аппаратно-программную) составляющую АСУ. Таким путем осуществляются формирование требований, разработка и проектирование ЧМК. Упоминание в этом контексте ЧМК предполагает наряду с решением кибернетических проблем особое внимание уделить человеческому фактору и рассмотрению вопросов эргономики, инженерной психологии и т. п.

Общими *кибернетическими* принципами построения управляющих ЧМК можно назвать [6]:

- необходимость знания целей управления;
- наличие альтернативных путей достижения поставленной цели;
- наличие возможности оценки степени приближения к цели управления;
- требование максимальной простоты структуры с минимальным количеством уровней и циклов управления;
- способность изменения параметров, структуры системы и законов ее функционирования в соответствии с накопленным опытом, меняющимися целями и условиями.

Эргонометрические принципы построения управляющих ЧМК обеспечивают эффективную деятельность пользователей в условиях функционирования организационно-экономических, производственно-хозяйствующих и других процессов, обеспечивая оптимизацию методов и условий принятия управленческих решений. Эргономика предъявляет определенные требования к количеству и качеству информации, предоставляемой пользователям, и предполагает создание информационной модели, адекватной реально сложившейся производственно-экономической ситуации. Информация, предоставляемая для пользователей, должна быть наглядной и подаваться в объеме, пригодном для восприятия человеком, и в те периоды времени, когда в этом есть производственная необходимость.

Основные задачи инженерной *психологии* при разработке ЧМК в производственно-экономической деятельности субъекта хозяйствования включают в себя [6]:

- анализ функции пользователей в системе, изучение структуры и классификацию различных видов хозяйственной и управленческой деятельности пользователей;
- изучение процессов приема, восприятия и преобразования информации пользователем о состоянии объекта управления;
- разработку принципов построения АРМ пользователей, процессов переработки и хранения информации;

- изучение влияния психологических факторов на эффективность функционирования ЧМК;
- инженерно-психологическое проектирование ЧМК и оценку эффективности его работы по результатам решения предыдущих производственных и управленческих задач;
- разработку принципов и методов профессиональной подготовки руководителей и аппарата управления к работе в условиях широкого применения информационно-коммуникационной технологии (ИКТ).

Инженерная психология призвана ответить на следующие вопросы:

- Что может и чего не может делать пользователь, какова его роль в ЧМК управления?
- Какие функции пользователь должен выполнять непосредственно, какие с помощью КАПС обработки и передачи информации, а какие должны быть полностью переданы ВТ?
- Как обеспечить необходимую эффективность и надежность работы пользователя?

Используя инженерно-психологические методы при разработке, проектировании и создании ЧМК, представляется возможным осуществить эффективное и рациональное распределение функций между пользователем и КАПС ВТ, произвести оптимальное согласование характеристик человеческого звена системы с ее техническими средствами. Оптимальное распределение функций между пользователем и ПЭВМ обычно определяется такими факторами, как конкретные условия и особенности автоматизируемых процессов, наличие и тип применяемых ПЭВМ, психофизиологические параметры (характеристики органов восприятия информации, центральной нервной системы и исполнительных органов) и особенности пользователя и его техническая подготовленность работать в условиях комплексной информатизации субъектов хозяйствования. Эргатическая система описывается на различных уровнях абстракции – информационном, логическом, эвристическом и др. Пользователь как один из значимых элементов ЧМК должен быть описан на том же уровне абстракции.

Не располагая достаточно полными и точными сведениями о характеристиках и возможностях пользователя, как неотъемлемого звена ЧМК организационно-экономического управления, задача создания требуемого доброжелательного интерфейса между пользователем и ВТ представляется достаточно сложной. Из актуальнейшей необходимости теоретического и практического решений проблемы обеспечения симбиоза пользователя и ВТ диктуется союз технических и психофизиологических наук при создании ЧМК управления. Поэтому при синтезе эргатических систем используют сочетание аналитических и неформальных методов. Первые определяют функциональную структуру ЧМК, постановку задач и методы их решения, роль и обязанности пользователей.

В ЧМК пользователь является его активным звеном, выполняющим ряд функциональных обязанностей:

- сбор, анализ и оценку поступающей информации;
- принятие решений по координации работы отдельных подсистем с внешней окружающей средой по результатам анализа информации;
- реализацию и контроль за исполнением принятого управленческого решения;
- управление в нештатных ситуациях и при отказах;
- обеспечение адаптивности путем модернизации системы и ее развития;
- совершенствование системы на основе прогнозирования.

В то же время пользователь обладает гибкостью поведения и действий. Обладая эвристическими возможностями, используя накопленный опыт, творчество и интуицию, пользователь может работать без жестких алгоритмов, восстанавливать недостающую информацию, предвидеть ход событий и изменять характер действий в принимаемых организационно-экономических и административно-хозяйственных решениях.

Эффективность выполнения функций, возложенных на пользователя, значительно повышается при работе в составе ЧМК, в которой ЭВМ обеспечивает:

- высокие быстродействие и точность обработки информации и производства вычислений;
- долговременное и надежное хранение исходной и промежуточной информации с использованием ее в любой момент времени;
- более быстрое и качественное выполнение монотонных рутинных, точно запрограммированных операций;
- сохранение высокой работоспособности в течение длительного времени;
- возможность функционирования в широком диапазоне изменений внутренних и внешних возмущающих воздействий.

В целом ЧМК, включающий человеческий фактор и КАПС обработки и передачи информации, выполненный в виде АСУ, объединяет достоинства и возможности пользователя и ВТ. Наибольший эффект функционирования ЧМК может быть достигнут за счет оптимального сочетания характеристик пользователя и ПЭВМ при их взаимодействии. На рис. 2.3 показаны основные качества пользователя и ЭВМ, которые закладываются в основу построения АСУ, и требуемые качества самой информационной системы как ЧМК.

Пользователь субъективен в оценке функционирования ЧМК. Работая над созданием системы и занимаясь ее эксплуатацией, человек оценивает не только ограничения, помехи и противоборствующие факторы, но и специфические трансформации и деформации производственно-хозяйственных задач, придавая оценкам личностную окраску. Основное влияние на работу пользователя оказывают технические характеристики АСУ, его психофизиологическое состояние и внешние условия. При фиксированных значениях указанных факторов эффективность работы пользователя является функцией времени и зависит от предельных возможностей организма и уровня эмоционально-волевого напряжения.



Рис. 2.3

Соотношение информационной и управляющей функций пользователя во многом зависит от режима его работы. Практически пользователь работает либо в условиях информационной перегрузки, либо недогрузки. Оба режима характеризуются высокой ответственностью пользователя за результаты и последствия принятого решения. Блок-схема взаимодействия ЛПР, субъекта хозяйствования и управляющего устройства в АСУ, работающей в режиме СППР, представлена на рис. 2.4.

В эволюции соотношений между эффективностью работы пользователя, предельными возможностями его организма и эмоционально-волевым напряжением можно наметить семь *периодов*.

1. Вработываемости, при котором увеличивается уровень предельных возможностей организма и нарастает эффективность работы.

2. Оптимального уровня предела возможностей организма, при котором эффективность работы и волевые усилия относительно стабильны.

3. Легкого утомления, при котором уровень предельных возможностей организма несколько снижается, однако усилием воли эффективность работы сохраняется прежней.

4. Сильного утомления, при котором уровень предельных возможностей организма падает, волевое напряжение непрерывно изменяется, в результате чего нарушается стабильность эффективности работы.

5. Переутомления, при котором эффективность работы может быть поддержана на требуемом уровне лишь при значительном волевом усилии.

6. Прогрессивного снижения эффективности работы, при котором уровень предельных возможностей организма все же выше уровня эффективности.

7. Невозможности дальнейшей работы.

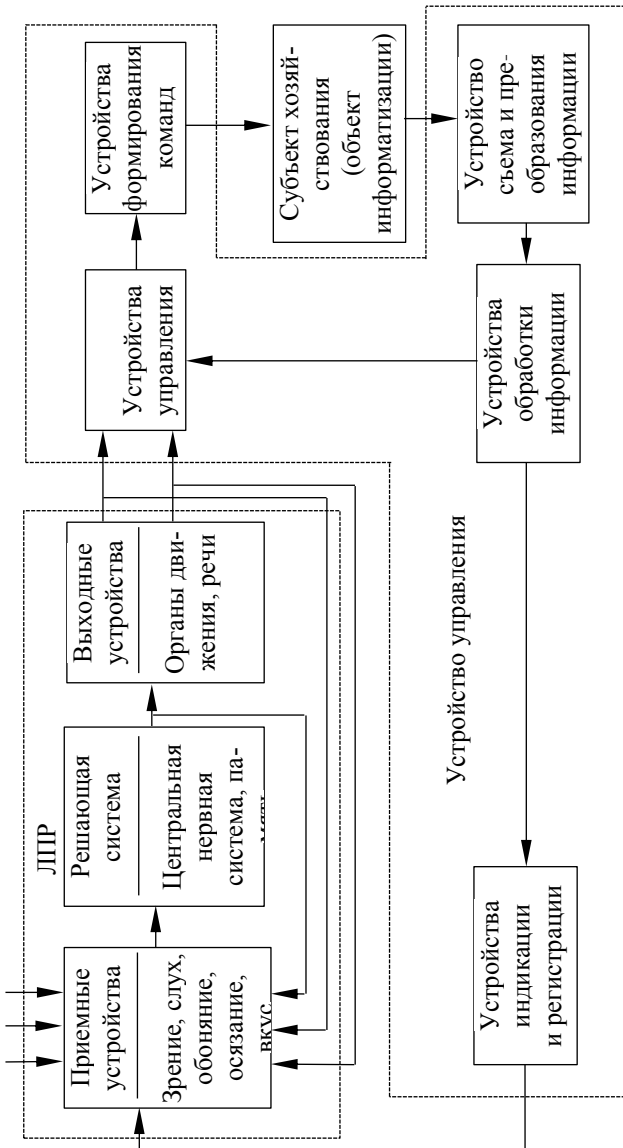


Рис. 2.4

Эффективность работы пользователя характеризуется допускаемыми погрешностями и оперативностью выполнения своих функциональных обязанностей и оценивается вероятностью безошибочной работы с заданной скоростью проведения операций. В зависимости от режима работы пользователя можно по-разному ставить конкретные задачи построения КАПС и подготовки пользователей АСУ. В условиях информационной перегрузки желательно как можно больше увеличить второй из рассмотренных периодов, а в условиях информационной недогрузки – как можно более сжать первый.

В сфере управления принято выделять высший, средний и низший уровни иерархической структуры. Наиболее распространенной точкой зрения является то, что АСУ, работающая в режиме системы поддержки принятия решений (СППР), предназначены для руководителей высшего и среднего звеньев административной иерархии, т. е. для тех лиц, деятельность которых непосредственно связана с принятием управленческих решений. Однако руководители высшего эшелона чаще выступают как лица, ратифицирующие предложения, подготовленные их сотрудниками, которые формируют альтернативы и готовят обоснование для выбора наиболее рационального решения. Видимо, поэтому руководители высшего уровня редко оказываются среди конечных пользователей СППР. В этой связи в качестве ЛПР необходимо рассматривать и лиц, которые заинтересованы в разрешении возникшей проблемы и предлагают альтернативные пути ликвидации конфликтной ситуации. В их числе могут быть руководители субъектов хозяйствования, эксперты – специалисты в конкретных прикладных областях деятельности, аналитики и сотрудники административного аппарата.

СППР по степени зависимости лиц, участвующих в процессе управления субъектом хозяйствования, можно разделить на три класса. При этом предполагается, что управление протекающими процессами производится:

- независимо, когда пользователь несет полную ответственность и обладает всей полнотой власти, чтобы самостоятельно принять решение и обеспечить его реализацию;
- зависимо, когда решение принимается в результате обсуждения и взаимодействия группы пользователей, связанных между собой общей целью;
- последовательно-зависимо, когда пользователь принимает только часть решения, которое затем передается другому.

Исходя из этого, выделяются автоматизированные СППР персональной, групповой и организационной поддержки. Первые предназначены для поддержки индивидуальных решений отдельных ЛПР, вторые – для поддержки переговорных процессов между ЛПР, третьи – для поддержки организационных мероприятий при планировании и управлении основными видами деятельности хозяйствующих субъектов.

2.1.9. Классификация автоматизированных систем по выполняемым функциям

Основными классификационными признаками АСУ являются цель функционирования и уровень их автоматизации [8]. По этим признакам АСУ подразделяются на информационно-справочные, информационно-аналитические и информационно-решающие. Классификационная схема с указанием взаимных связей представлена на рис. 2.5, на котором горизонтальными линиями обозначены взаимоотношения между типами и классами систем, а вертикальными – иерархические отношения их видов (от простого к сложному).

1. **Информационно-справочные системы.** Эти АСУ в результате решения задач, не связанных с выработкой качественно новой информации, позволяют производить учет информации об объекте (учетные), устанавливать ее количественные характеристики (статистические), отражать изменения в состоянии отдельных производственных про-

2.1. Характеристика системы, ее принцип действия, структура...

цессов (следающие). Между отдельными классами информационно-справочных систем существует определенная зависимость: учетные являются исходной базой создания статистических, а последние – следящих, которые наряду с решением специфических могут также решать задачи статистического и учетного характера. В свою очередь, статистические АСУ могут выдавать не только статистическую информацию, но и учетную.

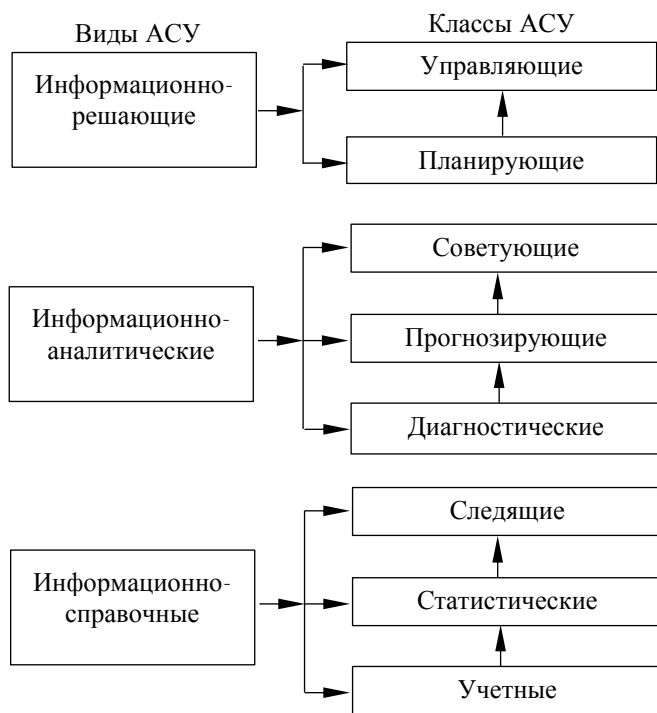


Рис. 2.5

В структуру информационно-справочных систем включается банк данных, в котором накапливается необходимая фактографическая информация. В этих системах на ЭВМ

возлагаются функции сбора, обработки и группировки информации по определенным показателям; хранения, накопления, обновления, корректировки и выдачи данных о состоянии и ходе производственных процессов по запросам сотрудников управления. Функции оператора сводятся к анализу получаемой информации, выработке альтернатив, их оценке и отбору наиболее эффективных, а также принятию решений по управлению субъектом хозяйствования.

Специфика решаемых задач в информационно-справочных АСУ такова, что оператор работает с ЭВМ в запросно-ответном режиме, при котором справки выдаются в пределах заданной программы машинной обработки. При этом аппарат управления освобождается от рутинной ручной работы по обсчету больших массивов информации. Этот процесс ускоряется, происходят упорядочение и унификация форм, реквизитов документации. Недостатком этих систем является ограниченность числа контролируемых ими параметров. Указывая причину неполадок, они не дают рекомендаций по их устранению. Информационно-справочные системы, ликвидируя ручной труд, не затрагивают вопросы реализации скрытых резервов. Отсутствие методов оптимизации не позволяет поддерживать наиболее рациональные режимы производственных процессов и прогнозирование их дальнейшего развития. Уровень этих систем не отвечает требованиям системного подхода в части методов и показателей, используемых при управлении, масштабов преобразования информации, совместимости комплекса технических средств (КТС) и программно-математического обеспечения.

2. Информационно-аналитические системы. Эти АСУ на основе качественного преобразования исходных данных обеспечивают подготовку диагноза (диагностические), прогноза (прогнозирующие) или варианта решения (советующие). Так же как и в предыдущем случае, здесь каждый последующий подкласс АСУ основан на предыдущем и решает его задачи. В этих системах ЭВМ выполняет все функции

информационно-справочных систем и ряд дополнительных – выработку альтернатив, их сравнительную оценку и выдачу предложений и рекомендаций по управлению производственными процессами. За оператором остаются окончательный выбор одной из альтернатив и принятие решения по управлению.

В информационно-аналитических системах оператор непосредственно обращается с ЭВМ, «проигрывая» ту или иную ситуацию, изменяя исходные данные, параметры, модели и сложившиеся производственные условия и выбирая наиболее устойчивое рациональное решение. При этом происходит перераспределение решаемых задач в сторону увеличения оптимизационного и прогностического характера, что раскрывает дополнительные ресурсы, обеспечивает оператора прогнозной информацией о функционировании протекающих процессов и возможных последствиях их развития. Все это в значительной степени облегчает процесс принятия решения. С помощью этих систем разрабатываются планы и графики работ отделов и участков ОУ. К ним относятся, например, системы оперативного управления ОУ и его процессами.

3. **Информационно-решающие системы.** Эти АСУ на базе исходных данных вырабатывают новую информацию в форме решения и тем самым осуществляют одну из высших форм управления производственными процессами. Наиболее часто встречаются системы планирования и управления. Задачей планирующих АСУ является подготовка перспективного или оперативного плана. Управляющие системы формируют предписание-рекомендацию и команды по управлению хозяйственным субъектом.

В структуру информационно-решающих систем входят самонастраивающиеся и самообучающиеся блоки, которые обеспечивают разумный выбор ее функционирования. В основу выбора положены оценки производственных ситуаций по принятым критериям, а также неформальные соображения, руководствоваться которыми может лишь

человек. В машинных программах, таких как АСУ, предусмотрены случаи отклонений производственных процессов от заданных условий и действия (команды), которые необходимо принять для приведения их в требуемое состояние.

В этих системах ЭВМ выполняет все функции информационно-аналитических систем и дополнительно осуществляет принятие решений и их исполнение, в ряде часто повторяющихся типовых ситуаций обеспечивает контроль за их выполнением. Функции оператора сводятся к формулировке целевых и критериальных функций, а также к принятию решений в нетривиальных производственных ситуациях. Работа таких систем происходит в диалоговом режиме. При этом почти все задачи (~90 %) решаются оптимизационными методами.

Как видно из вышеизложенного, в рассмотренных классах АСУ уровень автоматизации производственных процессов, определяемый долей ручного труда оператора, различен. Информационно-справочные системы характеризуются наименьшим уровнем автоматизации, а информационно-решающие – наибольшим. Одной из основных задач, решаемых при построении АСУ, является задача оптимального распределения функций между человеком и ЭВМ, которая определяется обычно такими факторами, как конкретные условия и особенности автоматизируемых производственных процессов, наличие и тип применяемой ЭВМ, психофизиологические особенности оператора и его техническая подготовленность работать в условиях комплексной автоматизации и т. п.

При определении оптимального уровня автоматизации конкретного ОУ необходимо учитывать не только существующие в настоящее время требования к производственным процессам и техническим средствам их комплексной автоматизации на базе ЭВМ, но и перспективы их развития. Все это позволит в дальнейшем обеспечить возможность наращивания функций, выполняемых АСУ. Кроме того, уровень автоматизации производственных процессов должен определяться экономической целесообразностью внедрения КТС.

2.1.10. Классификация автоматизированных систем по степени централизации

Из практики организации и построения сложных систем управления системный подход заимствует кибернетические принципы централизации и децентрализации. В соответствии с этими принципами физические системы могут быть выполнены с централизованной или децентрализованной функциональной структурой. Возможно и комбинирование указанных принципов, в результате которого возникают сложные системы с частично-децентрализованной структурой функционирования. Таким образом, по степени централизации могут иметь место три варианта структур системы. В конкретных условиях функционирования АСУ структура КТС может включать фрагменты всех трех перечисленных структур.

1. **Централизованная структура.** Представляет собой одноуровневую структуру управления, при которой реализация всех процессов осуществляется в едином центральном органе управления. Централизация вычислительных и управленческих функций позволяет достаточно просто организовать информационное взаимодействие с объектами и создает возможность прямого управления ходом протекающих процессов.

При централизованной структуре построения системы одна подсистема является доминирующей, и она управляет работой всех других подсистем. В системе централизованного функционирования все сигналы с объектов и внешние воздействия поступают в центральное управляющее устройство (ЦУУ), в котором производятся обработка информации о ходе протекающих процессов и формирование команд на изменение режимов работ отдельных подсистем. Небольшие изменения в ЦУУ вызывают значительные изменения в остальных подсистемах.

Централизованная структура АСУ обеспечивает полный цикл переработки информации, включающий четыре

этапа: сбор, регистрацию, передачу данных; подготовку информации к машинной обработке; непосредственную машинную обработку производственной информации; доведение (отображение, регистрация) выходной информации до управленческого персонала для принятия решений. КТС современных АСУ отличаются разнообразием по составу технических средств, их компоновке и структуре. В самом общем виде структура КТС состоит из следующих групп оборудования [5]:

- вычислительной системы, объединяющей ЭВМ и другие технические средства информационно-вычислительного центра (ИВЦ), выполняющей функции: эксплуатации и обслуживания вычислительной техники вспомогательного и периферийного оборудования; программирования, отладки, апробирования программ и решения задач на ЭВМ; тиражирования и выдачи необходимых результатов обработки информации;

- периферийных устройств, с помощью которых осуществляются ввод, вывод и хранение информации для центрального процессора ЭВМ, установленных в производственных и управленческих подразделениях субъекта хозяйствования;

- вспомогательных устройств, включающих контрольно-измерительную и наладочную аппаратуру, систему электропитания, ремонтное оборудование, предназначенных для обслуживания и поддержания основного оборудования ИВЦ в работоспособном состоянии.

Построение сложных управляющих систем по принципу централизации выполняемых функций, полностью отвечающему системным требованиям, имеет свои достоинства и недостатки. *Достоинства* рассматриваемого принципа определяются такими обстоятельствами, как [6]:

- сосредоточение в одном месте всей информации об объектах, что дает возможность наиболее полно и правильно оценивать общий ход протекающих процессов и принимать наиболее рациональные решения по их корректировке в любой сложившейся ситуации;

- объединение всех задач на одной технической базе, обеспечивающей реализацию функциональных алгоритмов и программ на одних и тех же аппаратных средствах центрального управляющего устройства (ЦУУ), что повышает эффективность работы системы за счет перераспределения ресурсов между задачами и учета результатов решения каждой из них при реализации других;

- применение единых технических средств, что дает возможность уменьшить аппаратные затраты и повысить эффективность построения и использования технического обеспечения (ТО) системы. При наличии значительного количества (более 50) контуров управления применение централизованной структуры экономически оправдано и целесообразно.

Вместе с тем, из-за взаимовлияния решаемых задач принципу централизованного построения систем присущи **недостатки** [6]:

- концентрация большого объема информации в одном месте создает проблемы ее эффективной обработки, анализа и принятия решений. Если эта проблема не решена или решена не полностью, то многие воздействия из ЦУУ будут поступать к объектам с большим запаздыванием, что не может не отразиться на качестве работы системы в целом;

- централизованная структура недостаточно совершенна с точки зрения ее управляемости, так как при возможных нарушениях связей между отдельными процессами, лишенными самостоятельных органов управления, дальнейший ход функционирования системы непредсказуем и может принять патологический характер;

- централизация в известной мере снижает надежность и живучесть системы, поскольку выход из строя ЦУУ нарушает работу всех функционирующих процессов. Чем шире охват объектов, тем с большей остротой возникает проблема надежности функционирования сложных АСУ. При создании централизованных систем недостаточно рас-

считать обычно применяемые критерии надежности; необходим глубокий анализ последствий выхода из строя компонентов системы или отдельных ее узлов;

- чрезмерная централизация предопределяет возрастание мощности информационных потоков, связывающих ЦУУ с периферийными подсистемами, что значительно удорожает процессы передачи, переработки и хранения данных;
- централизованная структура значительно затрудняет модернизацию системы в процессе ее развития.

2. Децентрализованная структура. При децентрализованном построении системы вертикальные связи между функциональными подсистемами отсутствуют. В этом случае решения по определенным комплексам задач принимаются путем координации действий по горизонтальным связям между процессами с помощью автономной группы технических средств. Следует заметить, что системы, выполненные на основе децентрализованных структур, не в полной мере отвечают системным требованиям. Они используют функциональный подход, системы строятся по отдельным информационным функциям, что копирует сложившуюся традиционную схему ручного управления и в общем случае малоэффективны.

Эта структура выполняется на базе общей территориально-распределенной среды передачи данных и обеспечивает физическую полновязанность всех компонентов, обмен информацией между ними, простоту конфигурации. Система обеспечивает необходимый интерфейс для сопряжения ЭВМ различных типов, высокую скорость межмашинного обмена данными, а также, при необходимости, позволяют осуществить перераспределение вычислительных ресурсов в АСУ.

К *достоинствам* децентрализованного принципа управления можно отнести [6]:

- рассредоточение и приближение информационно-вычислительных ресурсов к их потребителям, что позволяет

наиболее полно и эффективно обеспечивать функционирование протекающих процессов, повышать технико-экономические показатели АСУ в целом;

- высокие надежность и живучесть системы, ее устойчивость к воздействию неисправностей. При выходе из строя технических средств какой-либо подсистемы прекращается решение только одной группы задач; остальные продолжают выполняться в других подсистемах;

- удобство отладки всей системы. При этом все подсистемы можно регулировать одновременно, что сокращает время настройки системы в целом до минимума, определенного максимальным временем отладки одной подсистемы;

- относительная простота модернизации и развития системы. Отдельные морально устаревшие подсистемы могут быть без труда заменены, а система в целом легко наращивается другими функциональными подсистемами.

В то же время рассматриваемому принципу свойственны *недостатки* [6]:

- отсутствие вертикальных связей между подсистемами не позволяет учитывать результаты решения одной группы задач при выполнении других, исключить дублирование технических средств отдельных подсистем;

- взаимные согласования и передачи результатов обработки информации между подсистемами вызывают дополнительные потери времени и ресурсов. Последние затруднительно рационально перераспределить при изменении условий функционирования отдельных подсистем;

- низкая эффективность использования технических средств за счет их дублирования в локальных подсистемах.

3. **Частично-децентрализованная структура.** Принципиальные недостатки систем, обусловленные излишней централизацией и децентрализацией, устраняются за счет передачи некоторых функций, связанных с обработкой информации и принятием решений, в локальные подсистемы.

В этом случае образуется частично-децентрализованная структура, представляющая собой сочетание первых двух типов структур с несколькими уровнями иерархии. При этом функции управления разделяются между центральным органом управления, который обеспечивает координацию и решение задач по хозяйственному субъекту и локальным органам управления, управляющими производственной деятельностью отдельных подразделений. Подобная частичная децентрализация управленческих и вычислительных функций между подсистемами и АСУ в целом способствует рациональному распределению всех решаемых задач по уровням иерархии и создает предпосылки оптимального управления.

В рассматриваемой структуре управления задачи группируются и распределяются по уровням следующим образом: нижний уровень – прямое воздействие на объект, второй – координация процессов решения задач нижнего уровня, третий – оптимизация процесса функционирования системы, четвертый – ее адаптация, пятый – самообучение. В реальных системах с частично-децентрализованной структурой обычно реализуется не более трех-четырёх уровней управления, на которых реализуются большинство принимаемых решений [6].

При построении частично-децентрализованных структур на стадиях композиции и структуризации сложных систем возникает проблема правильного выбора соотношения между централизацией и децентрализацией функции и решаемых задач. Для решения этой проблемы в настоящее время не имеется продуктивных формальных процедур, что приводит к необходимости применения методов неформального анализа. Определение соотношения «централизация – децентрализация» может быть осуществлено методами сравнительной оценки эффективности. При этом устанавливаются формы централизованного контроля и степень их применимости в данной конкретной системе.

Другая, не менее важная проблема, возникающая при создании АСУ, состоит в разработке и реализации унифицированного иерархически упорядоченного набора протоколов и интерфейсов для связи разнородных больших, мини-, микроЭВМ, а также ПЭВМ и программируемых устройств управления оборудованием в единую общесистемную вычислительную среду.

В настоящее время иерархическая структура КТС АСУ, объединяющая *достоинства* централизованного и децентрализованного методов управления, является самой распространенной. Это объясняется соответствием топологии АСУ функциональной структуре управления, относительной простотой аппаратной и программной реализации, а также возможностью использования серийно выпускаемого коммутационного оборудования, устойчивого к воздействию неисправностей [6].

Несмотря на относительную простоту организации иерархических структур КТС, не требующих управления маршрутизацией сообщений (маршруты и связи фиксированы), в то же время системы имеют ряд *недостатков*. К ним относятся большие затраты на каналы связи обмена информацией и коммутационное оборудование, а также трудности наладки иерархической АСУ. К недостаткам также следует отнести увеличение тяжести последствий при отказах на более высоких уровнях управления, вплоть до отказа всей системы при нарушении функционирования ее самого верхнего уровня иерархии. Применение этой структуры отвечает системным требованиям и является перспективным для повышения качества, надежности и экономичности управления протекающими процессами.

2.2. Подсистема как основная структурная единица системы

2.2.1. Понятие и характеристика подсистемы

Из определения АСУ следует, что ее можно представить подразделенной на отдельные части, которые называются подсистемами. Каждая подсистема состоит из упорядоченной совокупности элементов, имеющих свою постоянную структуру. Подсистема представляет собой выделенное из системы по определенному принципу или правилу целенаправленное подмножество взаимосвязанных элементов любой природы, объединенных единым процессом функционирования, которые, взаимодействуя между собой, реализуют определенную функцию, необходимую для достижения цели, поставленной перед системой в целом. Понятие «подсистема» обладает свойством функциональной полноты, так как ей присущи все свойства системы, формально представляемые категориями входа, выхода и состояния. Из множества выходов и состояний обычно выделяют подмножество доминирующих пар, определяющих функциональную сущность объединяемых элементов. Таким образом, подсистема представляет собой целостный объект в рамках некоторой исходной системы.

Каждая подсистема имеет определенные свойства – *атрибуты*. Атрибуты подсистем играют основную роль в системе с точки зрения формирования системных связей и приобретения самими подсистемами качества составной части системы. Они могут быть классифицированы на три вида [2, 25]:

– системно образующие атрибуты, характеризующие свойства, которые присущи подсистемам независимо от их присутствия в системе, но участвующие в формировании системных связей;

- системно приобретенные атрибуты, определяющие свойства, которыми наделяет подсистему сама система;
- системно нейтральные атрибуты, характеризующие свойства подсистем, которые несущественны в рамках данной системы.

Системно приобретенные атрибуты определяют сам факт наличия системы как целостного объекта, и поэтому их иногда называют существенными переменными АСУ. В частности, понятие устойчивости системы тесно связано с такой ее характеристикой, как способность к удержанию значений системно приобретенных атрибутов в областях их допустимых значений. Получение подсистемой недопустимого значения для любого из свойств системно приобретенных атрибутов может интерпретироваться как разрушение всей исходной системы или как ее преобразование в другую.

Подсистемы и их атрибуты в любой системе задаются цепочками символов, имеющих значения числовых, логических и нечетких переменных. Для каждой подсистемы и для каждого ее атрибута в системе S явно определяется множество допустимых значений, входящее в описание конкретного атрибута этой подсистемы. Совокупность определенных значений всех конкретных атрибутов некоторой подсистемы называется состоянием подсистемы. Декартово же произведение множеств допустимых значений всех конкретных атрибутов подсистемы называется пространством ее состояний.

Каждую из выделенных подсистем можно, в свою очередь, делить на более мелкие подсистемы, полученные – на еще более мелкие и т. д. Установив некоторый общий для нескольких систем признак, можно объединить их в одну более крупную систему, в которую исходные системы войдут в качестве подсистем. Все подсистемы, полученные непосредственным выделением из одной исходной, относятся к подсистемам одного уровня или ранга. При даль-

нейшем делении получают подсистемы более низкого ранга. Такое деление называют иерархией. Таким образом, устанавливается свойство иерархической упорядоченности систем, занимающих различные уровни на иерархической лестнице. При этом подсистемы, находящиеся на более высоком уровне иерархии, могут активно влиять на процессы, происходящие в подсистемах более низкого уровня, т. е. управлять ими.

Логическая процедура расчленения подсистем на подсистемы более низкого уровня не ограничена, однако эту процедуру заканчивают на уровне, зависящем от цели рассмотрения АИС. При этом всегда необходимо соблюдать очень важное правило: подсистемы, непосредственно входящие в одну систему, должны выполнять все функции той системы, в которую они входят. Другими словами, подсистема некоторого n -уровня представляет собой совокупность всех входящих в нее подсистем $(n - 1)$ -го уровня.

Сравнивая определение системы и подсистемы, видим, что они отличаются лишь правилом объединения компонентов – для системы оно является более общим, объединяющим компоненты ряда подсистем, а для подсистем – более частным. Таким образом, любая система, представляя собой нечто целое, в то же время состоит из подсистем, каждую из которых можно рассматривать как самостоятельную систему, и наоборот, любая система, представляя собой нечто целое, в то же время является частью, подсистемой некоторой более крупной системы.

Связь между подсистемами АСУ выявляется при исследовании ее структуры, под которой понимается закон взаимосвязи и взаиморасположения составных частей, характеризующих способ организации, строения и функционирования системы. Связи между подсистемами могут быть двух типов: вертикальные – между подсистемами разных уровней и горизонтальные – между подсистемами одного и того же уровня. Эти связи носят, как правило, направленные

ный характер. При первом типе связей множество всех подсистем, вышестоящих и подчиненных по отношению к данной, называется вертикалью. Все подсистемы, принадлежащие одной вертикали, называются соподчиненными. При втором типе связей все подсистемы равнозначны.

Для каждой подсистемы n -го уровня важной частью внешней среды являются подсистемы, входящие в одну вертикаль с рассматриваемой, главным образом, непосредственно с ней связанные, т. е. подсистемы $(n - 1)$ -го, n -го и $(n + 1)$ -го уровней. С точки зрения связей, в иерархической структуре входы и выходы такой подсистемы можно объединить в группы, условно показанные на рис. 2.6 для расположенной в центре первой подсистемы n -го уровня (n_1) :

– входы x_{11}^{n+1} и выходы y_{11}^{n+1} , связывающие подсистему с вышестоящей системой $(n + 1)_1$;

– входы x_{21}^n и выходы y_{21}^n , связывающие данную подсистему n_1 с подсистемой n_2 этого же уровня, подчиненной той же системе $(n + 1)_1$.

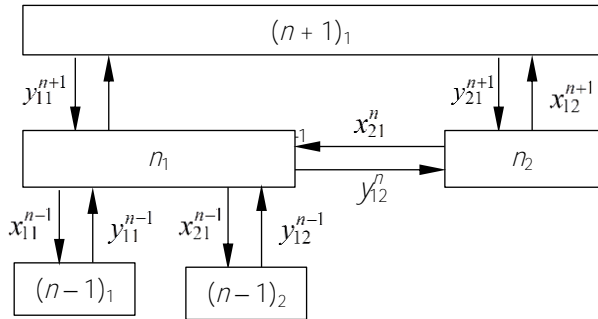


Рис. 2.6

С точки зрения вышестоящей системы $(n + 1)_1$, рассматриваемая подсистема выполняет некоторые функции. В отличие от принятого в математике здесь под функцией понимается целенаправленный набор действий, операций или

процедур, не обязательно сформулированных в виде математических соотношений.

Взаимодействие между подсистемами различных уровней происходит не только между каждыми двумя подсистемами близлежащих уровней, как для простоты показано на рис. 2.6, хотя это в некоторой степени зависит от того, что именно рассматривается в качестве подсистемы на данном уровне. Однако на функционирование подсистемы любого уровня непосредственное и явно выраженное воздействие оказывают вышерасположенные уровни, чаще всего ближайший старший уровень. Это воздействие носит для подсистем нижележащих уровней обязывающий характер, и в нем находит свое выражение приоритет действий и целей подсистем более высоких уровней.

В системах с детерминированным алгоритмом управления вмешательство (приоритет действий) обычно проявляется в виде изменения параметров подсистем нижележащего уровня. В системах же с недетерминированным алгоритмом управления приоритет действий задает последовательный порядок получения решений на различных уровнях. Обычно в этих системах алгоритм получения решения на нижележащем уровне не определяется в окончательном виде до тех пор, пока не решена проблема на вышележащем уровне.

Хотя вмешательство направлено сверху вниз, в виде отдачи распоряжений или команд, успешность действия системы в целом и фактически подсистем любого уровня зависит от функционирования всех компонентов системы. Так как само понятие приоритета подразумевает, что вмешательство предшествует действиям более низких уровней, эффективность работы верхнего уровня зависит не только от осуществляемых им действий, но и от соответствующих реакций нижних уровней, точнее от их суммарного эффекта. Поэтому можно считать, что качество функционирования всей системы обеспечивается обратной связью, т. е. реакциями на вмешательство, информация

о которых направляется снизу вверх (рис. 2.6). Такая взаимозависимость действий особенно очевидна для подсистем самого нижнего уровня, на котором в основном происходит обмен информацией с окружающей средой.

Функционирование отдельных подсистем в АСУ должно быть скоординировано. Координация подсистем означает такое воздействие, которое заставляет их действовать согласованно. *Координация* – это сфера деятельности вышестоящей управляющей подсистемы, в ходе которой она пытается добиться, чтобы нижестоящие подсистемы управления функционировали согласованно. Успех вышестоящей управляющей подсистемы в осуществлении надлежащей координации оценивается по отношению к общей глобальной цели, поставленной перед всей системой. Функционирование отдельных подсистем координируется так, чтобы вся система в целом достигала поставленной перед ней цели.

В то же время каждая нижестоящая управляющая подсистема действует так, чтобы достичь своей собственной частной цели. В этом случае, вообще говоря, между отдельными подсистемами может возникнуть конфликтная ситуация, которая приведет к тому, что глобальная цель может быть и не достигнута. Действия координатора направлены как раз на последствия такого внутриорганизационного конфликта, который он должен если не полностью исключить, то, по крайней мере, значительно уменьшить. Задача координатора состоит в оказании на нижестоящие уровни управления такого влияния, которое приводит к желаемым, в некотором заранее установленном смысле, результирующим воздействиям.

Существуют три подхода к рассмотрению такого рода взаимодействий [2].

1. **Прогнозирование взаимодействий.** Координирующие сигналы могут содержать в себе, помимо всего другого, прогноз связующих входов. В этом случае каждый координирующий сигнал несет с собой прогнозные значения

связывающих входов, которые будут иметь место в связи с подачей управляющих воздействий. Этот принцип утверждает, что подлежащая решению глобальная задача разрешается с помощью управляющего воздействия $x = f(y)$ всякий раз, когда y является решением задач, поставленных перед нижестоящей подсистемой, и правильно прогнозируются воздействия. В обобщенном смысле вместо сравнения прогнозных и фактических значений связующих сигналов можно сравнить прогнозируемую и фактическую работу подсистем. Успех координации нижестоящих подсистем зависит от точности прогнозирования связующих сигналов или сигналов в более широком смысле – от влияния ошибок прогнозирования.

2. Развязывание взаимодействий. При реализации этого принципа каждая нижестоящая подсистема получает право при решении собственной задачи рассматривать связующие входы как дополнительные свободные переменные, которые она выбирает по своему усмотрению. В этом случае задачи, подлежащие решению на нижестоящем уровне, определяются так, как если бы нижестоящие подсистемы были полностью автономны. Этот принцип утверждает, что управляющее воздействие $x = f(y)$ решает поставленную глобальную задачу всякий раз, когда y является решением задач нижестоящих подсистем, а желаемые связующие сигналы совпадают с фактическими связующими сигналами. Принцип позволяет установить, достигнуто ли согласование в определенном смысле. Успех в координации нижестоящих подсистем можно оценить, исходя из расхождений между фактическими воздействиями и теми, которые были бы желательными с точки зрения нижестоящих уровней управления.

3. Оценка взаимодействий. Этот принцип координации можно рассматривать как обобщение принципа прогнозирования взаимодействий. Здесь координатор вместо прогнозирования точных значений самих связующих сигналов определяет области, в пределах которых они могут

варьироваться. Успех в координации нижестоящих подсистем можно определить на основании точности оценок взаимодействий.

Обобщенно функции подсистемы можно представить в виде набора некоторых преобразований, которые обычно разделяют на две группы. Первая группа связывает переменные управления X_i (входы) с набором значений некоторых внутренних параметров q_v подсистемы. Вторая группа преобразований связывает параметры q_v подсистемы с ее переменными состояниями Y_j (выходами).

В конечном итоге, с точки зрения внешней среды, функции подсистемы заключаются в том, чтобы при определенном наборе значений переменных управления X_i переменные состояния Y_j принимали соответствующие этому набору значения. Задача анализа и разработки подсистемы в общем виде заключается в определении множеств x , q , y , а также в изучении зависимостей между ними и оптимизации возможных преобразований множеств x в q и q в y .

Для достижения поставленных целей системой в целом ее подсистемы должны обладать не только фундаментальными свойствами научной обоснованности, непрерывности, пропорциональности, комплексности, оптимальности, но и иметь новые качества, определяющие характер функционирования системы и ее дальнейшего развития. К этим новым качествам относятся свойства информационной *активности* подсистем и их адаптивного *развития*. Поясним их сущность и содержание.

Подсистема должна быть активной в смысле обмена информацией как с вышестоящей подсистемой, так и с подчиненными ей нижестоящими подсистемами. Для этого ей необходимо иметь многочисленные информационные входы и выходы, позволяющие принимать и передавать информацию в разнообразных формах. Количество входов и выходов подсистемы должно быть пропорционально объему обмена информацией. Кроме того, разнообразие входов и выходов также увеличивает объем передаваемой

и воспринимаемой информации. В подсистеме должна осуществляться глубокая переработка информации с целью получения новой, которую невозможно снять непосредственно с ее выходов.

Наиболее перспективным способом воплощения свойств информационной активности является разработка интегрированных подсистем обработки информации, в основе которых лежат принципы нейтрализации и типизации обработки данных, организации единой информационной базы, одноразовой записи исходных данных с многократным их использованием.

2.2.2. Подсистема информационного обеспечения

Информационное обеспечение (ИО) – организованная совокупность единой системы классификации, кодирования и языков записи данных, унифицированных систем документооборота и массивов информации, обеспечивающая функционирование АСУ и взаимосвязанное решение всего комплекса поставленных задач. В состав информационного обеспечения входят перечень информационных единиц (показателей, переменных, документов и др.), структура информации, закономерности и способы ее преобразования, характеристики потоков и качества информации.

Наименьшей поименованной единицей информации, имеющей единое смысловое значение, которую можно описать и к которой возможно обращение, является *поле* данных. По структуре поле может быть простым или иерархическим, а по функциональному назначению – поисковым (дескриптор) или непоисковым. Структура и назначение поля определяются характеристиками, именем, форматом и размерами, номером уровня, признаком дескриптора.

Имя – наименование, по которому можно обратиться к полю. *Формат* и *размер* используются для контроля вводимых данных и формирования содержимого поля при вы-

даче. Допускаются следующие форматы полей: числовое, строковое (символьное), дата и двоичное целое. Номер уровня определяет, является поле простым или иерархическим. Последнее может быть повторяющейся группой, составным или многозначным. Повторяющаяся группа содержит внутри себя другие поля, каждое из которых в одной записи принимает несколько значений. Частными случаями повторяющейся группы являются составные и многозначные поля. Составное поле содержит внутри себя другие поля, но в записи принимает лишь одно значение. Многозначное поле, напротив, принимает переменное число значений, но не содержит внутри себя других полей. Дескриптор указывает, является ли данное поле поисковым.

Логическая связанная поименованная совокупность значений полей, описывающих некоторый информационный объект, с которым оперируют пользователи при обработке информации, представляет собой *запись*. Тип записи описывается атрибутами: именем, составом входящих в запись полей и связями с другими типами записей. В записи допускается наличие не более 255 полей, из них 32 – дескрипторных. Максимальная длина записи в уплотненном формате – 2000 байт.

Набор данных, содержащих записи одного типа вместе с их описаниями, представляет собой *файл*, число записей в файле может достигать нескольких миллионов. Все записи одного файла имеют одинаковую структуру, описание которой включает последовательность полей и их характеристик. Каждый файл физически разделен на две части: ассоциатор и область данных. *Ассоциатор* содержит индексированные списки для дескрипторных полей и адресный конвертер, служащий для определения местонахождения записи в *области данных*. Последняя содержит сами записи файла в уплотненном формате. Виды связей между отдельными файлами представляют собой цепи, которые реализуются в виде последовательности указателей прямого адреса следующего файла.

Описание структуры записей файла, включающее набор полей, порядок их следования в записи, иерархическую структуру и фактические характеристики полей, образуют *схему*. Каждый файл имеет свою схему. Некоторое подмножество схемы, представляющее собой логическое описание файла, с точки зрения пользователя представляет собой *подсхему*. Для каждого файла может быть определено несколько подсхем, каждая из которых либо предназначена для различных пользователей, либо отражает разного рода процедуры обработки информации данного файла.

Совокупность данных, объединенных единым смысловым содержанием, называется информационным *массивом*, основным элементом которого являются записи, определяющие его содержание. Все информационные массивы делятся на входные, выходные и внутренние. Входные массивы содержат исходные и текущие данные, а также запросы на решение задач. Выходные массивы содержат информацию, выводимую из ЭВМ и предназначенную для дальнейшего использования. Внутренние массивы подразделяются на постоянные (директивные, нормативные и справочные данные), вспомогательные (информация, получаемая сортировкой, объединением, выделением постоянных данных), промежуточные (информация, возникающая на стыке различных задач), текущие (переменная во времени рабочая информация) и служебные (информация для переработки вышеназванных массивов).

Организационно-методические *принципы* построения ИО состоят в следующем [4, 12].

1. Методическое единство, т. е. использование единых принципов при разработке различных его частей и обеспечение их взаимосвязи, составление единой методики внесения изменений в массивы информации.

2. Системность и информационная совместимость элементов ИО, т. е. создание взаимосвязанной совокупности форм обмена информацией, классификаторов, кодов, шифров и др.

3. Интеграция обработки информации за счет однократной и автономной записи исходных данных на машинные носители, независимо от количества решаемых задач и времени, при многократном и многофункциональном их использовании.

4. Типизация и структуризация методов обмена информацией, включающих унификацию общесистемной схемы хранения информации и обеспечения решаемых задач исходными данными, упорядочение языка и сокращение числа форм документов.

5. Типизация и блочность структуры, т. е. разработка типовых правил и языка, на основе которых строятся аналогичные функциональные блоки, реализация динамического способа формирования массивов данных с возможностью поэтапного наращивания емкости информационной базы.

К ИО предъявляются следующие *требования* [4, 22].

1. Полнота информации. ИО должно содержать все необходимые сведения об исходных данных:

- predetermined нормативными документами;
- выбираемых пользователем.

2. Актуализация и достоверность. Это своевременное внесение необходимых изменений во все массивы ИО. Достоверность обеспечивается системой защиты данных от случайных искажений, выполнением контроля при операциях с изменением данных.

3. Гибкость информации. Это наращивание и адаптация средств управления данными, изменение их организации и структуры. Гибкость предполагает независимое изменение данных, возможность параллельного доступа к ним, их независимость по физической и логической организации, обеспечение обработки как алфавитно-цифровой, так и графической и табличной информации.

4. Надежность информации. Это восстановление информации и программных средств в случае их разрушения, разработка стандартных реакций на несанкционированный или ошибочный запрос.

5. Экономичность информации. Это исключение дублирования данных и устранение избыточности информации, ненужных и устаревших сведений. Экономичность информации сокращает объем памяти ПЭВМ.

6. Наглядность и удобство пользования. Это представление информации в привычной для восприятия форме, наличие средств учета и регистрации данных. Удобство пользования должно обеспечиваться простотой, с минимальными затратами времени доступа к информации.

В основу организации ИО АСУ закладывается принцип информационного единства и агрегатирования данных, что обеспечивает возможность решения большого круга задач. С этой целью необходимо производить объединение информационных массивов отдельных задач в информационные массивы для целевых подсистем и локальных систем. Для АСУ следует создать систему банков данных с автоматическим контролем обработки и формирования массивов информации.

Таким образом, *основными направлениями развития ИО АСУ* являются: осуществление интеграции данных; создание единых унифицированных систем классификаций и кодирования информации; обеспечение информационной совместимости на различных уровнях управления; повышение достоверности информации при ее формировании и обработке.

При разработке и проектировании АСУ ИО системы предполагает формирование оптимальной сети передачи данных. Информационные потоки должны соответствовать рациональной структуре, средствам и методам оптимального управления.

Информация, составляющая триаду важнейших характеристик окружающего нас мира наряду с материей и энергией, обладает некоторыми, только ей присущими *особенностями*:

- сама по себе информация является столь же абстрактным понятием, как и понятие математики, но вместе с тем

она отражает свойства материального объекта и не может возникнуть из ничего;

- информация обладает некоторыми свойствами материи, ее можно получить, запастись (записать, накопить), уничтожить (стереть), передать. Однако при передаче информации из одной системы в другую количество информации в передающей системе остается неизменным, хотя в принимающей системе оно обычно изменяется (уменьшается) по мере прохождения сигнала по линиям связи;

- информация обладает еще одним уникальным свойством: в любых сферах знаний (общественно-политической, научной, общекультурной, технической) она является единственным видом ресурса, который в ходе исторического развития человечества не только не истощается, а постоянно увеличивается, совершенствуется и, более того, способствует использованию других ресурсов, а иногда создает новые.

Главное, что информация есть предмет, средство и продукт управленческого труда. Удельный вес информации как предмета труда стал выше материальных и энергетических ресурсов, и основным показателем могущества любого субъекта хозяйствования стал информационный ресурс, т. е. объем знаний, которыми он располагает. Информация является основой процесса управления субъектом и состоит в ее изучении и обработке. От уровня организации сбора, обработки и передачи информации зависит эффективность управления любой деятельностью.

Предлагаются следующие *признаки* классификации и показатели информации [22].

1. По объекту – показатели качества услуг, его ресурсоемкость, параметры инфраструктуры, организационно-технического уровня системы социального развития коллектива, охраны окружающей среды и др.

2. По принадлежности к подсистеме менеджмента – информация по целевому и научному обоснованию системы, экономике менеджмента, функциональной, обеспечи-

вающей и управляющей подсистемам, внешней окружающей среде.

3. По форме передачи – вербальная (словесная) и невербальная информация.

4. По изменчивости во времени – условно-постоянная и условно-переменная (недолговечная).

5. По способу передачи – спутниковая, электронная, телефонная, письменная и др.

6. По режиму передачи – в нерегулируемые сроки, по запросу и принудительно в определенные периоды.

7. По назначению – экономическая, техническая, социальная, организационная и др.

8. По стратегии жизненного цикла услуги – стратегического маркетинга, НИОКР, организационно-технологической подготовки функционирования субъекта.

9. По отношению объекта управления к субъекту – между: субъектом и внешней средой; подразделениями внутри субъекта по вертикали и горизонтали.

Управленческая информация имеет ряд *особенностей*:

- большие объемы информации должны обрабатываться в жестко ограниченные сроки;

- исходная информация подвергается неоднократной обработке с различных производственных точек зрения и с учетом требований потребителей;

- исходные данные и результаты расчетов хранятся длительное время.

Выполнить вышеизложенные требования к ИО и управленческой информации способна лишь компьютерная техника с ее быстродействием и большой емкостью памяти. Оптимальный способ хранения производственной информации – создание баз и банков данных, т. е. функционально организованных массивов компьютерной информации, когда одна группа специалистов обрабатывает и вводит в базу данных (БД) информацию, а другие специалисты ее используют в различных производственных аспектах управления, обеспечивая интерактивный, т. е. активный с обеих сторон, режим

работы. Информационные БД обычно формируются путем объединения первичных статистических показателей деятельности субъекта в укрупненные файлы с необходимыми реквизитами. БД постоянно обновляются.

ИО АСУ включает в себя информационные *языки*, которые представляют собой совокупности словарей и правил записи симантических сообщений, отображающих определенный набор объектов и ситуаций, позволяющих на основе формальных процедур использовать в процессе обработки их смысл.

Информация существенно искажается при ее движении по уровням организационной структуры управления, и чем больше существует иерархических уровней в структуре системы, тем значительнее искажения информации.

Можно выделить следующие основные *причины* искажения информации при ее прохождении через уровни организационной структуры АИС [22]:

- два одинаковых сообщения, события могут оцениваться по-разному, в зависимости от времени их поступления и метода оценки; более близкое событие фиксируется сильнее (ошибка перспективы);

- эмоциональное напряжение (страх, радость, гнев и т. д.) могут существенно исказить информацию, как и давно ожидаемое, более выгодное или не соответствующее заранее сложившемуся мнению сообщение;

- желание произвести приятное впечатление своей информацией на вышестоящие органы управления («барьер престижа»).

2.2.3. Подсистема программного обеспечения

Программное обеспечение (ПО) представляет собой совокупность программ, предназначенных для решения задач функциональных подсистем АСУ и обеспечения функционирования КТС системы. ПО содержит различные компо-

ненты, предназначенные для снижения стоимости программирования, упрощения доступа к системе, повышения эффективности ее работы, а также для настройки, планирования и учета. Цель такого комплекса – получить экономический выигрыш при использовании системы путем увеличения производительности труда программистов и эффективности работы оборудования.

При алгебраической алгоритмизации программы представляются в виде линейных тестов, а при геометрической – они формируются в виде множеств, между элементами которых вводятся связи, носящие характер отображений или бинарных отношений. В соответствии с видом алгоритмизации любая программа может быть изображена в виде теста, операторной схемы, графа, блок-схемы и т. п.

В результате программирования процессов управления получают *программы*, являющиеся описаниями алгоритмов решения задач, записанными на машинном языке, представляющие собой инструкции, задаваемые ЭВМ и указывающие, в какой последовательности, над какими данными, какие операции должна выполнять ЭВМ, в какой форме и куда выдавать полученный результат. Программа, выполненная на машинном языке, представляет собой последовательность числовых кодов. Машинный язык – это язык команд ЭВМ. Каждая команда задает ЭВМ информацию об одной операции: указывает вид операции (например, сложение, умножение и т. д.), адреса исходных чисел (номера ячеек памяти ЭВМ, в которых хранятся эти числа) и результата операций. Команды выполняются ЭВМ в том порядке, как они записаны в программе.

ПО в системе управления выполняет *функции*:

- организации и управления вычислительным процессом в ЭВМ;
- накопления и систематизации алгоритмов и программ для реализации конкретных задач управления в конкретной сфере экономики.

В соответствии с этими функциями в составе ПО можно выделить *три вида обеспечения*: машинное, общесистемное и специальное [22].

1. **Машинное** ПО направлено на эффективное использование ВТ. Оно предназначено для управления и контроля работы ЭВМ и других технических средств; его структура не зависит от содержания решаемых задач. В машинное ПО входят следующие системы программ: средств программирования, служебных (тестовых) программ, обслуживающих (сервисных) программ, ОС.

2. **Общесистемное** (внутреннее) ПО зависит от состава и конфигурации КТС и не зависит от содержания функциональных задач управления. Оно состоит из:

- системы ведения массивов, включающей программы информационного кодирования, корректировки, формирования массивов и печати документов;

- библиотеки специальных программ, в которой собраны подпрограммы обработки информационных единиц, поиска и выборки данных, сортировки, вывода на печать и др.;

- библиотеки типовых программ, включающей подпрограммы вычислений различных функций, обработки учетно-статистической информации, решения оптимизационных задач, статистического анализа и др.

3. **Специальное** (внешнее) ПО полностью определяется конкретным применением системы, т. е. теми задачами, которые решаются в рамках АСУ. Специальное ПО представляет собой совокупность функциональных программ для решения задач управления, входящих в функциональные подсистемы АСУ. Состав специального ПО определяется производственно-экономическими факторами и степенью развитости производства на конкретном субъекте хозяйствования. Специальное ПО включает в себя следующие составные компоненты [22]:

- экономико-математические методы и модели для решения задач управления, отобранные с учетом специфики субъекта хозяйствования;

- ППП, скомплектованные по функциональным подсистемам;
- рабочие программы задач функциональных подсистем АСУ.

Требования, предъявляемые к программистам, можно разделить на две группы:

определяющие взаимосвязи программистов с другими коллективами разработчиков: разграничение ответственности программистов, системщиков и операторов при выполнении отдельных этапов работ; разработка документации по передаче результатов одной группы разработчиков другой; определение процедуры передачи;

предъявляемые к организации работы программистов (процесса программирования): определение последовательности и содержания этапов программирования; организация взаимодействия программистов различной квалификации и распределение обязанностей между ними; определение трудоемкости и затрат времени для подготовки отдельных программ; составление плана работ группы программистов и определение процедуры контроля его выполнения).

К программам предъявляются противоречивые требования: экономное расходование памяти ПЭВМ и обеспечение оперативности решения задач управления, в связи с чем при программировании приходится идти на компромисс, часто определяемый техническими возможностями конкретной ЭВМ. В то же время программа должна удовлетворять таким *требованиям*, как:

- эффективное (экономичное) использование всех вычислительных ресурсов ЭВМ: процессора, запоминающих устройств (памяти), периферийного оборудования и др.;
- обеспечение необходимого быстродействия решения задач управления;
- правильность работы при всех допустимых данных, обеспечивающая выполнение всех спецификаций, заданных ТЗ;

- легкость сопровождения: удобство чтения, модифицируемость, достаточность и простота документации по обслуживанию.

ПО системы через сетевое оборудование и СПД должно обеспечивать высокоскоростную надежную связь ПЭВМ, программно совместимых с IBM PC и др., и обладать такими функциональными возможностями, как [22]:

1. Обеспечение разделения ресурсов ПЭВМ (жесткие диски, принтеры и др.).

2. Осуществление электронной почты, доставка и хранение информации параллельно с выполнением других прикладных программ и с сигнализацией о прибытии сообщения.

3. Предоставление услуг по обмену сообщениями: посылка коротких сообщений, передача содержимого экрана дисплея, организация диалога пользователей и др.

4. Организация сети с выделенным сервером компьютера и без него, т. е. с сохранением возможности выполнения прикладных заданий на сервере.

5. Организация автоматического (невидимого для пользователя) подключения к сетевым ресурсам с одновременной загрузкой ОС.

6. Обеспечение работы сети с большим набором отечественных и зарубежных ППП (интегрированные системы, СУБД, графические и обучающие системы и т. д.).

7. Управление АСУ и предоставление информации о ее работе и состоянии.

8. Защита общих файлов, дисков, директорий от несанкционированного доступа или разрушений.

9. Использование сетевого программного продукта PC NET.

10. Обеспечение работы (по желанию пользователя) с сетевым ПО.

11. Наличие специального ПО, не попадающего под лицензионные ограничения зарубежных фирм (пакет КларНет).

При этом гарантированная поставка данных через СПД должна обеспечиваться с помощью механизма подтверждений приема кадров и повторения передачи неподтвержденных кадров.

Системы программирования заняты решением языковых проблем. Сюда относятся трансляторы и стандартные подпрограммы. Главной целью трансляторов, или транслирующих программ, является перевод алгоритма с одного языка на другой. Сущность алгоритма при этом сохраняется, но изменяется форма его представления: часто из формы, ориентированной на человека, в форму, ориентированную на ЭВМ.

Назначение **обслуживающих программ** является преобразование программ и данных при смене носителей информации, изменение их расположения и представления. Программы изменения расположения данных, называемые программами сортировки, осуществляют реорганизацию данных.

Операционная система – это интерпретирующая совокупность программ, реализующая практические требования пользователей и операторов, лиц, управляющих работой КТС. Обычно считается, что ОС поддерживает функции связи с оператором в реальном времени для подготовки устройств к работе, переопределения конфигурации и изменения состояния системы.

2.2.4. Подсистема технического (аппаратного) обеспечения

Материально-технической базой АСУ служит техническое обеспечение (ТО), включающее в себя КТС для преобразования информационной и организационной взаимосвязи между отдельными компонентами системы, состоящими из вычислительного, вспомогательного и периферийного оборудования и каналов связи передачи информации. КТС АСУ представляет собой многомашинную функционально гиб-

кую вычислительную систему, включающую совокупность взаимосвязанных технических средств сбора, накопления, обработки, передачи, подготовки и представления информации, обеспечивающую необходимые решения информационных задач. К КТС также относятся средства оргтехники, осуществляющие накопление и хранение данных и информационный обмен между различными аппаратными средствами системы управления.

КТС АСУ субъектов хозяйствования характеризуется определенной *конфигурацией*. Применение эффективных методов управления конфигурацией КТС позволяет обеспечить интеграцию всех фаз жизненного цикла системы, определить ее стратегические направления развития, обеспечив согласованную по ресурсам и времени реализацию системы управления и успешное ее функционирование.

С появлением новых моделей персональных ЭВМ (ПЭВМ), современных систем подготовки данных и их телеобработки стал возможен переход от централизованных структур КТС к распределенным структурам обработки информации и созданию АСУ. В связи с этим изменился подход к разработке КТС, возникла необходимость решения таких первоочередных задач, как структурная организация ТО, аппаратная и программная реализация совместимости ЭВМ и периферийного оборудования на всех уровнях управления, организация комплексирования технических средств и ведения распределенных БД.

Основными концептуальными *принципами* построения КТС АСУ являются [17] следующие.

1. Применение в качестве центрального звена АСУ мощной ЭВМ.

2. Частичная децентрализация обработки данных путем использования в производственных и функциональных подразделениях хозяйствующего субъекта совместимых малых универсальных ЭВМ, ПЭВМ, автоматизированных рабочих мест (АРМ) и видеотерминальных устройств, устанавливаемых на рабочих местах функциональных специалистов и управленческого персонала.

3. Использование на уровне субъекта и крупных подразделений локальных информационно-вычислительных сетей (ЛИВС), объединяющих аппаратно-программные средства в единую территориально рассредоточенную систему с распределенными БД.

4. Внедрение безбумажной технологии с использованием децентрализованной системы подготовки данных на магнитных носителях за счет передачи этих функций в структурные подразделения субъекта хозяйствования.

5. На всех этапах ввода и обработки технико-экономической информации необходимо передавать, перерабатывать, хранить и воспроизводить только необходимые данные, характеризующие конкретные производственные ситуации.

6. Затраты на совершенствование и рационализацию ТО должны быть соизмеримы с экономическими затратами, т. е. эффект от применения КТС должен формироваться не за счет управленческого персонала, а непосредственно в процессе оказания услуг.

Выбор КТС для АСУ, исходя из максимальной эффективности выполнения возложенных на нее функций, в конечном счете сводится к выбору конкретной номенклатуры стандартных и разработке нестандартных технических средств, определению мест их размещения, расчету потребного количества, описанию взаимосвязи между компонентами комплекса, разработке ИО и ПО, что позволяет наиболее рационально реализовать экономико-математические методы для данной АСУ.

Системный анализ проводных сетей связи показал несомненные преимущества волоконно-оптических линий по сравнению с традиционными средствами передачи информации. К *достоинствам* волоконно-оптических линий связи относятся:

- широкая полоса пропускания;
- низкие потери мощности сигнала;
- высокая защищенность данных от утечки информации;

- высокая устойчивость к электромагнитным помехам;
- отсутствие собственного электромагнитного излучения;
- повышенная устойчивость к агрессивной среде;
- малые габариты и масса кабеля;
- повышенная электро- и пожаробезопасность.

В АСУ используются различные типы компьютеров, ОС, приложений и разного рода информационные ресурсы, применяются разнообразные телекоммуникационные средства. В то же время все эти неоднородные части такой системы должны работать во взаимосвязи, как единое целое, предоставляя пользователям прозрачный доступ ко всем необходимым ресурсам.

Для такой АСУ должна быть гарантирована возможность изменять свою конфигурацию, иметь хороший резерв для интеграции с новейшими информационными технологиями. Кроме того, с точки зрения современного телекоммуникационного оператора АСУ должна *обеспечивать* [22]:

- функциональную достаточность, позволяющую эффективно поддерживать ключевые производственные процессы субъектов хозяйствования;
- непрерывность развития – быструю реакцию на ввод новых услуг и функций;
- оптимизацию стоимости владения ИТ-ресурсами.

С учетом этого при создании АСУ целесообразно базироваться на системной целостности проектирования, разработки, эксплуатации и сопровождения информационного и программного обеспечений; на создании единого информационного пространства системы, согласованного с концептуальной моделью предметной области; на принципах управляемости и упорядочения структуры системы.

Для проектирования АСУ в большинстве случаев используют *иерархическую модель*, которая имеет три *уровня* (страты) управления [22].

1. Магистральный уровень, который должен быть высокопроизводительным и надежным поставщиком информационных ресурсов.

2. Уровень распределения доступа в различные части системы и к предоставляемым услугам за счет применения политики безопасности и доступа к информационным ресурсам, управления качеством сервиса, сопряжения различных сред передачи данных, маршрутизации информации между логическими компонентами системы, мультимедиа.

3. Уровень доступа рабочих групп и отдельных подсистем к информационным ресурсам системы и среде передачи данных.

2.2.5. Подсистема организационного обеспечения

АСУ хозяйствующего субъекта представляет собой человеко-машинную систему, поэтому для ее устойчивого функционирования необходимо организовать работу не только технических средств с помощью алгоритмов и программ, но и пользователей, занятых в управлении. В условиях функционирования АСУ от работников субъекта требуются: повышенная оперативность и дисциплинированность в подготовке исходной информации и принятии управленческих решений; строгое соблюдение определенного порядка в выполнении своих функций; знания и навыки в работе с вычислительной, сетевой и периферийной техникой; умение совершенствовать организацию своего труда и развивать дальнейшую автоматизацию задач управления.

В связи с тем, что ведущая роль в управлении субъектами при функционировании АСУ остается за пользователем, необходим учет человеческого фактора, т. е. всей совокупности социальных, психологических, физиологических и эргонометрических аспектов труда при взаимодействии человека с ВТ. С целью создания и поддержания единого оптимального регламента трудовой деятельности всех пользователей субъекта, причастных к сфере управления, и надежной реализации управленческих задач в составе

функциональных подсистем АСУ предусмотрено организационное обеспечение (ОрО).

Организационное обеспечение АСУ представляет собой совокупность средств, методов и правил, предназначенных для соблюдения установленной технологии управленческих процессов, распределения функций между службами и отдельными исполнителями, закрепления персональной ответственности за качество информации и своевременность ее представления, проведения технико-экономического анализа существующей системы управления, выбора и постановки задач автоматизации процессов управления, за качество управленческих решений.

Основные *функции* ОрО [22]:

- анализ существующей системы управления субъектом и формулировка направлений повышения его эффективности;

- выбор основных направлений совершенствования и рационализации существующей системы управления;

- выбор и постановка задач управления, обеспечивающих эффективность разрабатываемой АСУ;

- разработка и внедрение организационных процедур для каждой задачи управления;

- формулировка требований к КТС для решения выбранных задач управления;

- разработка организационных решений (состава, структуры, взаимосвязи, организации и методологии решения задач управления, рабочих процедур и предписаний о порядке их выполнения);

- внедрение методов решения задач управления;

- систематическое обучение руководящего персонала и ИТР управлению в условиях АСУ и применения ВТ.

ОрО оформляется в виде различных руководящих и нормативных документов: должностных инструкций; карт организационных процедур; инструкций управленческому, производственному персоналу; планов организационно-технических мероприятий по совершенствованию и разви-

тию системы управления в отделах и других звеньях хозяйствующего субъекта.

Основой для выбора направлений и основных функций ОрО процесса создания и разработки АСУ служат результаты предпроектного обследования субъекта и выводы о необходимости совершенствования существующей системы управления путем внедрения ВТ и средств автоматизации.

Структура ОрО включает методы, средства, техническую документацию и персонал. *Методы* охватывают общепромышленные руководящие методические материалы по разработке АСУ, методику предпроектного обследования и мероприятия по внедрению системы. Средства включают состав задач управления, ППП, типовые структуры управления, унифицированные формы документов, средства стимулирования. *Техническая документация* состоит из ТЗ на создание АСУ, ТЭО, материалов, используемых при разработке и внедрении системы. *Персонал* складывается из главных конструкторов и функциональных специалистов.

При организации изготовления товарной продукции основным технологическим компонентом АСУ является компьютеризированное гибкое производство, которое должно обеспечить структурно-технологические решения ПО [22]:

1) использование групповых технологических процессов, сокращение объема переналадок оборудования при производстве различных модификаций одного и того же изделия с тенденцией перехода к непрерывным методам организации многономенклатурных технологических процессов;

2) предметную специализацию участков с тенденцией создания замкнутых индивидуальных производств для изготовления вспомогательных деталей изделия и сокращения числа взаимодействий;

3) сокращение объема работ за счет использования прогрессивных видов, новых конструктивных материалов, технологий упрочнения;

4) использование в технологическом процессе оборудования различной степени гибкости, а также применение как специального, так и универсального оборудования для обеспечения его рационального сочетания гибкости и производительности;

5) проведение операций контроля и испытания узлов выпускаемых изделий.

Основной единицей ОрО является *организационная процедура*, под которой понимается описание технологии управленческих операций по решению конкретной задачи с указанием последовательности, сроков и исполнителей, порядка образования и движения документации, используемых технических средств. Процедуры составляются на типовые, часто повторяющиеся задачи управления. Наличие организационных процедур освобождает руководителей от необходимости каждый раз выработать методику работы подчиненных подразделений и исполнителей. Руководители подключаются в оперативное управление только в том случае, когда появляется производственная ситуация, не описанная в процедуре. Введение организационных процедур повышает ответственность исполнителей.

Важным условием эффективного и надежного функционирования АСУ является создание специальной службы, объединяющей коллектив специалистов, которые обеспечивают реализацию процессов движения и обработки разнообразной технико-экономической и производственной информации и являются непосредственными участниками управленческой деятельности. Основными задачами этой службы являются: участие в разработке и постановке возникающих задач; создание новых подсистем АСУ; обеспечение надежности их функционирования, дальнейшего развития и совершенствования системы.

При централизованном управлении широко используется ИВЦ, назначение которого [22]:

– прием и контроль документации, несущей информацию о производственно-хозяйственной деятельности субъекта;

- хранение и эксплуатация машинных носителей информации в виде файлов;
- кодирование данных на базе действующих классификаторов и систем кодирования;
- программирование и отладка собственных и обслуживающих алгоритмов и программ;
- использование готовых программ для реализации алгоритмов задач АСУ;
- решение задач на ЭВМ, ее эксплуатация и обслуживание;
- ведение нормативно-справочного хозяйства;
- размножение и выдача пользователям результатов обработки информации;
- учет использования и времени функционирования ЭВМ и основных блоков вычислительной системы.

Для реализации указанных функций в организационной структуре ИВЦ образуются несколько подразделений (бюро, секторов, групп). Последние делятся на два вида: производственные подразделения, обеспечивающие технологию обработки информации, и подразделения по техническому обслуживанию, содержанию, ремонту и наладке устройств, входящих в КТС и вспомогательное оборудование.

ИВЦ имеет свой архив и библиотеку, где хранятся рабочие и обслуживающие программы, журналы эксплуатации ЭВМ и приемки документов, рабочие носители информации и другие материалы.

2.3. Элемент как основная структурная единица подсистемы

Всякая подсистема АСУ проектируется из ограниченного и конечного числа элементов (слово «элемент» употребляется в собирательном смысле). Понятия элемента и

расчленения подсистемы на элементы с практической точки зрения условны. Логическая процедура расчленения подсистемы на элементы не ограничена; ее можно делить вплоть до молекулярного и атомного уровней. Однако эту процедуру заканчивают на уровне, когда выделенный при очередном делении подсистемы элемент перестает выполнять свое функциональное назначение, т. е. является как бы неделимым с точки зрения рассматриваемого процесса функционирования подсистемы.

С позиций формальной логики элементом считается структурная единица, способная к относительно самостоятельному осуществлению определенной операции и не подлежащая дальнейшему расчленению на части на данном уровне анализа системы. Таким образом, элементарной компонентой можно считать такую, которая заведомо реализуема, т. е. процесс ее достижения не порождает проблемных ситуаций. Понятие элементарности конкретизирует принцип конечности декомпозиции. Заметим, что на природу элемента не накладывается никаких ограничений.

С целью удобства исследования максимально упрощенная подсистема самого низшего уровня управления может рассматриваться как элемент, представляющий собой единое неделимое целое. Выбор способа формализации элемента исключает возможность его расчленения на составные части, звенья, узлы и рассмотрения внутренней взаимосвязи между ними. При изучении подсистем зачастую бывает удобно выбирать такую формализацию, при которой рассматриваемая подсистема представляется в виде упорядоченной совокупности элементов, обладающих определенной структурой и внутренними связями.

Элемент обладает некоторыми особенностями, свойственными подсистемам:

– в каждый момент времени состояние элемента может быть количественно охарактеризовано с помощью некоторой величины, называемой его мгновенной характеристикой;

- мгновенная характеристика элемента изменяется с течением времени по определенным законам функционирования;

- он может испытывать влияние внешних входных воздействий окружающей среды;

- элемент может сам оказывать влияние на среду (выходные воздействия);

- характер изменения мгновенных характеристик и формирование выходных воздействий могут носить вероятностный характер.

Отличительной особенностью элемента является постоянство его элементарной структуры, которая состоит из входного и выходного воздействий, а также его состояния. При формализации реальных производственных процессов решение о выборе компонентов подсистемы, принимаемых в качестве элементов, осуществляется в зависимости от уровня декомпозиции, при котором производятся исследования в каждом конкретном случае.

Иногда при рассмотрении крупномасштабных систем даже отдельный хозяйствующий субъект может рассматриваться как элемент. При этом мгновенными характеристиками служат такие величины, как наличие производственных мощностей, введенных в данный момент времени, показатели выполнения плановых заданий. Входными воздействиями являются поступления документов, информация об изменении планов и т. д. Выходные воздействия – оказываемые услуги, сведения о ходе выполнения плана. В других случаях при исследовании функционирования того же ОУ в качестве элементов могут быть выбраны отделы и технологические процессы и даже отдельные АРМ.

Таким образом, каждый элемент представляет собой динамическую ячейку в широком смысле, т. е. ячейку, функционирующую во времени, изменяющую с течением времени свое состояние под воздействием внутренних и внешних причин, воспринимающую входные и выдающую выходные сигналы в процессе взаимодействия с другими

элементами подсистемы. Перечисленные свойства, являющиеся общими для различных элементов, не раскрывают, однако, еще одной специфической особенности, присущей им. С этой точки зрения все элементы любой подсистемы можно разделить на два больших класса – первичные и вторичные.

Первый класс составляют *первичные* элементы, к которым предъявляются следующие требования:

– обязательность постоянного присутствия в конкретной подсистеме, при отсутствии хотя бы одного из них подсистема перестает функционировать;

– наличие характеристик, позволяющих четко разделить элементы.

Поясним, основные характеристики элементов на примере библиотеки. Она включает в себя четыре первичных элемента:

1) документ – фонд, представляющий собой совокупность документов, включающую тематическую и видовую структуры фондов, количественный и качественный состав носителей информации;

2) абонент – качественный и количественный состав читателей и их запросов отдельно по каждой видовой категории фонда, носителям информации, отраслевым комплектам литературы;

3) обслуживающий персонал – количественный и качественный состав библиотечно-библиографических кадров, их навыков и умений с учетом трудовых затрат по всем видам работ;

4) материально-техническую базу – рабочие площади отдельно по зонам (читательской, книгохранилищной, служебно-производственной); оборудование; осветительные и климатические установки, средства автоматизации, справочно-поисковый аппарат.

Зная число первичных элементов и характер связи между ними, можно построить структурную модель библиотеки (рис. 2.7а), которая наглядно показывает, что она как

объект управления образует нерасторжимое единство четырех элементов. Эти элементы равноправны по признаку необходимости и достаточности для образования библиотеки, хотя выполняют различные функциональные роли. Они присущи любой библиотеке.

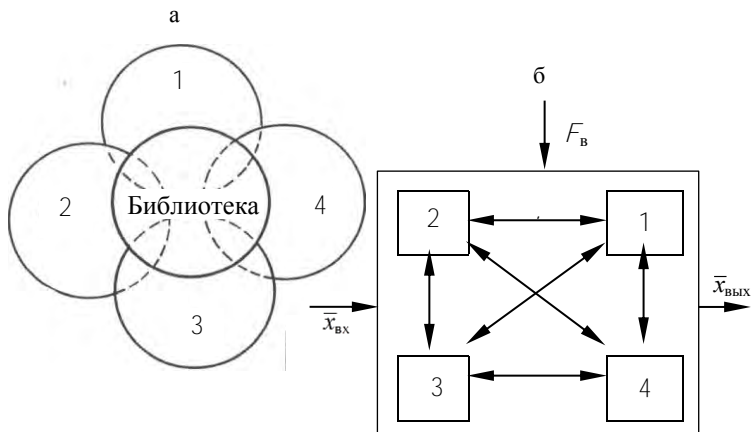


Рис. 2.7

Выявление первичных элементов любой библиотеки, а также их основных (существенных) связей имеет большое методологическое значение для уточнения роли, назначения, целей, задач, содержания, форм и методов работы библиотеки. Структурная модель (рис. 2.7б) наглядно показывает, что библиотека представляет собой замкнутый контактно-лучевой объект управления, в котором имеются прямые и обратные связи между ее элементами. Таким образом, библиотека представляет собой сильно связный граф. Другими словами, библиотека – жесткий ОУ; включение или невключение хотя бы одного элемента, нарушение установившихся связей означает превращение ее в качественно новый объект управления.

Второй класс составляют вторичные элементы, которые не обязательны с точки зрения существа построения

подсистем. Они имеют переходящий характер, появляются в процессе развития подсистем и определяются особым назначением объекта управления. Так, например, для библиотеки несущественным является наличие набора каталогов. Для установления сущности библиотеки не имеет принципиального значения, что в одних библиотеках отдаются предпочтение систематическому и алфавитному каталогам, в других – словарному.

Каждый элемент выполняет свое собственное назначение в подсистеме. Наряду с этим все элементы находятся между собой в теснейшем взаимодействии и неразрывном единстве. Взаимодействие представляется как результат влияний, оказываемых элементами друг на друга. Отдельные элементы еще не создают целостности структуры подсистемы. Органическое целое образуется лишь тогда, когда между ними устанавливаются устойчивые внутренние связи, благодаря которым подсистема приобретает целостный характер и новые качества.

Структуру подсистемы можно представить взаимосвязанной совокупностью ее элементов, объединяемых различными способами связей. Наиболее распространенными видами отношений между элементами (впрочем, как и между подсистемами) являются последовательные, параллельные, двусторонние и косвенные связи.

Последовательные связи характеризуются тем, что выход предыдущего элемента является входом последующего. При этом желательно, чтобы ресурсы последовательно соединенных элементов были примерно одинаковы. Последовательные связи обеспечивают прямоточность цикла выполнения отдельных операций, сокращают время на под-готовку и ввод исходных данных.

Параллельные связи обеспечиваются объединением входов и выходов отдельных элементов. Параллельность достигается одновременным (совмещенным во времени) выполнением операций, что приводит к сокращению производственного цикла. Такое соединение увеличивает интенсивность выполнения отдельных операций, так как производительности элементов суммируются.

Двусторонние связи характеризуют взаимный обмен информацией на основе прямых и обратных потоков между элементами. Разновидностью двусторонних связей является структура соединения элементов с применением обратной связи, в которой часть выходного потока первого элемента подается на вход второго, выход которого сравнивается с входом первого.

Косвенные связи осуществляются тогда, когда элементы объединены общими ограничениями (например, ресурсами), но прямой обмен информацией и непосредственная координация действий между ними не осуществляются.

Взаимозависимость элементов выступает не в виде линейного причинного ряда, а в виде замкнутого контура, внутри которого каждый элемент, с одной стороны, является условием существования другого, а с другой – сам обусловлен им. При этом свойства одного элемента зависят от условий, определяемых поведением других. Каждый элемент, находясь во взаимосвязи с остальными, должен выполнять объективно необходимое функциональное назначение, придавая законченность и устойчивость подсистеме, в которую он входит.

Таким образом, при рассмотрении элементов одними из важнейших задач являются поиск математических схем, достаточно адекватно отражающих специфику их работы, и выявление различных отношений между ними в рассматриваемой подсистеме. При изучении механизма обмена информацией возникает необходимость рассмотрения схемы сопряжения элементов, что реализует адресацию сигналов по каналам связи. Большой интерес представляет вопрос о существовании цепочки каналов связи, соединяющих различные элементы. Более глубокое исследование предполагает учет направления передачи сигналов и их содержательного назначения. Для изучения указанных задач широко используются методы структурного анализа, позволяющие найти так называемые типичные структурные конфигурации (цепи, циклы, контуры).

ГЛАВА 3

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОСТАНОВКЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

3.1. Объект управления и предмет системных исследований

Объектами управления могут являться отраслевые субъекты хозяйствования, их филиалы и структурные подразделения, протекающие функциональные и деловые процессы, охватывающие все фазы, процедуры и операции, связанные с производственно-организационной деятельностью субъекта. Изучение объекта управления предусматривает не только определение состава, подчиненности и численности функциональных подразделений хозяйствующего субъекта, но связей и отношений между ними.

Изучение объекта управления включает в себя обследование, анализ и описание организационного механизма функционирования субъекта хозяйствования, в постановке экспериментов и обработке полученных результатов, а также в обобщении ранее полученного материала, характеризующего практику его работы [6].

Экспертно-аналитический и экспериментальный методы [30] изучения объекта управления позволяют выявить его специфические особенности, возникающие проблемы, узкие места в работе аппарата управления, составить ясное представление о содержании и взаимодействии протекающих процессов и их простейших операций, определить показатели, их закономерности изменения. Все это предподре-

деляет выработку рациональных рекомендаций по формированию или перестройке процессов управления исходя из количественных оценок эффективности организационной структуры, рациональных принципов управления, заключений экспертов, а также обобщения и анализа наиболее передовых тенденций в области организации управления.

К основным формам экспертно-аналитического изучения объекта управления относятся [6, 30]:

1) проведение обследований и анализа задач, функций и организационных связей подсистем и других компонентов системы управления;

2) осуществление диагностического анализа особенностей, проблем, узких мест в управлении исследуемого хозяйствующего субъекта;

3) проведение экспертных опросов руководителей и сотрудников для выявления и анализа основных характеристик построения и функционирования отдельных процессов и субъекта хозяйствования в целом;

4) разработка графических и табличных описаний организационной структуры и процессов управления, отражающих рекомендации по их улучшению с учетом вариантов возможных организационных решений.

При изучении объекта управления важно не только привлечь квалифицированных экспертов, но и найти форму систематизации записи, ясного представления их мнений и заключений. Экспертные опросы руководителей и сотрудников субъекта хозяйствования имеют исключительно важное значение не только как ценный источник информации, но и как способ проверки тех или иных организационных решений и преодоления психологических барьеров на пути внедрения организационных структур управления.

В последнее время возрастает роль массовых статистических обследований организационных структур управления, в процессе которых методами математической статистики (ранговой корреляции, факторного анализа и др.) выявляются устойчивые зависимости между размерами

компонентов системы, ее технологией функционирования и управления характером внешней среды, с одной стороны, и эффективными типами организационных структур, механизмов контроля, форм координации и т. п., с другой.

По результатам обследования определяется внешняя среда системы. При этом все компоненты разделяются на два больших класса – исследуемая система и ее внешняя среда. Такое деление существенно зависит от поставленной задачи. Следует отметить, что для существующих объектов управления их границы обычно определены и структуризация сводится к исследованию соответствия принятых границ поставленной задаче. Дальнейшая структуризация проводится отдельно для внешней среды и самой системы [30].

Во внешней среде локализуются компоненты, образующие вышестоящие и подчиненные подсистемы, а также подсистемы одного уровня с исследуемой. Оставшаяся часть внешней среды рассматривается либо как единая совокупность, либо подвергается дальнейшей структуризации в зависимости от характера поставленной задачи. Структуризация самой системы заключается в ее разбиении на подсистемы и завершается определением всех существенных связей между нею и системами, выделенными во внешней среде.

Результатом изучения субъекта хозяйствования являются разработка и составление его содержательного описания, в которое входят сведения о характере и количественных соотношениях различных подсистем, о степени взаимосвязи между ними. Здесь же приводятся постановка и состав решаемых задач, сформулированных на предыдущем этапе, исходные данные, перечень искомых величин и зависимостей, подлежащих оценке. Содержательное описание является исходным материалом для составления ТЗ на проектирование системы управления, в котором указываются цели и задачи системы, ее функциональная и организационная структура, функции отдельных подсистем, требования к информационному (в том числе и лингвисти-

ческому), программно-математическому и аппаратно-техническому обеспечению, критерии оценки эффективности, этапы ее разработки и ввода в эксплуатацию.

Организация функционирования субъектов хозяйствования в условиях их комплексной модернизации (автоматизации, информатизации и т. п.) требует четкой формулировки *предмета* системных исследований. В зависимости от конкретной области приложения предмет исследований может быть сформулирован с позиций разработки и создания [6]:

- идеологии, отражающей принципиальную точку зрения по исследуемым вопросам;
- концептуально-теоретических основ модернизации;
- научно-методических принципов модернизации системы управления;
- аналитико-прогностических и диагностических основ модернизации системы;
- аппаратно-программных и коммуникационных средств инструментально-индустриальной среды модернизации системы;
- организационно-функциональной деятельности хозяйствующих субъектов в рамках НТП, базирующейся на современных инновационных/интенсификационных подходах и новейших достижениях коммуникационной и компьютерной техники, информационных технологий.

3.2. Постановка цели управления

3.2.1. Миссия субъекта хозяйствования

Миссия определяет предназначение хозяйствующего субъекта, смысл его функционирования и направления развития. Она вырабатывается с учетом следующих факторов:

- истории хозяйствующего субъекта, в процессе которой формировались профиль, стратегия и стиль деятельности, место на рынке и т. п.;

- существующего стиля поведения и руководства, методов действий персонала при принятии управленческих решений;

- состояния внешней и внутренней среды хозяйствующего субъекта;

- имеющихся ресурсов, которые можно привести в действие для достижения поставленных целей;

- специфических особенностей отраслевого субъекта хозяйствования.

Выработка и формирование миссии хозяйствующего субъекта:

- способствует целостности и единству информационной среды внутри хозяйствующего субъекта и созданию корпоративных отношений;

- формирует общее представление о субъекте хозяйствования (к чему он стремится, какие средства используются в его функциональной деятельности, что способствует формированию и закреплению его определенного имиджа);

- создает предпосылки и возможность для более эффективного управления хозяйствующим субъектом и его составляющими.

Если миссия задает общие ориентиры и направления функционирования хозяйствующего субъекта, смысл его существования и предназначения, осуществляемые определенными действиями, то конечные состояния субъекта, к которым он стремится, фиксируются в виде его целей. Вся деятельность субъекта должна быть направлена на достижение этих конкретных состояний, которые для него желательны или заданы.

3.2.2. Общая характеристика цели управления

Всякая разумная деятельность должна быть целенаправленной, т. е. должна существовать цель, которую необходимо достичь. Цель – это категория, сущность которой

заключается в представлении субъектом желаемых результатов своей деятельности. Под целью понимается информационный образ целевого состояния (конечного продукта) системы, определяемого желаемым (заданным извне, или установленным самой системой) состоянием ее выходов. Цель определяет назначение системы, смысл ее функционирования, т. е. ее миссию. Сформулированная цель выражает точку зрения на то, для чего создается система, что она должна делать и какова ее эффективность [6, 29].

Необходимую эффективность (не экономическую прибыль) функционирования хозяйствующего субъекта можно обеспечить [2, 13]:

- созданием соответствующих условий в виде предпочтительных позиции в избранной предметной области знаний;
- предотвращением влияния неблагоприятных факторов и обстоятельств;
- своевременным началом и осуществлением исследовательской деятельности, не допускающей значительных потерь времени (перерывов);
- свободой стратегического маневра, обеспечивающего исключение (обход) тупиковых ситуаций;
- расширением базовых и смежных (сопутствующих) знаний по избранной проблеме (теме);
- отождествлением пользователем собственных целей с целями хозяйствующего субъекта.

Цели не должны иметь абстрактных формулировок, они должны быть поставлены предельно четко и однозначно, с конкретизацией конечного результата и времени (директивного срока) его достижения, оговаривать только предъявляемые требования к системе и заданные сроки их выполнения, не вдаваясь в детали и подробности. Не рекомендуется формулировать цель как «Разработка...», «Исследование...», «Изучение...», так как эти слова указывают на процесс достижения цели, а не на саму цель. Обычно ставится одна цель и формулируются несколько задач, ко-

торые необходимо решить для достижения поставленной цели.

Как правило, постановка цели проводимых исследований по управлению хозяйствующими субъектами производится в следующих направлениях [29]:

1. Создание идеологии и концептуальных основ резкого повышения эффективности функционирования субъектов и систем их функционирования за счет интенсификации организационно-производственных процессов.

2. Создание теоретико-методической базы формирования актуального и доступного информационного ресурса, его обработки с помощью КАПС системы управления и анализа полученных результатов, обеспечивающих повышение основных технико-экономических показателей и разрешение производственно-хозяйственных проблем.

В общем случае необходимо, чтобы каждая конкретная формулировка цели была четко определена с позиции следующих признаков [2]:

- предметного: должна быть полная ясность, с какими аспектами (производственным, техническим, экономическим, социальным и т. д.) функционирования системы связана цель;
- временного: является ли цель стратегической (постоянной, долгосрочной) или тактической (текущей, оперативной);
- пространственного: необходимо обозначить сферу деятельности (организация, район, область и др.), с которой связывается данная цель.

При этом функции целей [19]:

- отражают философию хозяйствующего субъекта, концепцию его деятельности и развития, основные направления деловой активности, а значит, и характер, и особенности общей и управленческой структур;
- уменьшают неопределенность текущей деятельности субъекта и его сотрудников;

- составляют основу критериев для выделения проблем, принятия решений, контроля и оценки результатов производственной деятельности;

- сплачивают вокруг себя членов коллектива.

Успешная реализация функций возможна при условии, когда цели отвечают требованиям, предъявленным к ним. *Требования* к целям хозяйствования субъекта должны быть [26]:

- конкретными (не только качественными, но и количественными);

- реальными (формулироваться пользователями уравновешенными, имеющими знания и опыт);

- гибкими (способными к трансформации и корректировке);

- признаваемыми пользователями;

- проверяемыми (для оценки степени достижения);

- совместимыми друг с другом (во времени и пространстве).

Разработка экономической политики хозяйствующего субъекта предполагает:

- определение целей и задач деятельности, функционирования субъекта хозяйствования;

- анализ сильных и слабых сторон деятельности субъекта;

- оценку существующих и перспективных направлений производственно-хозяйственной деятельности;

- анализ внешнего окружения и его влияние на функционирование хозяйствующего субъекта;

- определение альтернативных наборов производственно-хозяйственной деятельности;

- выбор стратегии развития;

- составление ежегодного бюджета хозяйствующего субъекта в целом, его функциональных и структурных подразделений.

Таким образом, разработка экономической политики субъекта хозяйствования предполагает определение целей

деятельности, стратегии развития на ближнюю и дальнюю перспективы исходя из оценки потенциальных возможностей и обеспеченности соответствующими ресурсами. Стратегия предполагает разработку обоснованных мер и планов достижения намеченных целей, в которых должны быть учтены научно-технический потенциал хозяйствующего субъекта и его производственные возможности.

3.2.3. Классификация целей

Цели классифицируются по следующим признакам [6, 29]:

1. По отношению целей к системе они подразделяются на *внешние* и *внутренние*. Под внешними понимаются цели, устанавливаемые вышестоящими органами, или цели взаимодействия с другими системами одного и того же уровня. Внутренние – это цели функционирования и развития конкретной системы и ее функциональных подсистем.

2. По степени важности и периоду реализации различают *стратегические* и *тактические* цели. Стратегические цели ориентированы на решение перспективных масштабных проблем, качественно меняющих функционирование хозяйствующего субъекта (выход на международную арену, обновление функциональной базы). Тактические цели являются промежуточными по отношению к стратегическим и отражают отдельные этапы их достижения. Для достижения стратегических целей требуется достаточно длительный и лишь приблизительно определяемый период времени.

3. По степени охвата системы цели подразделяются на *глобальные* и *локальные*. Под глобальной целью (доктриной), охватывающей всю систему, подразумевается информационный образ средства ликвидации проблемной ситуации, выраженной в терминах реализации неудовлетворительной потребности внешней среды. Локальная цель охватывает какую-либо подсистему и имеет частный характер.

4. По содержанию цели подразделяются на:

4.1. *Производственные*: разработка различных программ, снижение издержек производства и контроль качества продукции; производство новой и усовершенствование выпускаемой продукции; снижение себестоимости; установление нормативных показателей и др.

4.2. *Технологические*: компьютеризация, ведение новых технологий, строительство новых зданий.

4.3. *Научно-технические*: создание новой продукции, доведение прежней до мировых стандартов, совершенствование технического уровня производства.

4.4. *Административные*: достижение высокой управляемости хозяйствующим субъектом, трудовой дисциплины.

4.5. *Социальные*: благоприятные условия труда, жизни и отдыха пользователей, повышение их образовательного уровня и квалификации, медицинского обслуживания.

4.6. *Маркетинговые*: завоевывание рынков сбыта, привлечение новых покупателей, достижение лидерства в поставленных целях.

4.7. *Экономические*: укрепление финансовой устойчивости субъекта хозяйствования, рост прибыльности, увеличение рыночной стоимости акционерного капитала.

4.8. *В области финансов*: определение структуры и источников финансирования, разработка конкретных форм и методов перераспределения прибыли, минимизация налогообложения.

5. По форме выражения цели подразделяются на:

5.1. *Количественные*: производство продукции или оказание услуг в рублях, тоннах и т. д.

5.2. *Качественные*: выраженные на вербальном уровне, например благоприятный морально-психологический климат.

6. По уровню цели подразделяются на:

6.1. *Общие*, отражают концепцию развития хозяйствующего субъекта в целом и по важнейшим комплексным направлениям его деятельности. Они долгосрочны (напри-

мер, обеспечение оптимальной рентабельности, обеспечение устойчивости положения субъекта, разработка новых видов деятельности).

6.2. *Специфические* – средне- и краткосрочные, разрабатываются в подразделениях для общих целей, могут выражаться как в количественных, так и в качественных показателях (например, определение рентабельности по каждому отдельному подразделению, цели филиалов и дочерних компаний).

3.2.4. Методология целеобразования

Глобальная цель записывается в виде множества

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}, \quad (3.1)$$

в котором отдельные частные цели z_j ($j = 1, 2, \dots, n$) имеют разнообразный характер.

Выполнение поставленной цели (3.1) обеспечивается одновременным и последовательным решением ряда задач, которые конкретизируют цель, связывая ее с определенными путями и средствами достижения. Выполнение отдельных задач реализуется в форме мероприятий (работ) P_j ($j = 1, 2, \dots, m$), выраженных в виде множества

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}, \quad (3.2)$$

которое образует целевую комплексную программу (ЦКП) [4, 28]. Программные мероприятия должны быть строго определены по содержанию, обоснованы по ресурсам, увязаны по исполнителям, конкретизированы по срокам и направлены на достижение поставленной цели.

В сложных системах с иерархической структурой у каждой подсистемы существуют свои целевые функции. Поэтому такие системы должны рассматриваться как многоцелевые. В соответствии с разбиением системы от высших уровней к низшим возникает иерархия целей. К по-

следней обычно предъявляются два основных требования: полнота и отсутствие циклов. Полнота иерархии целей связана с учетом всех возможных задач на всех уровнях системы. Отсутствие циклов обуславливается непротиворечивостью отдельных целей, их взаимосвязью на всех уровнях иерархии.

Выделение целей по всем уровням иерархии системы с указанием зависимостей между ними образует *дерево целей*, представляющее собой разветвления от общих целей к частным. В отличие от (3.1) дерево целей можно описать выражением [6]

$$Z \rightarrow \sum_{i=1}^n (Z_i \rightarrow \sum_{l=1}^{K_i} (Z_{il} \rightarrow \dots \rightarrow \sum_{s=1}^{r_{il\dots s}} Z_{il\dots s}) \dots), \quad (3.3)$$

где Z – глобальная цель; Z_i – i -я подцель глобальной цели первого уровня иерархии; Z_{il} – l -я подцель второго уровня i -й цели (подцели) и т. д.; Σ – символ параллельного соединения подсистем.

Дерево целей выражает соподчинение и внутренние взаимосвязи отдельных подцелей. В общем случае взаимосвязи могут выражать согласованность целей, когда достижение одной из них способствует реализации другой; сопостоятельность, когда достижение одной цели тормозит реализацию другой; противоречивость, когда достижение одной цели исключает реализацию другой.

Как видно из выражения (3.3), глобальная цель дифференцируется на уровне подсистем высшего, затем среднего и, наконец, низшего уровней. Следует заметить, что если для верхних эшелонов иерархии цели носят наиболее общий, иногда качественный характер, то по мере понижения уровня они детализируются и конкретизируются, доходя до отдельных параметров и характеристик, которые должны быть достигнуты. Таким образом, при построении дерева целей иерархию подцелей доводят до уровня конкретных действий решаемой задачи.

Дерево целей строят на логической основе таким образом, чтобы мероприятия, проводимые для решения задач нижестоящего уровня, обеспечивали достижение целей вышестоящего. При этом целевые функции отдельных подсистем необязательно должны совпадать с целями всей системы в целом. Для эффективного функционирования системы необходимо, чтобы цели подсистем более низкого уровня были согласованы с целями подсистем более высокого уровня управления и ориентированы на достижение последних.

Одним из достоинств дерева целей является возможность упорядоченности (придания приоритетности), связанной с относительной значимостью (важностью) целей и мероприятий, направленных на их достижение. Определение значимости целей Z_i и важности мероприятий P_j производится с помощью неформальных эвристических методов, например метода экспертных оценок. В соответствии с последним каждой из сформулированных целей Z_i вышестоящего уровня присваивается некоторый весовой коэффициент λ_i относительной значимости [6]

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i \quad (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1).$$

Затем рассматривают типы мероприятий P_j , направленных на достижение поставленных целей Z_i , и устанавливают весовые коэффициенты M_{ij} относительной важности j -го мероприятия для достижения i -й цели, причем

$$\sum_{j=1}^m M_{ij} = 1.$$

Коэффициент (степень) приоритетности мероприятий P_j , направленных на достижение целей Z_i высшего уровня, определяется как

$$P_j = \sum_{i=1}^m \bar{\lambda}_i M_{ij}.$$

Аналогично рассматриваются цели и мероприятия на более низких уровнях структурной иерархии системы.

Общее значение коэффициента приоритетности R некоторого элемента дерева целей на любом уровне иерархии определяется произведением коэффициентов R_j всех компонентов вдоль данной ветви дерева, соединяющей рассматриваемый элемент с соответствующим элементом самого высокого уровня. Коэффициент приоритетности целей и мероприятий позволяет определить относительную зависимость и логическую последовательность реализации частных целей системы.

Проблемы целеобразования, т. е. постановка целей системы, относятся к числу проблем принятия решений. Учитывая, что разработка научно обоснованных методов целеобразования к настоящему времени еще далека от завершения, можно указать лишь общий подход к решению рассматриваемой проблемы. Последовательность процесса целеобразования, независимо от масштабов деятельности системы, может быть представлена блок-схемой (рис. 3.1), которая характеризует следующие этапы [6]:

1. **Формирование доктрины.** При формировании и постановке глобальной цели всегда необходимо определить класс исследуемой системы. После этого с помощью специального алгоритма производится анализ макромодели взаимодействия системы с внешней средой. Если цели заданы системой вышестоящего уровня, то изучаются и уясняются директивные документы (постановления, решения, приказы и т. п.), в которых сформулированы цели и направления деятельности в рамках рассматриваемой проблемы. Во всех случаях выбранная или директивно поставленная глобальная цель должна быть оценена на принципиальную достижимость.

2. **Прогноз ситуаций.** Для рассматриваемой сферы деятельности системы производится прогноз возможных ситуаций. При постановке целевых функций объектами прогнозирования являются: научно-технический прогресс, трудовые и материальные ресурсы, информационные потребности системы, социальные условия и др.

3.2. Постановка цели управления

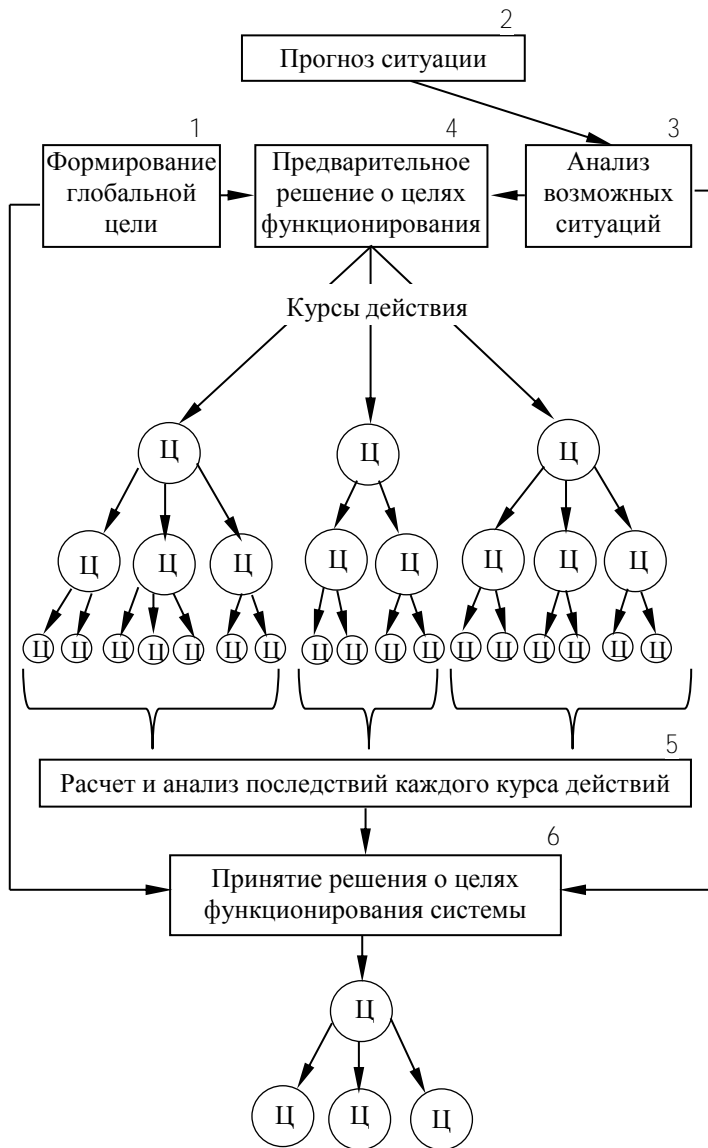


Рис. 3.1

В процессе прогнозирования, осуществляемого методами экспертных оценок и экстраполяции закономерностей, синтезируется вероятная информация о будущем функционировании и развитии системы. Осуществляя прогнозирование ситуаций, разрабатывается математическая модель процесса непрерывного изменения основных характеристик системы. На основании изученных данных об изменении этих характеристик в прошлом с помощью экстраполяции найденных тенденций производится прогноз возможных ситуаций развития системы.

3. **Анализ ситуаций.** Наибольшую эффективность при анализе и оценке возможных ситуаций обеспечивают методы экспертных оценок, основанные на эвристических процедурах. В основу этих методов заложены принципы декомпозиции цели, постоянного функционирования и обратной связи проводимых экспертиз.

4. **Предварительное решение.** Предварительная постановка целевых функций выполняется на основе сопоставления результатов анализа и оценки ситуаций с глобальной целью. При этом могут быть выбраны несколько целей наивысшего уровня системы. Цели будут независимыми, если их понятия не содержат одинаковых видовых признаков, принадлежащих содержанию глобальной цели. Две цели одного уровня считаются зависимыми, если невыполнение одной из них влечет за собой невыполнение другой. В конечном итоге важно получить минимально связанные между собой целевые функции при их формировании. Каждая цель после детализации порождает иерархическое дерево целей, называемое курсом действий (стратегией).

5. **Оценка результатов.** Дальнейший анализ заключается в расчете и сравнительной оценке последствий выбранных курсов действий, определении мероприятий по их реализации в течение директивного срока и необходимых для этого ресурсов. Сопоставление курсов действий позволяет принять решение – выбрать то дерево целей, которое является наиболее эффективным. Для оценки выбранных

курсов действий применяются математические модели, с помощью которых достигается их необходимая формализация.

6. **Окончательное решение.** На основании проведенных расчетов и анализа последствий каждого курса действий и его ресурсного обеспечения принимается окончательное решение по выбору дерева целей и программы работ по созданию целенаправленной системы. Производятся уточнение и корректировка глубины и степени детализации выбранной цели, классификация и ранжирование подцелей по их важности, исключение повторяющихся. Для обеспечения максимальной простоты работы с деревом целей должен быть обеспечен принцип суперпозиций, при котором декомпозируемая цель представляется суммой независимых подцелей данного уровня. Если подцель неосуществима, то ее необходимо уточнить или исключить, после чего вновь приступить к декомпозиции выбранной цели. Выбранное дерево целей должно быть достаточно простым и ясным. При его построении и представлении необходимо обеспечить взаимосвязь, соподчиненность, приоритетность, сопоставимость и полноту отдельных подцелей на каждом уровне иерархии системы.

3.3. Формулировка задач управления

3.3.1. Роль функциональных специалистов хозяйствующего субъекта в постановке задач управления

Поставленная цель достигается последовательным или одновременным решением ряда задач, которые характеризуют желаемый результат финансово-экономической и организационно-производственной деятельности субъекта хозяйствования. Под *задачей* понимается совокупность исходных условий и некоторой цели из общей иерархии це-

лей субъекта хозяйствования. Задача является как бы антиподом возникшей проблемы: если проблема характеризует складывающуюся ситуацию в системе на настоящий момент времени, то задача может создать ситуацию, которая желательна в системе; если формулировка проблемы позволяет установить причину возникшей ситуации, то формулировка задачи – путь устранения самой проблемы. Задач управления может быть несколько, и их решение составляет содержание процессов функционирования системы управления и ее подсистем. Задачи конкретизируют цель управления, связывая ее с определенными путями и средствами решения. В результате выполнения задач достигаются промежуточные или конечные цели, поставленные перед субъектом хозяйствования и его системой управления.

Постановка задач, как первоначальный этап системного анализа, отличается от постановки задач в математическом смысле, как формального способа записи их существа. В этом относительно узком смысле постановка задач рассматривается позже при модернизации конкретных протекающих процессов или их операций. На начальном этапе системного анализа постановка задач рассматривается в широком смысле, который предполагает описание проблемы на естественном языке, определение функций и рабочих процедур, источников и видов переменных управления и состояния системы.

Прежде всего выясняется само назначение проводимых исследований, так как от этого существенно зависят направление и содержание последующих этапов системного анализа и его результатов. При этом важно определить, что послужило причиной, вызвавшей решение о начале данного исследования по созданию системы управления. Вызвано ли это решение неудовлетворенностью существующими методами управления производственно-хозяйственной деятельностью, чем вызвана эта неудовлетворенность, кто ее выражает и как она сформулирована? Пред-

полагаются ли радикальные решения, связанные с коренной реконструкцией, принципиальным видоизменением действующей системы управления субъектом хозяйствования или хотелось бы улучшить ее работу на базе существующих возможностей?

На первый взгляд представляется, что ответы на подобные вопросы легко могут быть получены у специалистов хозяйствующих субъектов и их вышестоящих органов. Именно эти специалисты обладают нужными знаниями, чтобы вскрыть информационные потребности будущих абонентов системы, динамику первичных и вторичных документальных потоков, взаимосвязи и взаимодействия, сложившиеся в субъекте хозяйствования. Их многолетний опыт, детальное знание существующей системы управления протекающими процессами позволяют считать, что никто лучше их не знает, какие они испытывают трудности, какие ограничения им мешают, чего они хотят добиться [27].

Однако почти всегда оказывается, что задачи формулируются специалистами субъекта хозяйствования либо в весьма общих, трудно поддающихся конкретизации выражениях, либо, наоборот, ставятся узкие конкретные задачи, не охватывающие проблему в целом. Это объясняется не тем, что они недостаточно глубоко знают учреждение, в котором они работают, или у них отсутствуют специальные знания и навыки в области системного подхода. Психологически человек всегда убежден в правильности своих действий, ему кажется, что он учел все влияющие на решение факторы, предусмотрел последствия и взвесил все обстоятельства.

Принимаемые в сложных ситуациях решения [3], как правило, весьма далеки от оптимальных. Именно поэтому формулировки задач специалистами субъекта хозяйствования в большинстве случаев односторонни, выхватывают какой-либо один аспект деятельности системы, не учитывают многообразия различных факторов в системе и ее

внешней среде. Именно поэтому иногда бывает, что сформулированные этими специалистами задачи в результате уже первого этапа системного анализа меняются коренным образом.

С другой стороны, создание системы требует участия и специалистов других профилей [27]: системотехников, математиков-программистов, инженеров по автоматизации и вычислительной технике, лингвистов, экономистов и т. д. Однако эти специалисты не знают в полной мере специфических особенностей субъекта, протекающих процессов, требований к отбору, обработке информации и оценке полученных результатов, методов руководства и т. д. В большинстве случаев эти специалисты свою роль в решении общей задачи понимают односторонне, главным образом с точки зрения своей специальности, а не с общей концепции создания системы. Поэтому они не в состоянии определить те функции, которые должна выполнять система управления субъектом хозяйствования.

Выход из создавшегося положения находится в формировании коллектива специалистов, освоивших современную технику автоматизированного управления на базе ЭВМ, экономико-математические методы и сумевших преодолеть так называемый «психологический барьер» между специальностями различного профиля. Только в этом случае, при совместной работе всех специалистов, на основе глубокого понимания существа решаемой проблемы, функциональных особенностей разрабатываемой системы и потребностей ее пользователей можно правильно осуществить постановку исследуемых задач управления производственной деятельностью субъекта хозяйствования.

3.3.2. Классификация, конкретизация задач и их ранжирование по приоритету

Содержание каждой задачи определяется характером и спецификой конкретных функций управления, в которую

3.3. Формулировка задач управления

она входит. С точки зрения автоматизации решения задач, при их постановке и формулировке следует различать два типа. К первому типу принято относить задачи, которые ранее не решались в существующей системе управления, ко второму – задачи, которые решались, но вручную. Характеристика сущности этих типов задач приведена в табл. 3.1 [6].

Таблица 3.1

№	Краткая характеристика задачи	Содержание задачи первого типа	Содержание задачи второго типа
1	Цель постановки и решения задачи	Дается обоснование цели решения задачи, указывается влияние локального критерия на глобальный	Приводится эффективность решения задачи, например устранение избыточности информации и т. д.
2	Перечень объектов, на которые распространяется задача	Перечисляются процессы и подразделения, деятельность которых охватывается модернизацией, описываются вновь вводимые процедуры	Описываются изменения, которые претерпевают существующие процедуры управления
3	Функциональная схема и ее описание	Описывается взаимосвязь данной задачи с управленческим персоналом и другими задачами	Уточняется сущность
4	Периодичность решения задачи	Определяется исходя из требований системы управления	Обосновывается изменение периодичности решения задачи

Окончание табл. 3.1

№	Краткая характеристика задачи	Содержание задачи первого типа	Содержание задачи второго типа
5	Временные оценки подготовки и использования информации	Определяются трудовые затраты на подготовку входной информации и затраты на использование выходных данных при решении задачи	Приводятся статистические данные, характеризующие рутинное решение, и сравниваются с аналогичными данными для модернизированного решения задачи
6	Надежность функционирования задачи, резервирование надежности	Разрабатываются методы, обеспечивающие надежность решения задачи, и инструкции поведения персонала при сбоях решения задачи	То же, что и для задач первого типа

При этом должно быть обеспечено эффективное решение перечисленных задач и тем самым повышение производительности и культуры труда пользователей субъекта хозяйствования. Состав задач, подлежащих комплексной модернизации, определяется исходя из их значимости, периодичности и интенсивности решения, а также наличия ресурсного обеспечения. Постановка и характеристика комплекса задач обычно выполняются в виде неформализованного текстового описания, которое в целях наглядности дополняется различного рода схемами и графиками.

С учетом вышеизложенного при модернизации субъектов хозяйствования поставленная выше цель достигается решением таких наиболее типичных задач, как [6]:

1. Проведение системного анализа и оценка передового опыта и современного состояния исследуемой проблемы.
2. Выявление основных направлений, постановка цели и задач исследования, поиск возможных альтернатив и

стратегий комплексной модернизации субъектов хозяйствования в условиях широкого применения ИКТ.

3. Разработка теоретико-методологических основ построения инструментальной среды обработки и передачи информации автономного и коллективного пользования.

4. Выявление специфики функциональной и организационной структур управления субъектов хозяйствования.

5. Формирование архитектурного облика и конфигурации системы управления хозяйствующим субъектом.

6. Оптимизация информационного ресурса и организация доступа к нему.

7. Обеспечение необходимой полноты, оперативности и скорости обработки и передачи информации, ее достоверности и защиты.

8. Применение типового, унифицированного КАПС, обеспечивающего интеграцию унаследованных и разрабатываемых аппаратно-программных и коммуникационных решений.

9. Повышение технико-экономических показателей субъекта хозяйствования.

10. Минимизация трудовых, временных, финансовых и прочих материальных затрат.

В полученном перечне задач, подлежащих модернизации, их располагают по приоритету, обычно в порядке убывания технико-экономической эффективности. Из этого перечня выбирают первые задачи в том объеме, который определяется ограничениями на выделенные ресурсы, директивные сроки и т. д. В большинстве случаев в состав очередей включают отдельные комплексы задач, с помощью которых реализуются функции управления. При ограниченных ресурсах такой подход оправдан, однако в этом случае выделенные комплексы задач должны представлять собой единую систему, а не просто набор случайных независимых задач.

Ранжирование задач и задание им приоритетов осуществляются путем их упорядочивания, при котором зна-

чение экстремальной критериальной функции, оценивающей эффективность решения каждой задачи, достигает некоего заранее установленного уровня. Выбор приоритетов решения задач является неформальной процедурой и может осуществляться с использованием методов теории принятия решений. Согласно этим методам определение приоритетности и выбор первоочередных задач информатизации целесообразно проводить в следующем порядке [6]:

1. Составляется полный перечень задач, подлежащих модернизации; исключаются повторяющиеся задачи.

2. Оценивается важность решения каждой задачи с точки зрения достижения поставленной цели с учетом выделенных ресурсов.

3. Анализируется степень тесноты взаимосвязей между отдельными задачами, определяются тип и интенсивность их решения.

4. Выявляются ключевые задачи, реализация которых открывает возможность решения соподчиненных задач.

5. Определяются частота применения и многократность использования полученных результатов по каждой задаче.

6. Оцениваются своевременность и достоверность получения исходной информации для каждой задачи, возможность создания информационной базы системы управления.

7. Определяется трудоемкость операции по сбору, подготовке и обработке исходных и промежуточных данных по каждой задаче.

8. Оцениваются сложность применяемых методов решения отдельных задач и потребность в необходимости вычислительных мощностях.

9. Определяются уровень и наличие (или возможность приобретения в намеченные сроки) необходимой ВТ для решения сформулированных задач управления.

10. Оцениваются наличие квалифицированного состава разработчиков и подготовленность хозяйствующего субъекта к внедрению ИТК.

11. Производится сопоставимая оценка задач по выбранному критерию эффективности их модернизации с учетом ограничений на выделенные ресурсы, директивные сроки и т. п.

12. Выбирается показатель эффективности решения перечня задач, которые располагаются в порядке убывания приоритета.

Для каждой очереди выполняются взаимосвязи комплексов задач: последовательность решения и выдачи результатов, использование одними комплексами задач выходных данных других, возможность обработки данных на общем КАПС и т. п. Одновременно определяются внешние связи в сопоставлении со входами и выходами комплексов задач.

3.3.3. Методологические основы постановки задач управления

В практике планирования и управления термин «задача» понимается в узком смысле как процесс нахождения количественных значений технико-экономических показателей, характеризующих функционирование системы управления. Решение задачи сводится к чисто вычислительной процедуре, осуществляемой самыми современными математическими методами. Само решение задачи, ее результат представляют искомые количественные значения. Задача, в широком смысле этого слова, представляет собой совокупность четырех логически взаимосвязанных *элементов*: формулировки задачи, разработки процесса ее решения, непосредственного решения задачи как результата и процесса ее реализации.

При постановке задач функционирования сложной системы планирования и управления необходимо:

- уяснить, отчего и в связи с чем возникла данная конкретная задача;
- установить, почему она рассматривается как нерешенная, выявить ее отличие от аналогичных или смежных задач.

Для этого требуются четкая формулировка задачи, ее анализ и поиск возможных альтернативных путей решения. Одними из основных вопросов при создании системы управления являются определение, формулировка и постановка перечня задач, реализующих некоторую функцию, под которой подразумевается действие рассматриваемой системы при преобразовании некоторых исходных или начальных данных, характеризующих переменные управления, в желаемый конечный результат, определяемый переменными состояниями. При этом наиболее важными являются два обстоятельства: влияние выделенных функций управления на конечный результат, определяющий повышение эффективности функционирования управляемой системы, и обеспечение модернизации выбранной функции таким образом, чтобы комплекс задач, ее реализующих, не прерывался другими задачами, решаемыми в ином режиме.

Процесс формулировки задачи выполняется в определенной последовательности и включает в себя цели, выбранные из комплекса целей субъекта хозяйствования, с обязательным указанием сроков их достижения; описание сложившейся ситуации: выбор критериев эффективности решения задачи управления; временный интервал, выделенный на разработку задачи.

В первую очередь выделяется цель или взаимосвязанный комплекс целей, для достижения которых необходимо решать данную конкретную задачу. Формулировка цели составляет основу постановки задачи. Далее описывается ситуация с точки зрения цели решаемой задачи. Основой для описания ситуации является априорная информация о прошлой деятельности субъекта хозяйствования, отчетные данные. Здесь приводится аналитическая информация: динамика и темпы развития субъекта хозяйствования, отклонения от запланированных показателей и т. д. Описание ситуации должно быть полным, конкретным и достоверным. Следующим этапом формулировки задачи является выбор критерия или показателей эффективности решения

задачи. Заключительный этап – определение срока выработки решения. В условиях крупномасштабного и динамически развивающегося субъекта хозяйствования задачи управления приходится ставить и решать а условиях дефицита времени на выработку решения, что в свою очередь оказывает влияние на методы решения, количество рассматриваемых вариантов и т. д.

При анализе выбранной или сформулированной задачи необходимо [6]:

- выявить компоненты (фазовые переменные) задачи, не зависящие от структуры и методов построения системы (факторы окружающей среды, независимые переменные), которые определяются принципом ее построения (цели или зависимые переменные) и могут быть использованы при ее разработке (факторы решения);
- выявить ограничения или граничные условия, т. е. предельные значения всех переменных;
- прогнозировать вероятные значения факторов окружающей среды и других возмущающих воздействий;
- установить возможные пути решения сформулированной задачи качественно связывающей цели, ситуации, критерии и время ее решения.

Анализ подлежащих модернизации задач осуществляется в соответствии с иерархией уровней управления либо «сверху вниз», либо «снизу вверх». В первом случае важно определить, с какого уровня следует начинать модернизацию функций производственного управления. Когда выяснится, что некоторый уровень управления представляется возможным модернизировать, следует оценочно определить, целесообразно ли это делать, возрастает ли эффективность объекта управления настолько, что это окупит затраты на его модернизацию. Выделив некоторый уровень как подлежащий модернизации, аналогичным образом рассматривают последующие более низкие уровни иерархии управления. При подходе «снизу вверх» сначала рассматривают нижний уровень – непосредственное управление

протекающими процессами и определяют целесообразность и возможность его модернизации, а затем переходят к задачам оперативного управления и т. д.

При анализе задач управления возможен принципиально иной подход, при котором в качестве самостоятельного объекта рассматриваются одна или несколько функциональных подсистем и к ним применяется один из описанных выше методов. Таким же образом рассматриваются комплексы задач внутри функциональных подсистем. В этом случае предусматривается возможность последующего согласования выделенного комплекса задач с другими, иначе его придется практически разрабатывать заново.

Для каждой очереди определяются взаимосвязи комплексов задач: последовательность решения и выдача результатов, использование одними комплексами задач выходных данных других, обработка данных на общих технических средствах, единое ИО и т. п. Одновременно определяются внешние связи в сопоставлении со входами и выходами комплексов задач. Дополнительно проводят анализ воздействия выделенных комплексов задач на управляемую подсистему, определяя системность этих воздействий. Решение задач создания системы обеспечивается отдельными ее подсистемами и достигается с помощью определенных ресурсов. Выбор альтернативных путей достижения поставленных целей заключается в определении и оценке КАПС, который может быть использован для решения конкретных задач управления субъектом хозяйствования.

Существуют две формы альтернатив: функционально (разница в виде) и операционно (разница в степени) различные варианты. Функциональную форму можно продемонстрировать на примере двух вариантов создания АСУ на базе собственного ИВЦ и на базе ИВЦ коллективного использования. Здесь одна и та же проблема может быть решена с помощью двух альтернатив, двух возможностей. Операционную форму альтернатив можно пояснить с помощью нескольких вариантов построения КАПС. Функци-

ональные альтернативы отличаются средствами решения задачи, а операционные – способами, с помощью которых объекты управления, их свойства и связи агрегируются в систему управления.

Методы разработки альтернатив, их содержание определяются характером и спецификой поставленных задач, поэтому для эффективной разработки альтернативных путей достижения поставленных целей необходимо определить класс решаемых задач. Существование альтернативных путей достижения целей и решения вытекающих задач вызывает необходимость их сравнительной оценки с помощью специальных критериев. Кроме сравнительной оценки различных альтернатив производятся и логические суждения, указывающие на предпочтительность той или иной альтернативы по сравнению с другими.

При разработке альтернатив решения задачи производственного управления возникает вопрос о количестве этих альтернатив. Для получения всех вариантов решения лишь только в некоторых случаях в системе имеются все необходимые и достаточные условия. Обычно же ситуация настолько сложна, что теоретическое количество вариантов может быть очень большим. Однако при сколь угодно большом числе вариантов решения «пространство решений» все же всегда ограничено. Поэтому вопрос о количестве альтернатив – это вопрос о затратах средств и времени на разработку решения. Если увеличение количества анализируемых альтернатив может привести к значительному улучшению решения, то и дополнительные затраты будут оправданы. Но эффективность решения нелинейно зависит от количества принятых альтернатив. При решении конкретной задачи при достижении определенного числа учитываемых вариантов решения дальнейшее увеличение его уже не приносит ощутимого повышения эффективности. Как показывает практика, оптимальным количеством учитываемых альтернатив, при котором решения стабилизируются, является число «семь».

Поиск возможных путей решения поставленных задач управления осуществляется по следующим практическим направлениям [6]:

- подбор существующих систем для выполнения заданной функции и решения вытекающих из нее задач;
- модернизация существующих систем для реализации рассматриваемой функции и решения ее задач;
- разработка оригинальной системы, не имеющей аналогов.

В соответствии с этим выделяют такие этапы собственного процесса разработки альтернатив решения задачи, как [6]:

- содержательная нестрогая формулировка каждого варианта решения (идея альтернативы);
- сопоставимая оценка альтернатив по критерию эффективности, комплексу характерных показателей и принятым ограничениям, сопровождаемая соответствующими расчетами с использованием формально-логических и математических методов;
- исключение альтернатив, не удовлетворяющих критерию эффективности и граничным условиям;
- выбор класса описывающей модели и строгая разработка оставшихся конкурирующих альтернатив;
- прогнозирование возможности практической реализации каждой альтернативы и ее последствий;
- сводный анализ всех принятых к рассмотрению альтернатив с указанием преимуществ и недостатков каждой из них;
- выбор и корректировка наилучшей альтернативы и согласованного проекта решения задачи.

Задачи управления характеризуются степенью их взаимосвязи. Последняя определяется двумя параметрами: интенсивностью и типом взаимосвязи. Интенсивность взаимосвязи определяется частотой обмена информацией между задачами. Тип взаимодействия задач определяется двусторонними, последовательными, параллельными и косвенными связями.

ГЛАВА 4

ПРЕДПРОЕКТНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СУБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

4.1. Методологические основы предпроектного обследования

4.1.1. Вводные замечания

Предпроектная стадия включает в себя комплекс научно-исследовательских и организационно-методических мероприятий, направленных на сбор и систематизацию данных о всех аспектах деятельности хозяйствующих учреждений, на основании которых производятся анализ и оценка существующей системы управления протекающими операциями и процессами, а также определение путей и направлений ее модернизации, рационализации и совершенствования. Полученные данные являются основой для разработки ТЭО и ТЗ на проектирование инструментария системы управления.

Предметом предпроектного обследования является разработка идеологии целесообразности создания и реализации инструментальной среды управления производственно-хозяйственными и административно-управленческими процессами, выполненной в виде комплекса организационно-экономических, информационно-технологических и аппаратно-программных средств современной ВТ. Основные методические и практические положения по предпроектному обследованию изложены применительно к существу-

ющей системе управления производственной и хозяйственной деятельностью, ее организационной и функциональной структурам, сопровождающим информационным потокам и актам принятия решений для субъектов хозяйствования любого уровня, профиля, назначения и формы собственности. В первую очередь, обследованию подлежат основные структурные подразделения и процессы, выполняющие все функции управления (планирование, организация, регулирование, учет и контроль).

Проведение предпроектного обследования субъекта хозяйствования должно быть целенаправленным, т. е. должна быть поставлена *цель*, которая может быть сформулирована как разработка принципов и рациональных (в идеале – оптимальных) рекомендаций по перестройке и формированию процессов управления административно-производственной деятельностью с помощью экономико-математических методов, современной ВТ и коммуникационных каналов связи.

Поставленная цель достигается одновременным или последовательным решением ряда задач, которые конкретизируют цель предпроектного обследования, указывают пути и средства ее реализации. В ходе обследования необходимо решить следующие *задачи*, которые позволяют выяснить или уточнить:

- назначение АСУ, способы реализации, функциональные задачи, решаемые в процессе достижения поставленных целей, и их сложность;
- целесообразность создания АСУ как инструмента, направленного на улучшение процессов управления и расширение функциональных возможностей производственно-хозяйственной деятельности объекта хозяйствующего (субъекта управления);
- объемы и структуру информационных потоков в системе управления, ожидаемую динамику их изменения и развития;
- критерии качества решения функциональных задач управления субъектом хозяйствования;

- причины несоответствия качества решаемых задач требуемому (или желаемому) состоянию автоматизируемых операций, процессов и субъекта хозяйствования в целом;

- наличие функциональных задач, возможность решения которых связана с необходимостью разработки и внедрения средств модернизации;

- возможность использования эффективного информационного и программного обеспечения для создания АСУ;

- организационную структуру и взаимосвязи между отдельными подразделениями и обслуживающими подсистемами АСУ.

В результате обследования и системного анализа на основе количественных оценок, оптимальных принципов управления, заключений экспертов, а также обобщений наиболее передовых тенденций в области развития производственно-хозяйственной сферы выявляются специфические особенности изучаемого объекта управления, возникающие проблемы, недостатки и узкие места в функционировании протекающих процессов, в работе аппарата управления и его подразделений.

На основе проведенного обследования определяются и уточняются состав функций и задач управления, подлежащих модернизации, очередность их разработки и внедрения. При этом учитываются степень влияния модернизации той или иной задачи на повышение производительности труда пользователей и управленческих работников, снижение трудоемкости работ и затрат на их реализацию.

По результатам изучения и системного анализа производится структуризация объекта управления, при которой локализовываются границы исследуемой системы и определяется ее внешняя среда. Для функционирующих субъектов хозяйствования их границы, как правило, в основном определены, и решение вопросов структуризации сводится к анализу соответствия принятых границ поставленным целям и задачам. Выбор объекта управления осуществляет-

ся на основе проведенного обследования, анализа целесообразного объема автоматизированных функций хозяйственного управления с учетом достигнутого НТУ средств компьютеризации, возможности их приобретения, а также подготовленности субъектов к модернизации.

4.1.2. Методы и формы обследования

Качество предпроектного обследования субъекта хозяйствования и его системы управления во многом зависит от методов его проведения, которые должны обеспечить достоверность и полноту получения исходной информации при минимальных затратах средств и времени. Под **методами** обследования понимаются способы организованного сбора данных и получения необходимых сведений по соответствующей программе. Программа обследования предусматривает проведение работ с помощью экспертно-аналитических методов полного (сплошного) и выборочного обследования. Возможны комбинации этих двух методов.

Методом *полного* обследования изучаются: существующая структура хозяйствующего субъекта, объем и номенклатура документооборота, информационные потоки, состояние нормативной базы, уровень механизации и автоматизации управленческого труда и отдельных производственных процессов (операций). Метод *выборочного* обследования заключается в полном обследовании одного структурного подразделения из ряда однотипных и распространении полученных результатов на остальные – подобного типа. Этот метод применяется для обследования основной деятельности субъекта хозяйствования и схожих по профилю подразделений.

К основным *формам* экспертно-аналитических методов полного и выборочного обследования относятся:

- 1) проведение личных бесед (интервью) и экспертных опросов руководителей и отдельных работников;
- 2) заполнение работниками специальных опросных листов (анкет);

3) самофотография или фотография протекания производственно-управленческих процессов рабочего дня сотрудников;

4) моментные (случайные) наблюдения;

5) изучение отчетной документации.

Экспертно-аналитические методы обследования основных видов деятельности субъектов хозяйствования, их подразделений и процессов имеют исключительно важное значение не только как ценный источник получения исходной информации, но и как способ проверки тех или иных организационных решений и преодоления психологических барьеров на пути внедрения новых структур управления на базе ИКТ и их аппаратно-программных средств информатизации. При проведении предпроектного обследования с помощью экспертно-аналитических методов важно не только привлечь квалифицированных экспертов, но и найти форму систематизации записи полученных результатов и их обработки.

4.1.3. Программа, план-график и организация работ по обследованию

Обследование хозяйствующих учреждений осуществляется на основе *программы*, представляющей собой перечень вопросов, ответы на которые достаточно полно характеризуют различные аспекты деятельности объекта управления в целом и его структурных подразделений, и способствует определению основных параметров и характеристик АСУ. Содержание программы в значительной мере определяется субъектом обследования и задачами разработки АСУ.

В общем случае в программе обследования отражаются следующие *вопросы*:

- перечень работ, которые необходимо выполнить при проведении обследования;

- последовательность выполнения работ;
- методические указания по выполнению работ;
- требования к завершению каждой работы и порядок ее представления руководству.

Программа обследования включает в себя *разделы*:

1. Общая характеристика хозяйствующего субъекта и основных показателей его функционирования.

2. Структура управления производственно-управленческой деятельностью субъекта хозяйствования.

3. Характеристика методов планирования, организации, учета, контроля и регулирования по:

- технико-экономическому управлению;
- оперативно-производственному управлению;
- финансово-бухгалтерской деятельности.

4. Характеристика и обоснование внешних и внутренних информационных потоков, включающих:

• документированные и не документированные сообщения;

- процессы формирования показателей и документов;
- маршруты движения документов;
- процессы принятия управленческих решений.

К документированным сведениям, характеризующим различные аспекты функционирования хозяйствующего субъекта, относятся: планово-экономические, бухгалтерско-финансовые, учетно-статистические, справочные и другие данные. Набор отдельных документов и процессы их формирования, а также расчеты показателей характеризуют систему управления субъектом хозяйствования, маршруты движения документов и их содержание дают представление о характере работ каждого его структурного подразделения.

Обследование объекта управления осуществляется на основе *плана-графика* (табл. 4.1), который определяет порядок и последовательность проводимых работ, сроки завершения их отдельных этапов, распределение исполнителей и формы представления результатов.

Таблица 4.1

№ п/п	Содержание работ	Объект обследования	Метод обследования	Состав бригады		Сроки проведения работ		Форма представления материалов
				Ф.И.О.	Ответственный исполнитель	Начало	Окончание	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В плане-графике находят отражение вопросы распределения работ между Заказчиком и Разработчиком, регистрация результатов обследования. План-график обычно предусматривает порядок сбора информации по структурным подразделениям, обсуждения методики обследования и полученных результатов. Здесь же рассматриваются и решаются вопросы относительно выбора методов проведения обследования, т.е. определяются границы и соотношения полного и выборочного методов экспертно-аналитического обследования. В соответствии с принятыми методами определяются конкретные исполнители и сроки проведения работ.

Таким образом, план-график предусматривает перечень работ, связанных с предпроектным обследованием, и включает не только работы непосредственного проведения обследования, но и может включать подготовительно-заключительные мероприятия, такие как: проведение предварительного обследования, организация координационной группы по обследованию и ее обучение, составление анкет, таблиц, инструкций, оформление результатов. План-график целесообразно представлять в виде сетевых графических моделей.

В качестве **Заказчика** на создание АСУ выступает обследуемый субъект хозяйствования, руководитель которого обеспечивает решение всех организационных вопросов

и участие своих сотрудников в выполнении, работ, проводимых на предпроектной стадии. *Разработчиком* АСУ, как правило, должна являться специализированная научно-исследовательская или проектно-конструкторская организация. Работы по предпроектному обследованию осуществляются после заключения соответствующего договора между Заказчиком и Разработчиком.

Обследование хозяйствующего субъекта и его системы управления начинается после издания соответствующего приказа, в котором указываются:

- объекты и сроки обследования;
- состав сотрудников (бригада высококвалифицированных специалистов Заказчика и организации-разработчика), участвующих во всех этапах обследования;
- ответственные лица за своевременное и качественное представление результатов и материалов обследования.

К приказу руководителя прилагаются программа и детальный план-график выполнения работ по предпроектному обследованию. Работы на предпроектной стадии создания и при проведении системного анализа полученных результатов выполняются в последовательности:

1. Предварительно-подготовительные работы по обследованию.
2. Выполнение непосредственного обследования.
3. Проведение системного анализа по результатам обследования.
4. Разработка документов по материалам проведенных обследований и анализа.

На этапе *подготовительных* работ (первый этап) составляется план обследования по следующим направлениям:

- определение подразделений и процессов управления, подвергающихся обследованию;
- подготовка и составление программы обследования;
- подготовка и разработка детального плана-графика проведения работ по обследованию;

- выбор методов проведения обследования;
- подготовка персонала служащих и подбор квалифицированных экспертов.

Работы *второго* и *третьего* этапов заключаются в проведении непосредственного изучения объекта управления, сборе и систематизации материалов обследования, анализе существующей системы управления производственно-экономической деятельностью субъекта хозяйствования и путей ее совершенствования и рационализации.

Работы *заключительного* этапа предпроектной стадии включают разработку трех документов:

- отчета об обследовании хозяйствующего субъекта;
- ТЭО целесообразности проведения разработки и внедрения АСУ;
- ТЗ на разработку и проектирование системы.

Комплекс работ, проводимых на предпроектной стадии, определенным образом разграничивается между Заказчиком и Разработчиком.

Заказчик осуществляет сбор, систематизацию и представление Разработчику всей необходимой информации, совместно с ним составляет предложения по совершенствованию системы управления и интенсификации протекающих процессов и операций, ТЗ на создание АСУ и перечень мероприятий по подготовке субъекта хозяйствования к внедрению технических средств модернизации.

Разработчик осуществляет научно-методическое руководство всеми работами по обследованию, формирует перечень работ по всем его этапам, анализирует и обобщает полученные результаты, совместно с Заказчиком составляет отчет о проделанной работе, участвует в разработке ТЗ на создание АСУ и перечня мероприятий по подготовке хозяйствующего субъекта к внедрению более совершенной системы управления.

4.2. Обследование организационной и функциональной структур субъекта хозяйствования

В процессе предпроектного обследования выявляются основные сведения и особенности, характеризующие субъект хозяйствования в целом и его функциональные подразделения. К таким сведениям относятся назначение и структура хозяйствующего субъекта, его отраслевая или иная специализация. При этом предоставляются сведения по штату сотрудников, их составу и численности по отдельным категориям, описываются степень централизации функций управления и критерии оценки эффективности деятельности обследуемого субъекта.

Важной частью исследований на предпроектной стадии обследования субъекта хозяйствования является системный анализ, направленный на выявление современных тенденций и факторов его дальнейшего развития. При этом перспективы развития хозяйствующего учреждения должны предусматривать повышение научно-технического уровня (НТУ) всех аспектов его функционирования ориентировочно на 5 лет.

Одним из центральных моментов при проведении предпроектного обследования являются изучение и анализ организованной и функциональной структур управления. Организационная и функциональная структуры представляют собой взаимосвязанные части системы управления субъектом хозяйствования. Поэтому с целью выявления их соответствия обследование и системный анализ организационной и функциональной структур проводятся одновременно. При этом выявляется адекватность организационной структуры функциям планирования, регулирования, учета и контроля качества работы обследуемого субъекта хозяйствования на различных уровнях иерархии управления.

4.2. Обследование организационной и функциональной структур...

Обследование организационной структуры хозяйствующего субъекта начинается с изучения его структурной схемы. При этом определяются особенности организационной структуры, выясняются уровни ее иерархии, анализируется возможность объединения (разделения) отдельных подразделений и процессов.

При обследовании функциональной структуры изучаются функционально-должностные обязанности отдельных подразделений хозяйствующего субъекта, его внутренних звеньев и отдельных руководящих, профессиональных сотрудников и служащих, их влияние на работу других подразделений и всего объекта управления в целом.

В соответствии с принципами системного подхода функциональная структура субъекта хозяйствования обычно представляется в виде концептуальной модели. При изучении функциональной структуры выясняются следующие данные, необходимые для проведения системного анализа:

1. Перечень, порядок и периодичность выполнения возложенных функций в целом по каждому подразделению, его внутренним звеньям и отдельными должностными лицами. Эти данные представляются в форме табл. 4.2.

Таблица 4.2

№ п/п	Наименование подразделения (звена)	Наименование должностной функции	Исполнитель	Характеристика должностной функции		
				Периодичность выполнения	Трудоемкость (мин.)	Среда выполнения
1	2	3	4	5	6	7

При этом учитываются:

- количество специалистов и административных сотрудников по подразделениям, их образование, должностные оклады;

- наличие должностных инструкций и различного рода положений о правах и обязанностях отдельных подразделений и должностных лиц, их соответствие требованиям сегодняшнего дня;

- время, затрачиваемое сотрудниками на выполнение отдельных видов работ;

- количество сотрудников высокой квалификации, выполняющих работы, требующие более низкой подготовки;

- недостаточность загрузки дорогостоящей современной ВТ и другого информационного оборудования;

- обеспеченность средствами связи;

- существующие технические средства, применяемые для выполнения основных функций и отдельных видов работ.

2. Характеристика и параметры существующих технических средств, применяемых для выполнения основных функций и отдельных видов работ. Обследование состояния средств ВТ, оргтехники, автоматизации профессионального и административного труда производится путем сбора и анализа данных о составе компьютерных средств, приборов и оборудования, находящихся в отдельных подразделениях. Результаты обследования представляются по форме (табл. 4.3).

Таблица 4.3

№ п/п	Наименование	Модель и тип	Назначение	Количество					Стоимость	
				Всего	в том числе по подразделениям				одного устройства	всех устройств
					6	7	8	9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

При этом оцениваются возможности повышения эффективности функционирования хозяйствующего субъекта

посредством внедрения НОТ, ИКТ и ВТ. Для определения областей применения ПЭВМ необходимо выяснить:

- какие работы и процессы целесообразно переложить на ВТ;
- можно ли с помощью ПЭВМ объединить ряд работ;
- модернизация каких процессов дает наибольший эффект;
- какие подготовительные работы необходимы при внедрении ИКТ и их примерная стоимость;
- какие задачи являются типовыми и наиболее быстро переводимыми на ПЭВМ;
- какие возможности дает ВТ в получении до сих пор недоступной информации и как это повлияет на качество принимаемых решений.

После получения всех данных выясняются соответствия:

- организационной и функциональной структур управления;
- функциональных обязанностей, предусмотренных в положениях о подразделениях и инструкциях;
- перечня выполняемых работ и целесообразность их передачи в другие подразделения или другим сотрудникам;
- реально выполняемых работ и функциональных обязанностей сотрудников подразделений.

В процессе обследования организационной и функциональной структур управления и анализа полученных результатов определяются излишние связи, дублирование выполняемых функций, производятся окончательное уточнение границ объекта управления и оценка их соответствия поставленным целям и задачам. Кроме того, на основе выявленных недостатков рассматриваемых структур формулируются направления и рекомендации по их устранению.

4.3. Обследование методов, функций и задач управления

После обследования функциональной и организационной структур субъекта хозяйствования переходят к изучению отдельных методов и функций управления, которое предусматривает:

1. Оценку эффективности используемых методов планирования, организации, учета и контроля.
2. Установление применяемых методов оперативного управления основными протекающими производственно-хозяйственными процессами.
3. Установление оптимальности, периодичности и сроков получения плановых и учетных данных.
4. Оценку методов расчета и использования плановых заданий.
5. Выбор способа реализации принятых методов и функций управления на ЭВМ и других средствах автоматизации.

Характеристика применяемых методов и функций управления должна *отражать*:

- существующую систему утверждения планов и программ выпуска продукции и оказания услуг;
- порядок разработки и доведения перспективных и текущих планов;
- форму и показатели, планируемые в целом по субъекту хозяйствования и его отдельным подразделениям;
- увязку планируемых показателей субъекта хозяйствования и его структурных подразделений;
- методику и формы расчета производственных мощностей для изготовления продукции и оказания услуг;
- сроки доведения (установления) всевозможных плановых заданий и их характеристику;
- применяемые методы и формы оперативного учета производства продукции и оказания услуг;

- методы оперативного контроля хода производственно-хозяйственных и административно-управленческих процессов;

- систему бухгалтерского учета и статотчетности.

Под *функцией управления* обычно понимается специализированная часть регулярной организационной деятельности субъекта хозяйствования информационно-управленческого характера, отличающаяся однородностью целей, способами подготовки, принятия и выполнения решений.

Функции, осуществляемые аппаратом управления хозяйствующего субъекта, подразделяются на *общие* (планирование, организация, распорядительство, координация, связь, контроль, учет и т. д.) и *специальные* (обучение, исследование, разработка, производство, обеспечение, обслуживание, сбыт, финансы и т. п.). Общие функции относятся к собственно функциям управления, а специальные – это виды учебно-методической, научно-исследовательской, производственно-хозяйственной и любой другой деятельности, каждая из которых должна стать объектом планирования, организации, контроля и т. п.

Перечень функций управления, подлежащих информатизации по отдельным подразделениям (видам деятельности), сводится в табл. 4.4.

Таблица 4.4

№ п/п	Наименование подразделения	Наименование функций управления	Краткое содержание функций управления	Причина, вызвавшая информатизацию функции
1	2	3	4	5

Эта таблица заполняется в порядке очередности реализации функций управления, при которой необходимо учитывать следующие факторы:

- важность функции с точки зрения достижения поставленной цели;

- необходимость повышения качества функции управления;

- необходимость проведения отдельных мероприятий по подготовке субъекта хозяйствования (подразделения) к модернизации данной функции управления;

- наличие квалифицированного состава разработчиков и ТЗ на модернизацию конкретной функции управления.

Функции управления, как правило, включают в себя ряд конкретных задач, решение которых необходимо обеспечить с максимальной информационно-инструментальной поддержкой с помощью ИКТ. Выбор и постановка автоматизируемых задач управления должны быть все-сторонне обоснованы. *Обоснование* выбора задач должно содержать:

- перечисление задач, позволяющих улучшить организационно-экономическую и административно-хозяйственную деятельность объекта управления и снизить трудоемкость протекающих процессов;

- причины выбора тех или иных задач для управления;
- область применения задач в различных функциональных подразделениях и степень их типизации;

- мотивированные соображения по использованию результатов решения задач в других подразделениях;

- комплексность и взаимоувязанность перечня функциональных задач управления;

- ориентировочную оценку затрат на решение выбранного комплекса задач.

Основными *факторами*, влияющими на выбор конкретных задач, подлежащих модернизации, являются:

- несовершенство применяемых методов решения отдельных задач и их несоответствие протекающим процессам;

- недостаточная оперативность и достоверность получаемой исходной информации при применяемых методах управления;

- большая трудоемкость применяемых методов сбора и обработки информации и документов, многократность выполнения однородных операций.

4.4. Обследование информационных потоков и документооборота

Управление хозяйствующим субъектом осуществляется при непрерывном обмене информацией между его структурными подразделениями и внешней средой. Поэтому возникает необходимость обследования и анализа внутренних и внешних информационных потоков и документооборота. Под *информационным потоком* понимается совокупность логически однородных сообщений, необходимых для осуществления процессов управления производственно-экономической и административно-хозяйственной деятельностью субъекта хозяйствования. Обследование и системный анализ информационных потоков предполагают выявить, определить, уточнить и оценить [2, 6]:

- недостатки существующей системы делопроизводства;
- используемые внешние и внутренние документы, формализованную схему документооборота;
- информационные связи между отдельными подразделениями и протекающими процессами;
- объемы формируемой и используемой информации в процессе функционирования объекта управления, а также способы компьютеризованной обработки данных;
- неиспользуемую информацию, затраты на сбор, передачу и ее обработку;
- потери информации в результате перегрузки информационной управляющей системы;
- дублирование и запаздывание в передаче и обработке данных;

- применяемую терминологию для обеспечения смыслового единства информации и взаимопонимания персонала Разработчика и Заказчика.

Производственно-экономическая информация, характеризующая основную деятельность хозяйствующего субъекта, представляется через совокупность показателей (натуральных, стоимостных и т. д.), которая должна обеспечить единство, комплексность, взаимосвязь, взаимообусловленность и соизмеримость отдельных частных показателей. Выбор совокупности показателей производится на основе системного анализа целей и задач управления хозяйствующим субъектом.

Информационные потоки, независимо от их содержания, характеризуются: источником возникновения, назначением и периодичностью, степенью взаимосвязи и постоянства, структурой и видом носителя, объемом и плотностью потока, информационной емкостью сообщения, методом образования, способом и степенью использования.

Источником возникновения информации являются конкретные структурные производственные и управленческие подразделения субъекта хозяйствования. Для систематизированных видов информации устанавливается периодичность (сменная, суточная, ежемесячная, квартальная и т. д.) их возникновения и передачи. Степень взаимосвязи характеризуется количеством видов информации, а степень постоянства – временем, в течение которого информация сохраняет свое неизменное значение. По этому признаку информация подразделяется на постоянную, условно-постоянную и переменную. Методы образования информации предусматривают ее формирование по результатам операций первичного учета и преобразования или на основе заимствования полученных данных. Степень использования информации характеризуется отношением используемой информации ко всему полученному и обрабатываемому ее объему.

При проведении работ по унификации сообщений и документов во всех структурных подразделениях объекта

управления изучаются соответствующие их характеристики и отбираются документы, которые могут быть приведены к типовым формам. Определив основные виды документальных сообщений, приступают к непосредственному изучению технологии их создания и обработки.

Из каждой отобранной группы сообщений в качестве объекта наблюдения выбираются по несколько наиболее характерных. Детально прослеживается их движение от момента возникновения (получения) до исполнения. Такой способ наблюдения «от сообщения», а не «от исполнителя», имеет ряд преимуществ:

- учитываются все инстанции, которые участвуют в исполнении данного документа;
- детально выявляются все операции, выполняемые с передачей и преобразованием сообщений;
- наглядно устанавливается логическая связь между различными этапами обработки сообщений;
- с большей точностью регистрируются маршруты передачи сообщений.

Одновременно учитываются приемы работ отдельных сотрудников, выполняющих одинаковые операции. При этом получают следующие данные:

- перечень всех структурно-функциональных подразделений, участвующих в формировании, передаче и исполнении сообщений;
- перечень должностных исполнителей, принимавших участие в передаче и обработке сообщений;
- повторяемость и время выполнения операций;
- межоперационное время «бездействия» сообщений;
- количество и причины возвратов документов на одно и то же рабочее место.

Помимо процессов обработки и движения основных видов сообщений изучается система контроля за их исполнением. Контроль за исполнением сообщений тесно переплетается с контролем за оперативностью, качеством и обоснованностью принятия решений. При осуществлении контроля за передачей и исполнением сообщений на осно-

ве данных о формах, технике и систематичности его проведения осуществляются анализ и обобщения, по которым делаются соответствующие выводы.

В процессе обследования информационных потоков хозяйствующих субъектов должны быть:

- учтены все существующие формы документов и проверены на соответствие ГОСТам, стандартам и другим нормативным документам;
- собраны образцы всех форм наиболее характерных видов сообщений и документов, причем один экземпляр должен содержать пример заполнения по данным текущего или прошлого периода;
- определены количественные и качественные характеристики используемых сообщений и документов;
- выявлены маршруты движения каждого документа;
- установлены математические и логические зависимости между отдельными сообщениями и показателями;
- разработаны схема документооборота и модель информационных связей с указанием формируемой и используемой информации;
- разработаны методы и формы хранения информации и периодичность ее резервного копирования на целостность и достоверность;
- определены иерархии и права доступа к хранящейся и поступающей информации для каждой категории работников субъекта хозяйствования.

При обследовании информационных потоков особое внимание следует обратить на внешние информационные связи и временные факторы, обоснованность сроков формирования, представления и передачи информации. Состав, содержание и последовательность выполнения работ по обследованию потоков документальной информации представляются в виде рис. 4.1. При этом формируются сведения о ходе проведения обследования, характеризующие существо сообщений (табл. 4.5), и структура информационных потоков (табл. 4.6) по подразделениям обследуемого субъекта хозяйствования.

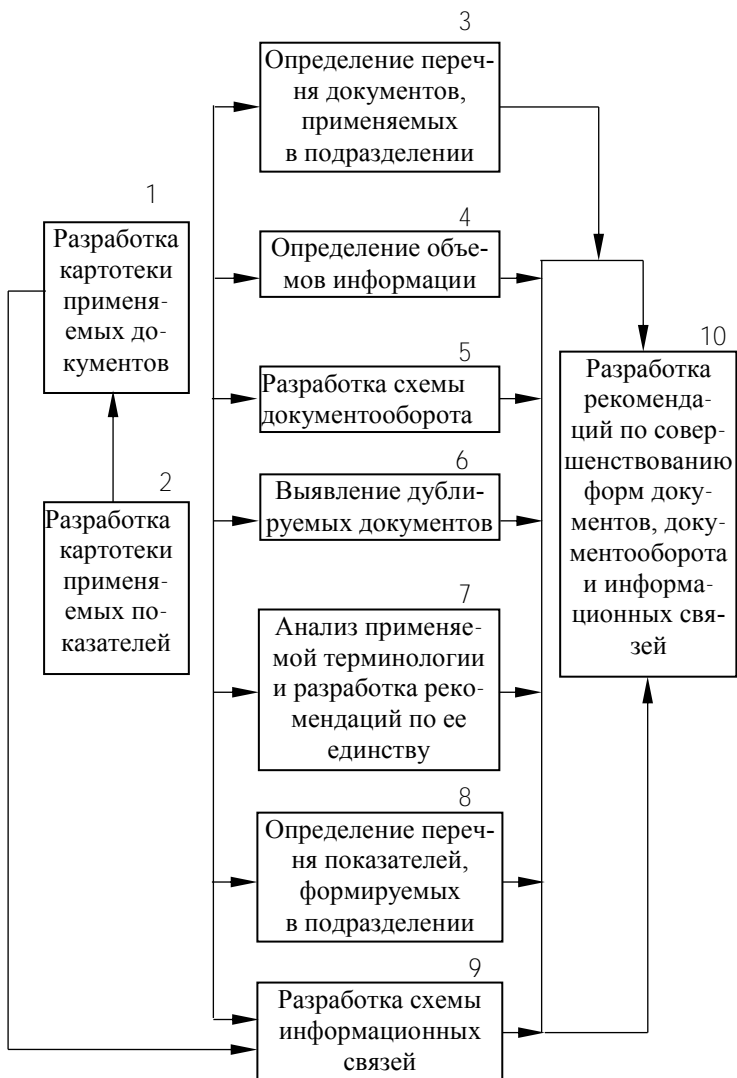


Рис. 4.1

Таблица 4.5

№ п/п	Получение сообщений			Формирование сообщений						Передача сообщений	
	Наименование	От кого поступает	Периодичность	Где образуется	Должность исполнителя	Исходные данные	Объем информации	Трудоемкость	Периодичность	Куда передается	Периодичность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	и	12

Таблица 4.6

№ п/п	Подразделения, в которых формируется информация		Технология образования сообщения	Наименование сообщения	Подразделения, в которые передается информация	
	Внешние организации	Внутренние службы и отделы			Внешние организации	Внутренние службы и отделы
1	2		3	4	5	6

Для анализа использования информации при формировании сообщений и документов составляется схема информационных связей между ними, которая дает представление о направлениях движения информационных потоков и позволяет определить перечень исходных данных, необходимых для формирования выходной информации при разработке алгоритмов и программ управления.

Весьма важным этапом обследования является определение объема *документооборота*, который представляет собой суммарное количество структурированной входящей, исходящей и внутренней корреспонденции (документации) объекта управления за год. Определение объемов информационных потоков и документооборота по регистрационным формам, отдельными видами (входящая, исходящая и внутренняя), производится подсчетом количества сообщений и документов за каждый месяц.

С целью выяснения тенденций к росту и определения перспективного объема документооборота исходные данные берутся за 2–3 прошедших года. Полученные по годам формы сравниваются по месяцам, и определяются «пиковые» периоды. Затем выясняются причины «пиков», и определяются работы при увеличенном объеме информационных потоков. Кроме того, должны быть выяснены максимальные и минимальные объемы потоков информации в течение месяца и причины, порождающие их.

Накопленные в результате этого анализа статистические данные служат основой для оценки достаточности пропускной способности, скорости передачи, обработки и представления информации соответствующими компьютерными, сетевыми и телекоммуникационными средствами на текущий период с учетом выявленных тенденций роста интенсивности информационных потоков в течение ближайшего периода времени.

В связи с этим создание и внедрение системы электронного документооборота предоставляет следующие возможности:

- единую систему классификации, кодирования и идентификации типов электронных документов;
- унифицированные принципы порождения новых типов документов из стандартных сегментов данных, позволяющие расширить их номенклатуру в информационной системе управления;
- наличие средств для документального взаимодействия с другими аналогичными системами;
- возможность маршрутизации документов при их прохождении по информационной системе управления;
- единую систему шифрования, авторизации документов и электронной подписи.

Системный анализ информационных потоков и документооборота позволяет выявить места образования, использования и хранения документальных сообщений, опре-

делить маршруты их движения, порядок их расчленения или объединения. В результате проведенного анализа выявляются объемы, характер и сроки выполнения работ для отдельных подразделений субъекта хозяйствования и входящих в него звеньев, определяются объемы документооборота, а также плотность информационных потоков, дублирование информации, ее избыточность как по содержанию показателей в документах, так и по количеству выдаваемых и используемых экземпляров и др.

По результатам обследования и системного анализа информационных потоков и документооборота вырабатываются рекомендации по устранению избыточной информации и рационализации информационных связей, а также структуры получения, обработки, накопления, хранения и передачи производственно-экономических и других данных, характеризующих хозяйственную деятельность объекта управления.

ГЛАВА 5

СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

5.1. Целостность системы

Кибернетический принцип целостности предложен и разработан Р. Эшби. Целостность системы означает, что все ее части служат общей цели и способствуют формированию и достижению наилучших результатов применительно к определенной критериальной функции. Согласно этому принципу очень важным для систем является понимание того, что они представляют собой не просто суммирование отдельных компонентов, а их статистическое усреднение, при котором возникают новые качества системы, отсутствующие у ее составляющих. Отсюда и отрицание элементаризма – подхода, неверно ориентирующего на простой синтез системы из ее компонентов, на простое объединение последних.

Наличие порождаемых новых свойств, которые не могут быть получены из известных свойств отдельных компонентов, характеризует эмерджентность системы. *Эмерджентность* выражается в том, что сложные системы обладают свойствами, не присущими ни одному из формирующих эти системы компонентов. Этот принцип исходит из того, что целое обладает такими особыми свойствами и качествами, которых нет у его составляющих. Наличием этих качеств целое, собственно, и отличается от своих частей. При этом следует учитывать, что чем сложнее и больше различия в размерах и структуре между частью и целым, тем выше вероятность более значительного отличия свойств целого от свойств своих частей.

Указанные различия возникают в результате объединения в многокомпонентной структуре системы того или иного количества однородных или разнородных элементов. При этом на первое место ставятся характеристики системы в целом, которые определяются не столько характеристиками ее компонентов, хотя они тоже имеют весьма существенное значение, сколько характеристиками связей между ними. С развитием подобных систем взаимосвязанность элементов усиливается, и на определенном этапе эмерджентность достигает такого уровня, при котором целостные характеристики системы не только невозможно наблюдать по свойствам отдельных компонентов, но и выявить статистическим обобщением их свойств.

Для формализации кибернетической категории целостности введем понятие сущности H системы. Из теории информации [1] известно, что для равномерных распределений скалярных величин x вычисление энтропии (сущности) H информации может быть произведено по формуле [2, 6]

$$H = \log \frac{x}{\Delta x} = \log m, \quad (5.1)$$

где Δx – разрешающая способность системы; $m = 1/P$ – обратная величина вероятности P того или иного состояния системы.

Различают собственную сущность H системы, определяемую соотношением (5.1), которая рассматривается в зависимости от окружающей среды (закрытая система). Сущность же системы в составе внешней среды, т. е. во взаимодействии с другими объектами (открытая система), приводит к неравномерному распределению вероятностей ее состояний. Для этой сущности системы используется обозначение H_c . Наконец, разность *этих* сущностей

$$H_b = H_c - H \quad (5.2)$$

образует взаимную суть составляющих систему компонентов.

Отметим, что как собственная сущность H системы, так и ее сущность во внешней среде H_c могут измеряться лишь с точностью до некоторой постоянной, связанной с выбором исходного множества состояний, т. е. с выбором того или иного уровня иерархии системы в качестве исходного (нижнего) страта.

Поскольку взаимная суть частей, составляющих систему, определяется степенью их взаимосвязи в системе как целого, можно заключить, что H_b представляет собой также характеристику целостности, т. е. количественное выражение того нового качества, которым обладает система в целом, но которое не присуще ее компонентам, рассматриваемым в изоляции друг от друга. Иными словами, чем больше взаимная суть частей, тем больше целостность системы. Однако оценка целостности непосредственно по H_b не всегда удобна, в особенности при сравнении разнородных систем. В этом случае более универсальна относительная оценка

$$C = -\frac{H_b}{H}, \quad (5.3)$$

которую именуют целостностью.

На первый взгляд может показаться, что формула (5.3) применима лишь к однородным системам, состоящим из одинаковых по своей физической природе компонентов, имеющих равнозначные значения H и H_c , поскольку в противном случае для разнородных компонентов получаются различные значения C . Однако в этом случае можно предварительно просуммировать соответствующие сущности отдельных компонентов и взять отношение соразмерных суммарных сущностей

$$C = -\frac{\sum H_b}{\sum H} = -\frac{H'_b}{H'},$$

что вновь приводит к выражению (5.3), поскольку суммарная взаимная суть частей есть взаимная суть H'_b системы

как целого, а суммарная собственная сущность компонентов – собственная сущность всей системы. При этом H' и H'_B определяются посредством тех же формул (5.1) и (5.2), но по вероятностям состояния всей системы как единого целого.

С позиции изложенного можно говорить о динамической целостности $C(dJ/dt)$ системы, определяемой влиянием ускорения или замедления dJ/dt эволюции каждой из ее частей на развитие системы как целого. При этом взаимная суть системы может определяться как взаимной регидностью частей, так и схемным взаимодействием их собственных регидностей. Под *регидностью* R понимается способность системы эволюционировать с постоянной скоростью. Динамическая целостность системы при всех обстоятельствах определяется соотношением

$$C\left(\frac{dJ}{dt}\right) = -\frac{H_{BR}}{H_R},$$

где $H_R = R(dJ/dt)$ – взаимная суть, характеризующая способность системы выполнять свои функции в будущем.

Чтобы в максимальной степени был использован кибернетический принцип целостности, системный подход требует непрерывной интеграции системы с различных точек зрения. При системном подходе проблемы интеграции рассматриваются с многоаспектных позиций, что позволяет выделить различные виды интеграции. Многоаспектная интеграция порождает противоречие: с одной стороны, полезно увеличивать количество видов интеграции, чтобы получить наиболее целостное представление о системе, но с другой – возможности такого увеличения обычно ограничиваются практическими соображениями реализуемости, что вынуждает упускать из рассмотрения некоторые виды интеграции. Разрешение этого противоречия осуществляется построением избыточных альтернативных вариантов постановки задачи интеграции системы с последующим сравнением результатов решений между собой.

5.2. Сложность системы

По степени сложности системы подразделяются на простые и сложные. Состояния простых систем немногочисленны и легко поддаются описанию. Структура сложных систем отличается от простых не только количеством элементов, но и более высоким уровнем их организации, более глубокими взаимосвязями компонентов. Сложные системы отличаются разнообразием внешних и внутренних связей, их разветвленностью и своеобразием отношений между компонентами. Наличие взаимосвязей и взаимодействия между компонентами системы придает ей особое свойство – *организованную сложность*, которая определяет наличие характеристик, присущих только всей системе как определенной целостности.

Понятие «сложная система» интуитивно ассоциируется с чем-то очень сложным, состоящим из большого количества компонентов с многочисленными многоуровневыми связями и взаимодействиями между ними. Представляется вполне очевидным, что *сложная система способна решать сложные задачи*. Часто сложными называют такие системы, которые нельзя корректно описать математически, либо потому что в системе имеется очень большое количество компонентов, неизвестным образом связанных друг с другом, либо потому что неизвестна природа процессов, протекающих в системе, и потому невозможно их оценить количественно. В других случаях сложными называют системы, для изучения которых необходимо было бы решать задачи с непомерно большим объемом вычислений, требующих переработки такого объема информации, для которой даже при использовании современных ЭВМ потребовалось бы несколько сотен лет.

Наличие столь разнообразных определений сложных систем свидетельствует о том, что до сих пор еще нет общепринятого определения понятия «сложная система». С философской точки зрения, всякое сложное явление при-

роды обладает неисчерпаемым числом сторон, с которых его можно познать. Поэтому всякую сложную систему можно одновременно охарактеризовать многими специфическими для нее чертами. Чаще всего оценка сложности системы производится по следующим признакам [2, 25]:

- разноплановость целевых и критериальных функций системы: многофункциональный ее характер, наличие нескольких, часто противоречивых целей и задач, критериев и показателей, которым она должна удовлетворять;
- многомерность системы: большое количество взаимодействующих между собой и внешней средой взаимообусловленных компонентов и, как следствие, значительные объемы циркулирующих в ней потоков информации;
- информационная неопределенность системы: взаимодействие большого числа случайных и неконтролируемых факторов и, как следствие, изменяющиеся условия ее функционирования;
- многообразие форм структур системы: большое количество всевозможных способов связи (прямые, обратные, нейтральные и др.) компонентов между собой, образующих иерархические, древовидные, циклические, сетевые и другие структуры;
- разнородность компонентов системы: разнообразие природы и неоднородность свойств компонентов, составляющих систему (технологическое оборудование, технические средства автоматизации, люди-операторы и пр.) и, как следствие, разнородность циркулирующей в ней информации.

Следовательно, показатель сложности должен учитывать число компонентов, входящих в систему, их разнообразие и разнородность, виды и количество связей в структуре. Немаловажное значение имеет сложность самих компонентов и связей. Перечисленные параметры должны учитываться при формализации способов оценки сложности системы [2]. В простейшем случае для этой цели применяются показатель сложности S , учитывающий только

количество $N_{k,i}$ и сложность $S_{k,i}$ компонентов, составляющих систему

$$S = \sum_{i=1}^{n_k} S_{k,i} N_{k,i}, \quad (5.4)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – индекс, указывающий тип компонента.

Выражение (5.4) может служить лишь грубой оценкой сложности структурных решений системы, поскольку оно не учитывает виды связей между компонентами. Между тем во многих случаях именно структура связей в основном определяет сложность системы. Указанный недостаток формулы (5.4) в определенной степени сложности устраняется при оценке сложности системы по показателю [2]

$$S = (1 + v\alpha) \sum_{i=1}^{n_k} S_{k,i} N_{k,i}, \quad (5.5)$$

где α – отношение числа реализованных в системе связей к их максимально возможному количеству; v – относительный коэффициент сложности связей по сравнению со сложностью компонентов.

Практическое применение показателя (5.4) требует предварительного определения коэффициентов α и v . При этом необходимо учитывать, что α является параметром конкретной структуры, а v определяется не только структурой связи, но и конструкторско-технологической и элементной базой системы. Показатель (5.4) не учитывает возможное разнообразие связей. Кроме того, он введен из предположения, что сложность связей структуры зависит от сложности компонентов, что не всегда справедливо.

Показатель, позволяющий производить оценку сложности с большой точностью, основывается на сравнении анализируемой структуры системы с эталонной, в качестве которой принимается полностью однородная структура. Пусть анализируемая структура содержит n_k типов компо-

нентов. Как и прежде, обозначим сложность компонента i -го типа через $S_{k/i}$, а количество компонентов i -го типа через $N_{k/i}$. Аналогичные характеристики для связей обозначим через n_c , $S_{c/j}$ и $N_{c/j}$ соответственно. Для оценки степени отличия анализируемой структуры от однородной введем показатели степени неоднородности (разнотипности) по компонентам $K_{нк}$ и по связям $K_{нс}$. Заметим, что для однородной структуры $K_{нк} = K_{нс} = 0$, а для полностью неоднородной $K_{нк} = K_{нс} = 1$.

Тогда сумма составляющих, характеризующих сложность компонентной структуры S_k и сложность структуры связей S_c , будет характеризовать сложность самой системы в целом, т. е.

$$S = S_k + \nu S_c. \quad (5.6)$$

Первое слагаемое суммы (5.6) определяется только компонентным составом структуры системы без учета связей. Величина зависит от количества, сложности и неоднородности компонентов системы [3]

$$S_k = (1 \pm \beta_k K_{нк}) \sum_{i=1}^{n_k} S_{k/i} N_{k/i}, \quad (5.7)$$

где β_k – коэффициент, характеризующий степень влияния изменения значения $K_{нк}$ на сложность структуры. Второе слагаемое суммы (5.6) определяется только составом связей без учета количества и типов компонентов структуры.

Величина S_c зависит от числа, сложности и неоднородности связей системы

$$S_c = (1 \pm \beta_c K_{нс}) \sum_{j=1}^{n_c} S_{c/j} N_{c/j}, \quad (5.8)$$

где β_c – коэффициент, характеризующий степень влияния изменения значения $K_{нс}$ на сложность структуры.

Значения коэффициентов β_k и β_c в основном зависят от элементной и конструкторско-технологической базы системы. Следует отметить, что точность определения коэффициентов β_k и β_c может быть относительно низкой, так как показатели сложности (5.6)–(5.8) используются при выборе структурных решений для альтернативной оценки вариантов.

Рассматриваемый подход к определению сложности структурных решений позволяет установить основные направления снижения сложности систем:

- увеличение степени однородности структуры, т. е. уменьшение показателей степени неоднородности $K_{нк}$ и $K_{нс}$;
- уменьшение количества и сложности компонентов, а также связей между ними.

В [2] в зависимости от возможностей формализации задач управления приводится классификация систем по пяти группам сложности.

К первому уровню сложности относятся сравнительно простые системы, структура которых либо заранее задана, либо ее выбор однозначен или очевиден. В этом случае структура системы и ее компоненты могут быть выявлены простейшими способами системных исследований.

На *втором* уровне сложности производится полный перебор известных решений. В этом случае выбор возможной структуры системы выполняется комбинаторными методами, при которых наиболее рациональная структура выбирается из конечного числа множества малой мощности, все элементы которого известны; их количество относительно невелико, что позволяет обеспечить доступность просмотра и сравнения конкурирующих альтернатив за приемлемое время. В этих системах либо элементы множества структур представляют собой заранее составленные и включенные в базу данных описания структур, либо имеется алгоритм, позволяющий поочередно получать и анализировать все элементы множества. К этим системам отно-

ются многие системы, имеющие стандартизированные или унифицированные функционально-организационные структуры, обеспечивающие решение типового комплекса задач управления.

К *третьему* уровню сложности относятся комбинаторные системы, выбор структуры которых производится во множестве с большим, но конечным числом заранее известных вариантов. В этих системах при существующих технических и программных средствах не могут быть решены задачи выбора наилучших структур путем полного перебора альтернатив за приемлемое время. Обычно такие системы характеризуются искусственными допущениями и ограничениями, накладываемыми на множество возможных вариантов структур и решений при их выборе.

К *четвертому* уровню сложности относятся системы, выбор структуры которых осуществляется во множестве с заранее неизвестным количеством компонентов. В этих системах задачи поиска вариантов структур решаются в счетных множествах неизвестной или неограниченной мощности. Формализация именно таких задач представляет наибольшие трудности. Их особенностью является возможность получения *новых* оригинальных патентоспособных решений.

К *пятому* уровню сложности относятся сверхсложные системы с бесконечным множеством их структур, В этих системах выбор структуры является проблематичным. Здесь получение решения эквивалентно предложению принципиально новых основ построения целого класса технических объектов и их математических моделей. Планировать разработку таких систем нельзя, так как они находятся на уровне открытий.

В заключение следует отметить, что словосочетания «сложная система» и «большая система» не являются тождественными, так как последнее понятие характеризует только одну черту сложности – размерность (масштабность) системы. Полезно заметить, что пространственные

масштабы в определении сложности систем играют второстепенную роль; главное здесь заключается в уровне сложности их организации.

5.3. Интеграция систем

Чтобы в максимальной степени был использован кибернетический принцип целостности, системный подход требует непрерывной *интеграции* системы с различных точек зрения.

При системном подходе проблемы интеграции рассматриваются с различных точек зрения многоаспектных позиций, что позволяет выделить разные виды интеграции. Многоаспектная интеграция порождает противоречие: с одной стороны, полезно увеличивать количество видов интеграции, чтобы получить наиболее целостное представление о системе, но с другой – возможности такого увеличения обычно лимитируются практическими соображениями реализуемости, что вынуждает упускать из рассмотрения некоторые виды интеграции. Разрешение этого противоречия осуществляется построением избыточных альтернативных вариантов постановки задачи интеграции системы с последующим сравнением результатов решений между собой.

На практике многоаспектная интеграция осуществляется за счет создания интегрированных систем, обеспечивающих согласованное и скоординированное решение поставленных задач с учетом уровневой и временной иерархии, адаптацию и гибкость системы за счет изменения состава и взаимосвязей между решаемыми задачами, а также характера взаимодействия между ее компонентами.

Применение интегрированных систем позволяет существенно улучшить их технико-экономические показатели. Интеграция систем рассматривается с позиций объединения и совместимости [3]:

- разноплановых целевых и критериальных функций отдельных подсистем в одно общесистемное решение;
- функций и решаемых задач во всех сферах деятельности системы;
- функциональной и организационной структур системы;
- всех функциональных подсистем: различных иерархических уровней системы;
- всех обеспечивающих подсистем системы;
- материальных и информационных потоков на внешнем и внутреннем уровнях системы;
- протекающих процессов и технических средств их локальной механизации в автоматизации на нижнем уровне иерархии;
- разнородных по своей физической природе компонентов и циркулирующей информации в системе;
- экономических и социальных аспектов функционирования системы.

При создании, разработке в эксплуатации физических интегрированных систем важными моментами являются *объединение* и *совместимость* всех этапов их жизненного цикла. При этом весьма желательно сокращение сроков исследования, проектирования и ввода системы в эксплуатацию и увеличение продолжительности этапа ее активного функционирования. Интеграция процессов планирования и управления работами по фазам жизненного цикла интегрированных систем производится на основе принципов программно-целевого метода (ПЦМ) системного подхода.

Интеграция основных этапов и фаз жизненного цикла системы осуществляется в функциональном аспекте, который определяет направления и задачи других видов интеграции, в том числе: организационной, информационной, программной, технической и всевозможных их сочетаний.

Функциональная интеграция заключается в разработке единых принципов и методов планирования, контроля,

учета и регулирования работ по созданию интегрированных систем, обеспечении их скоординированного построения и согласования разнообразных целевых и критериальных функций. При функциональной интеграции устанавливаются и формализуются объективно существующие связи в многоуровневой иерархической системе. При вводе системы в эксплуатацию функциональная интеграция обеспечивает единство целей, показателей, согласованное выполнение возложенных на нее функций. Этот вид интеграции определяет объединение отдельных функциональных компонентов в единое целое и появление новых свойств и качеств системы, повышающих ее эффективность.

Организационная интеграция состоит в построении организационной структуры и формировании специальных служб, ответственных за организацию разработки и функционирование системы. Этот вид интеграции при вводе системы в эксплуатацию обеспечивает рациональное сочетание управленческой деятельности на различных уровнях иерархии системы, распределение прав, обязанностей и ответственности персонала, установления порядка стимулирования.

Информационная интеграция обеспечивает в процессе функционирования системы выполнение единого процесса сбора и обработки данных, взаимодействие информационных потоков на основе единой информационной базы, обслуживающей пользователей.

Программная интеграция заключается в разработке и типизации совместимого взаимосвязанного комплекса математических моделей, алгоритмов, программ и структур, используемых данных для согласованного функционирования подсистем.

Техническая интеграция предполагает создание у разработчиков и пользователей условий применения совместимых технических средств, обеспечивающих реализацию всех рассмотренных выше видов интеграции при разработке, испытании, внедрении и развитии системы.

Кроме того, системный подход к разработке и созданию интегрированных систем позволяет выделить физическую (или топологическую), структурно-функциональную и социально-экономическую виды интеграции.

Физическая интеграция относится к материальным и информационным потокам и проявляется на внешнем и внутреннем уровнях системы. Внутрисистемная интеграция предусматривает объединение на модульном и межмодульном уровнях системы всего оборудования объекта. Кроме того, объединению подлежат все функции управления. Внешняя интеграция предусматривает координацию деятельности объекта со смежными организациями. Целью этого вида интеграции является обеспечение оптимального физического интерфейса в системе.

Структурно-функциональная интеграция, как правило, связана с рассмотрением системной иерархии, т. е. взаимозависимости отдельных подсистем в системе. Основное внимание при таком виде интеграции уделяется аппаратным и программно-алгоритмическим средствам функционирования систем. При этом особое внимание уделяется всем службам объекта, обеспечивающим надежность функционирования системы. Целью структурно-функциональной интеграции является оптимизация потоков управляющих команд в системе и ее интерфейсов.

Социально-экономическая интеграция, прежде всего, связана с обеспечением критерия оптимизации объекта и правильности перестройки характера труда по мере внедрения системы. С широкой интенсификацией процессов сокращается количество занятых в производстве людей, и все больше функций возлагается на ограниченный персонал. Поэтому своевременный переход к интенсифицированным формам труда становится необходимым условием эффективного функционирования системы. Одновременно необходимо решать важную социальную задачу – повышение квалификации работников и их подготовка к работе в новых условиях системы. Целью социально-экономиче-

ской интеграции является обеспечение оптимального интерфейса в человеко-машинной системе.

С другой стороны, в соответствии с требованием принципа целостности системного подхода комплексную интеграцию можно рассматривать в функционально-организационном, информационно-программном и модельно-алгоритмическом аспектах.

Функционально-организационная интеграция затрагивает методiku и организацию процессов планирования и управления объектом. При создании системы ее основные направления состоят в:

- использовании программно-целевого метода (ПЦМ) в технико-экономическом планировании и управлении объектом;
- повышении уровня обоснованности принятого критерия эффективности и его показателей с ориентацией на достижение конечных целей и результатов;
- определении наиболее рационального комплекса технико-экономических показателей для отдельных структурных подразделений и подсистем в соответствии с хозяйственным расчетом;
- централизации планирования и управления функционированием системы на базе строго определенной единой методики.

Информационно-программная интеграция реализуется в сфере информационного и программного обеспечения системы. В связи с созданием баз и банков данных функции этих видов обеспечения в значительной мере пересеклись. Поэтому данный вид интеграции распространяется не только на каждый из этих типов обеспечения, но и требует их объединения в единое информационно-программное обеспечение.

Процесс интеграции выражается в:

- введении единой организации информационного фонда с единой структурой хранения информации и доступа к ней при многократном ее использовании при решении различных задач;

- введении единой системы сбора, обработки и контроля данных с обновлением и актуализацией информационного фонда на основе однократного ввода данных в систему;
- введении общего интерфейса и единого языка взаимодействия пользователей с системой;
- введении единой технологии создания новых программных средств;
- разработке программ на основе непосредственной связи с данными;
- разработке комплекса стандартов, регламентирующего информационно-программный аспект планирования и управления.

Модельно-алгоритмическая интеграция системы заключается в объединении известных экономико-математических методов в единую комплексную структуру. Реализация этого вида интеграции может быть осуществлена на основе выполнения следующих положений:

- построение экономико-математических моделей должно осуществляться посредством объединения строгих алгоритмических и неформализуемых решений, разработанных на основе эвристических методов;
- совокупность моделей должна быть органически увязана с принятыми методами планирования и управления, информационным и другими видами обеспечения системы;
- комплекс моделей должен быть технологичным и ориентирован на реальные возможности программного обеспечения и технических средств. Модель должна допускать возможность ее применения для решения типовых алгоритмов и программ за заданное время функционирования системы.

Рассмотренные виды и аспекты комплексной интеграции систем еще раз подтверждают их многоплановый характер. Если предположить, что только один вид или аспект интеграции может быть положен в основу определенного взгляда на систему, то не получится ее полного представления.

Системный подход всегда базируется на предположении о принципиальной грубости одновидовых и одноаспектных интеграций по сравнению с многовидовыми и многоаспектными. Следовательно, принимая во внимание количество видов и аспектов интеграции, можно влиять на полноту и качество разрабатываемой системы. Разумеется, что суммарное число одновременно рассматриваемых видов и аспектов интеграции должно быть ограниченным из практических соображений реализуемости. Поэтому при создании систем необходимо обеспечить наиболее рациональное сочетание рассмотренных видов интеграции, обеспечивающих их оптимальный жизненный цикл.

Подытоживая вышеизложенное, можно сказать, что особенно важным является выполнение принципа *системной интеграции*, под которым понимается комплекс услуг, предоставляемый системным интегратором в течение ее жизненного цикла. Этот комплекс включает:

- анализ существующей технологии обработки информации, разработку комплексного проекта создания государственной, региональных и других АСУ, их инфраструктуры и смежных составляющих;
- авторское сопровождение проекта, его доработку при модернизации системы;
- комплексную поставку вычислительной, сетевой, коммуникационной и организационной техники, другого оборудования;
- комплексную инсталляцию и интеграцию АИС, тестирование и ввод ее в эксплуатацию;
- интеграцию и сопрягаемость с имеющимся КАПС, с существующими каналами связи и телекоммуникациями;
- создание организационно-технологической инфраструктуры АСУ;
- комплексную информационно-технологическую поддержку функционирования системы;
- выполнение регрессивных гарантийных обязательств поставщиков оборудования и материалов;

- реализацию системной гарантии соответствия технических параметров системы предъявляемым требованиям в течение ресурсного срока ее эксплуатации.

5.4. Иерархичность систем

Одной из характерных черт системного подхода при построении сложных систем является применение кибернетического принципа их иерархического построения. Под *иерархией* понимается многоступенчатая (многоуровневая) структура системы в порядке подчинения и перехода от низшего звена к высшему.

При иерархическом построении сложных систем они представляются в виде совокупности отдельных подсистем, между которыми устанавливаются отношения соподчиненности. При этом каждая из подсистем имеет свои целевые и критериальные функции, органы управления, способные принимать решения. Таким образом, иерархические системы строятся по принципу многоуровневого функционирования и обладают определенной структурой в функциональном, организационном, экономическом и временном аспектах.

Существенные *свойства* иерархической системы следующие [1, 20]:

- последовательное вертикальное расположение подсистем, характеризующее декомпозицию функций и задач управления;
- приоритет действий (право вмешательства) подсистем более высокого уровня по отношению к подсистемам нижних уровней;
- зависимость действий подсистем верхнего уровня от фактического исполнения своих функций подсистемами нижних уровней.

Функции и задачи, решаемые в системе, также связаны и подчинены определенной иерархии. Критерием, по ко-

торому они распределяются по уровням иерархической пирамиды, служит степень их обобщенности: простые функции и задачи располагаются ближе к основанию, а сложные, составные – ближе к вершине. При этом совокупность связей между функциями и задачами различных уровней образует веерообразную структуру, расходящуюся книзу. Иерархическая структура расчленима по вертикали так, что каждая функция и задача более высокого ранга содержат несколько функций и задач более низких рангов.

Различают три типа иерархических систем, для которых характерны уровни: абстрагирования, сложности принимаемых решений и организации. Для их различия вводятся соответствующие понятийные категории «страта», «слой» и «эшелон», между которыми не существует однозначного соотношения. Каждая из этих категорий имеет свою область применения. Концепция страт вводится для целей моделирования, концепция слоев – для вертикальной декомпозиции решаемой задачи, концепция эшелонов – для связи органов принятия решений.

В сложных системах с иерархической структурой технологическая информация о состоянии объекта и его отдельных компонентах обобщается и систематизируется по мере ее продвижения от подсистем более низкого ранга к подсистемам более высокого ранга. Самый высокий уровень получает наиболее общую информацию, объем которой сравнительно невелик. Команды управления, вырабатываемые высшим уровнем иерархии, носят обобщенный характер. Кроме того, высший уровень иерархии связан с обработкой информации и решением крупномасштабных задач.

При иерархической структуре система представляется в виде набора функциональных уровней с четко определенными правилами взаимодействия между подсистемами одного и того же, а также соседних уровней. Каждый уровень предоставляет верхнему набор услуг, который тот использует для реализации собственных функций. При этом

каждый уровень иерархии представляется замкнутой локальной системой с четко определенным интерфейсом (совокупностью средств соединения подсистем), который собственно и определяет ее функциональное назначение.

Локальные подсистемы имеют свои границы, отделяющие их от внешней среды, в составе которой выделяются ее субокружения: производственные, научно-технические, экономические, социальные, экологические и др. Кроме того, каждый уровень рассматривается не только как самостоятельная система, но и как подсистема некоторой большой системы, находящейся на более высоком уровне иерархии. Это вызывает необходимость системного анализа системы, со всей совокупностью составляющих ее компонентов как части системы более высокого уровня, и решения всех задач с точки зрения всей системы. Для любой системы требуются как минимум три уровня описания: целостного образования, внутреннего строения и принадлежности к более сложной вышестоящей системе.

Многоуровневое описание сложной системы характеризуется некоторыми общими *положениями*, такими как [1]:

- выбор уровней иерархии в терминах, описывающих данную систему (зависит от опыта и квалификации разработчика, его знаний и заинтересованности в ее функционировании и развитии);
- аспекты описания работы системы на различных уровнях иерархии в общем случае независимы и не связаны между собой;
- между условиями функционирования системы на различных уровнях существует асимметричная зависимость, при которой требования к работе системы на любом уровне выступают как условия или ограничения ее деятельности на нижележащем;
- понимание системы возрастает при последовательном переходе от одного уровня к другому; чем ниже уровень иерархии, тем более детальным становится раскрытие системы, чем выше – тем яснее становятся ее смысл и назначение.

Системы, выполненные по иерархическому принципу, обладают определенными *преимуществами* перед системами иных структур. Это:

1) свобода локальных действий нижестоящих подсистем в течение интервалов времени, обусловленных моментами поступления воздействий со стороны подсистем вышестоящих уровней;

2) возможность целесообразного сочетания различных для подсистем каждого уровня локальных (частных) критериев эффективности с глобальным векторным критерием оптимизации всей системы в целом;

3) отсутствие необходимости пропускать большие потоки информации через один (центральный) пункт управления, так как информация с нижних уровней передается на верхний в осредненном (обобщенном) виде;

4) повышенная надежность системы и большие возможности введения элементной избыточности на каждом уровне функционирования;

5) гибкость системы и широкие возможности ее приспособления к изменившимся условиям;

6) возможность поэтапного ввода системы в эксплуатацию (по уровням) и ее дальнейшего развития, хорошая сопрягаемость с вышестоящими уровнями иерархии;

7) универсальность при решении однотипных в целом, но отличающихся в деталях задач;

8) экономическая целесообразность по сравнению с системами другой структуры.

Для многоуровневой иерархической структуры сложной системы характерны некоторые *особенности*. Подсистемы верхнего уровня связаны с решением более крупных задач, они являются координирующими по отношению к подсистемам более низкого уровня, и принимаемые ими решения определяют действия последних в соответствии с целью, поставленной для совокупности всех подчиненных подсистем. Время обработки информации и принятия решений у подсистем высшего уровня больше, чем у под-

систем нижних уровней, так как подсистема верхнего уровня не может сразу оценить достигнутый эффект координации. Подсистемы верхнего уровня оперируют с более медленными процессами. В многоуровневых системах подсистемы верхнего уровня хотя и обуславливают целенаправленное осуществление принимающих решений подсистемами нижнего уровня, но не полностью управляют ими. Нижестоящим уровням предоставляется некоторая свобода в выборе собственных решений, которые могут не совпадать с решениями вышестоящих уровней. Задачи и их описания на верхних уровнях иерархии менее структуризованы, более сложны и трудоемки для количественной формализации и принятия решений.

Многоступенчатость структуры системы порождает конфликтные ситуации. Основная причина появления конфликта связана с взаимным влиянием протекающих процессов и тем, что каждая из нижестоящих подсистем не имеет информации о решениях, принятых другими подсистемами того же уровня. Поэтому задача координации состоит в том, чтобы оказать влияние на нижестоящие подсистемы в направлении достижения желаемого результирующего взаимодействия. Любая конфликтная ситуация не должна влиять на достижение глобальной цели системы и возможна лишь в пределах достаточно малых отклонений вектора цели отдельных подсистем от вектора глобальной цели. Эти особенности в значительной степени влияют на выбор метода многоступенчатого построения систем и выделения организационных уровней иерархии.

При вертикальной декомпозиции процессов принятия решений функции и задачи системы связаны между собой и подчиняются определенной иерархии. При разработке и проектировании иерархической структуры системы необходимо правильно определить количество уровней, взаимосвязи между задачами и критериальными функциями, по которым можно осуществить оптимизацию ее структуры.

Решение задачи выделения уровней и обоснования иерархической структуры системы следует производить *в последовательности* [20].

1. Однотипные задачи с учетом их соподчиненности классифицируются по отдельным группам. Можно выделить несколько групп однотипных задач. К первой группе относятся задачи выполнения ограничивающих условий изменения параметров системы. Алгоритм функционирования системы, характеризующий создавшуюся ситуацию по критическому параметру, описывается неравенством

$$q_i \geq q_{\text{доп}},$$

где q_i и $q_{\text{доп}}$ – текущее и предельно допустимое значения контролируемого параметра.

Ко второй группе относятся задачи регулирования основных параметров системы. При этом обеспечивается стабилизация или изменение контролируемых параметров в допустимых пределах. К третьей группе относятся задачи управления по нескольким параметрам протекающих процессов.

2. Для каждой группы задач с учетом их важности определяются весовые коэффициенты, характеризующие эффективность протекающих процессов.

3. Устанавливается количество уровней в иерархической структуре системы. Обычно число уровней иерархии соответствует количеству групп однотипных задач. В порядке возрастания количества ограничительных связей (соподчиненности) задачи распределяют по уровням иерархии.

4. В соответствии с группировкой задач по уровням иерархии формируют дерево критериев эффективности отдельных функциональных подсистем сложной системы.

5. Осуществляется структурный синтез системы, т. е. анализируются варианты схем контроля, регулирования и управ-

ления отдельными параметрами и протекающими процессами, оптимизирующие ее структуру.

После определения множества решаемых задач, количества уровней иерархии системы, связей между ними и распределения функций по выбранным уровням возникает вопрос выбора технических (аппаратно-программных) средств, обеспечивающих функционирование системы по заданным критериям качества. Выбор технических средств для иерархической системы производится на основе временной загрузочной диаграммы.

Основными исходными данными при выборе технических средств являются перечень и характеристики аппаратуры, применение которой возможно в системе, основные характеристики функций и задач, а также ограничения на время их решения. Последовательность выбора состоит в качественном отборе технических средств, системном исследовании входящих информационных потоков решаемых задач, определении временных характеристик их реализаций и затрат на технические средства. По результатам выполнения этих этапов производится выбор комплекса аппаратуры, удовлетворяющей накладываемым ограничениям и обеспечивающей минимум затрат.

С точки зрения организации управления можно выделить следующие иерархические уровни:

1. Общегосударственные, выполняемые с целью дальнейшего совершенствования работы крупных субъектов хозяйствования как составного звена общегосударственных производственных систем.

2. Межотраслевые, реализуемые в нескольких отраслях экономики Республики Беларусь без четкого обозначения территориальных границ.

3. Межрегиональные, реализуемые в границах нескольких смежных регионов на основе нескольких отраслевых субъектов, расположенных на данной территории.

4. Отраслевые, выполняемые в рамках одной отрасли экономики республики.

5. Региональные, имеющие целью решение региональных проблем и реализуемые в границах административного района.

6. Внутрипроизводственные, выполняемые в рамках одного хозяйствующего субъекта.

5.5. Управляемость систем

В современной теории одной из важнейших проблем, возникающих при построении сложных систем, является проблема управления. С кибернетической точки зрения, всякое управление представляет собой вид определенной деятельности, заключающейся в выявлении способа действия системы в условиях внешних и внутренних возмущений, обеспечивающего достижение поставленной цели. При реализации процессов управления все подсистемы и их элементы вступают во взаимодействия.

Всякое управление осуществляется в рамках системы управления (рис. 5.1), состоящей из управляемой (объекта) и управляющей подсистем.

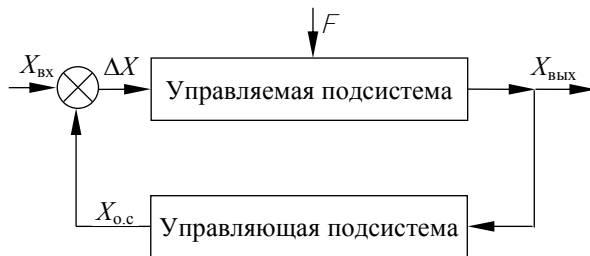


Рис. 5.1

Последняя включается в цепь обратной связи и образует замкнутый контур управления. На входе системы действуют переменные управления $X_{вх}$, а на ее выходе – пере-

менные состояния $X_{\text{вых}}$. Управление реализуется с помощью обратной связи, осуществляющей воздействие результатов функционирования управляемой подсистемы на характер этого функционирования, при котором вырабатываются отклонения ΔX от определенного состояния системы, используемые для формирования управляющего воздействия.

Процесс управления как система включает в себя пять взаимосвязанных этапов [1]:

- формирование и постановку целей управления, т. е. познание (отражение) объективного оптимума функционала существования объекта управления;
- получение необходимой информации и ее анализ, т. е. познание (измерение) реальных условий существования системы, включая ограничения ее параметров и характеристик внешней среды;
- принятие решения о необходимости управления, т. е. констатацию целесообразности обязательного устранения расхождения между желаемым оптимумом и реальным значением функционала существования системы;
- исполнение принятого решения, т. е., практическую реализацию квазиоптимальных условий существования системы;
- контроль исполнения (обратная связь) принятого решения, т. е. познание новых условий существования системы, возникших вследствие управления.

Следует заметить, что если бы отражение системой внешней среды и самой себя было абсолютно истинным, принимаемые решения безукоризненны, а их исполнения безупречны, то управление исчерпало бы себя в одном цикле выполнения перечисленных этапов. Однако ввиду эволюции среды и самой системы под воздействием внешних F и внутренних f возмущений, вследствие самосовершенствования и корректировки целевых функций приходится многократно повторять циклы управления. Следовательно, реальная система управления фактически должна работать непрерывно.

Для решения задач управления при построении сложных систем необходимо, чтобы объект обладал свойством управляемости в смысле возможности его перевода из одного состояния в другое. Кибернетический принцип управляемости впервые был введен Р. Калманом во второй половине прошлого века. Согласно этому принципу процесс считается управляемым, если на каждую переменную состояния можно целенаправленно воздействовать с помощью неограниченной величины переменной управления в течение конечного интервала времени. При этом представляется вполне очевидным, что объектом управления могут быть лишь подсистемы, имеющие более одного состояния, причем одно из этих состояний, отвечающее оптимуму существования управляющей системы, выступает как цель управления.

Оптимальное управление обеспечивается выбором и реализацией таких переменных управления, которые являются наилучшими по некоторому критерию из множества возможных в соответствии с поставленной целью, на основе информации о состоянии объекта управления и внешней среды, с учетом накладываемых ограничений. Этим самым предполагается, что существуют множество переменных управления и свобода выбора наилучших из них. Существующие в реальных системах ограничения практической реализуемости значительно сужают доступное множество для выбора переменных управления. Поэтому чем уже возможность выбора переменных управления, тем менее эффективно само управление.

При системном исследовании процессов управления всегда следует учитывать разнообразие (множественность) их состояний. Под разнообразием понимается количество различных состояний, принимаемых объектом управления под воздействием внешней среды или внутренних возмущений. Разнообразие состояний объекта характеризует его неупорядоченность и определяется широким кругом причин, отрицательно влияющих на эффективность функцио-

нирования системы. Система, включающая n процессов управления, каждый из которых принимает два конечных состояния $m = 2$, может принимать $N = m^n = 2^n$ разнообразных состояний.

У Р. Эшби сформулирован фундаментальный кибернетический закон необходимого разнообразия систем, согласно которому разнообразие сложной системы требует управления, которое само должно обладать некоторым разнообразием. В соответствии с этим законом успешное управление, т. е. достаточное с точки зрения достижения поставленной цели разнообразие объекта управления, может быть обеспечено, когда управляющая подсистема обладает разнообразием не меньшим, чем управляемая подсистема.

Нередко в процессе функционирования системы проявляется или складывается положение, при котором объекты управления характеризуются разнообразием переменных состояния, значительно превышающим разнообразие возможных откликов на них со стороны управляющей подсистемы. Такая неадекватность свидетельствует о структурной неупорядоченности системы, неучтенной при ее создании или «накопившейся» в процессе эксплуатации под воздействием различных возмущающих факторов.

Из закона необходимого разнообразия следует, что создание сложных систем возможно лишь на основе использования сложных технических средств. Кроме того, из этого закона вытекает, что для повышения организационной упорядоченности сложная система должна состоять из достаточного и необходимого количества управляемых подсистем, обеспечивающих выдачу определенных законченных частей конечного целевого результата. Рассматриваемый закон необходимого разнообразия систем отвечает важнейшему требованию материалистической диалектики о рассмотрении объекта и субъекта как единого целого во взаимосвязи и взаимодействии их компонентов.

Задача управления, с точки зрения рассматриваемого закона, состоит в уменьшении разнообразия системы, при котором принимаемые ею состояния наилучшим образом (в смысле выбранного критерия) соответствовали поставленной цели. Иными словами, сущность целенаправленного управления заключается в уменьшении неупорядоченности N объекта управления, при которой он приводится в соответствие с конечными целями и задачами. Управление представляет собой воздействие, направленное заданным образом на систему, с целью ее упорядочения, перевода из одного состояния в другое и координации функционирования с другими системами.

Качество функционирования сложной системы определяется внешним дополнением управляющей подсистемы. Методология внешнего дополнения предполагает, что ни одно управление не в состоянии предусмотреть всех возможных отклонений ΔX , возникающих в процессе его реализации. Для локализации и компенсации возмущающих воздействий требуется наделить систему необходимыми и достаточными резервами, обеспечивающими ее надежность и эффективность. Метод внешнего дополнения ориентирует на учет объективной диалектики, необходимости и случайности.

Любое управление характеризуется определенной точностью. При создании сложных систем эта характеристика оценивается как степень отклонения ΔX управляющих воздействий от некоторых значений, признанных наиболее рациональными в рассматриваемый промежуток времени. Точность управления также может характеризоваться степенью отклонения фактических моментов выдачи управляющих воздействий от оптимальных или заданных. С повышением требуемой точности управления усложняются алгоритмы решения задач, повышаются требования к скорости передачи информации.

Большинство реальных систем являются открытыми, и их замкнутость обеспечивается только через контур обратной связи, структура которого определяется подбором

состава его компонентов. С кибернетической точки зрения, обратная связь характеризует информационный процесс, связанный с передачей и обработкой информации. Она сигнализирует о достигнутом системой результате за счет замкнутого контура управления, не требующего наличия полной информации об объекте управления. Без обратной связи между взаимодействующими управляемой и управляющей подсистемами невозможна организация эффективного управления в системе. Поэтому метод обратной связи, учитывающий требования диалектического положения о единстве и борьбе противоположностей, возведен в ранг фундаментального закона кибернетики.

Одним из путей упрощения слоеного характера процесса управления является применение обратной связи, воздействующей на главную переменную управления (рис. 5.2).

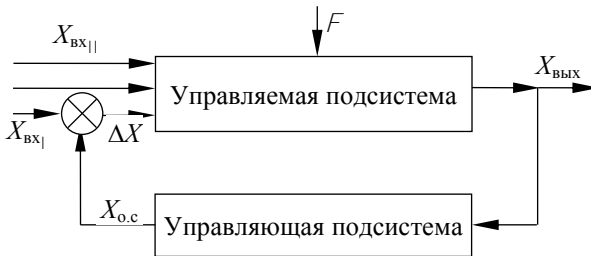


Рис. 5.2

При наличии многих переменных управления

$$X_{вх}(t) = \sum_{i=1}^n X_{вхi}(t)$$

всегда можно определить основное (главное) воздействие и производить управление при неполной информации, пренебрегая остальными переменными. Обычно воздействия на главную переменную управления $X_{вх1}$ вполне достаточно, чтобы осуществить процесс управления с необходимой точностью и компенсировать действия случайных возмущений.

5.6. Гибкость систем

В условиях частой сменяемости решаемых задач и технических средств их практической реализации последние должны быть унифицированы, выполнены по модульному принципу, иметь универсальность и способность к быстрой перестройке, т. е. быть гибкими. В общем случае под *гибкостью* системы понимается ее способность без существенных затрат труда, средств и времени перенастраиваться на решение новых задач, характеризующих протекающие процессы с новой их организацией. Гибкость определяет степень готовности системы к одновременному или последовательному выполнению протекающих процессов в установленных пределах значений их характеристик и ограничений при изменившихся условиях функционирования. Гибкость предопределяет создание адаптивных самонастраивающихся и самоорганизующихся систем.

Понятие гибкости сложной системы является комплексным. В зависимости от конкретно решаемых задач при создании разнообразных систем рассматриваются различные формы гибкости. Принято целесообразным оценивать три формы гибкости: технологическую, структурную и организационную. Кроме того, система должна быть гибкой и по отношению к своему развитию, модернизации и расширению. Гибкость в определенном смысле определяет архитектуру, конфигурацию и организацию построения системы. Говоря о гибкости сложных систем, по сути дела, речь идет о новых организационных формах решения стратегических задач, их интенсификации и развития в условиях НТП при ограниченных трудовых, материальных и энергетических ресурсах.

Все способы и методы обеспечения гибкости физических систем, как правило, сводятся к комплексной автоматизации (компьютеризации) разнообразных объектов и протекающих в них процессов. Кроме того, гибкость объектов и систем может быть *достигнута* за счет:

- совершенствования структуры и конструкции автоматизированных технических средств, их переналадки;
- добавления программно-математического обеспечения микропроцессорных устройств и совершенствования его моделей, алгоритмов и программ;
- переналадки и частичной перестройки технического обеспечения и его компонентов с добавлением однотипных или разнотипных средств.

В общем случае можно сказать, что гибкость объектов и систем *обеспечивается* [3]:

- интеграцией связей всех компонентов технического обеспечения;
- встраиванием и использованием микропроцессорных устройств в подсистемы самого нижнего уровня иерархии;
- применением микроЭВМ для оперативного решения задач на более высоких уровнях иерархии;
- объединением микропроцессоров и микроЭВМ в локальную информационную сеть с оптимальным распределением вычислительных функций и объема запоминающих устройств;
- принудительной синхронизацией работы всех автоматизированных подсистем;
- унификацией, типизацией и модульным принципом построения всех компонентов программно-алгоритмического и технического обеспечений.

В практике построения гибких систем различают краткосрочную и долгосрочную гибкости. Краткосрочная гибкость обеспечивается структурой и конструкцией компонентов системы. Она определяется действующей программой функционирования базового варианта гибкой системы. При переходе на решение новых модификаций задач краткосрочная гибкость связана с автоматизированной сменой управляющих программ. Долгосрочная гибкость, достигаемая перестройкой системы и ее компонентов, обычно применяется при переходе с одного базового варианта си-

стемы на другой и требует перепланировки технических средств со сменой и дополнением их основных модулей.

Гибкость системы оценивается степенью C_r гибкости, определяемой соотношением

$$C_r = \frac{\Gamma_d}{\Gamma_{тр}},$$

где Γ_d и $\Gamma_{тр}$ – достигнутая и требуемая гибкость системы соответственно.

При $C_r = 1$ требования гибкости полностью удовлетворяются, при $C_r > 1$ система будет иметь избыточную гибкость, т. е. для решения конкретных задач она будет использоваться не полностью, $C_r < 1$ означает, что в системе не все задачи могут быть решены при оптимальных условиях или вовсе не будут реализованы.

Кроме того, оценка гибкости системы может быть произведена с помощью коэффициента частоты переналадки программно-технического обеспечения K_ω и удельных затрат времени K_t на ее реализацию. Коэффициент частоты переналадки определяется соотношением

$$K_\omega = \frac{m}{K_3},$$

где m – число рабочих дней в месяце; $K_3 = T_m/N_m$ – коэффициент, характеризующий среднее количество решаемых задач за месяц.

Коэффициент K_3 определяется отношением всех выполненных задач или подлежащих решению в течение месяца T_m к расчетному числу N_m загруженных мощностей (памяти) ЭВМ. Как видно из приведенного соотношения, K_3 показывает среднее количество решаемых задач в течение месяца и характеризует стабильность протекающих в системе процессов.

Коэффициент удельных затрат времени на переналадку программно-технического обеспечения системы определяется по формуле

$$K = \frac{T_{п.з}}{t_{ед} n},$$

где $T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время; $t_{ед}$ – единичное время решения задачи; n – количество записей решаемых задач в одном файле.

Трудности переналадки программно-технического обеспечения и, как следствие, негибкость большинства создаваемых систем объясняются сложностью технических средств автоматизации, необходимостью взаимной ориентации и требованием высокой точности их позиционирования. Не менее важны вопросы выбора оптимальной последовательности расположения технических средств по критерию минимальной длительности производимых переналадок.

Гибкая автоматизированная система, ориентированная на многономенклатурное решение поставленных задач, при котором требуется переналадка технических средств, характеризуется типовыми и групповыми процессами, значительным укрупнением их операций, выполнение которых осуществляется на гибких производственных модулях. Гибкость системы достигается применением локальных компьютеризованных подсистем с перестраиваемой программным способом структурой. Модульно-функциональный принцип построения локальных подсистем позволяет создать универсальные блоки, пригодные для применения в гибких системах различного назначения, и выпускать их с использованием средств массового производства, что значительно снижает стоимость их изготовления и эксплуатации.

Интенсификация протекающих процессов и снижение себестоимости решения поставленных задач в гибких физических системах обеспечиваются за счет применения высокоэффективного и высокопроизводительного универ-

сального и многоцелевого технического обеспечения, включающего микропроцессорные или программно-числовые устройства, манипуляторы и промышленные роботы, автоматизированные транспортные и складские системы. Такие системы характеризуются высокими гибкостью, производительностью, коэффициентом загрузки технических средств в условиях частой переналадки.

Рациональная степень гибкости, обусловленная программой, переналадкой и перестройкой технического обеспечения системы, обеспечивает наименьшие расходы на решение функциональных задач в течение длительного периода времени. Гибкость системы позволяет существенно повысить производительность труда, коэффициент сменности технических средств при экономии рабочей силы и производственных площадей, резко сократить длительность цикла протекающих процессов, улучшить качество решения функциональных задач. Высок также и социальный эффект применения гибких систем. В перспективе гибкие автоматизированные системы позволяют создать объекты-автоматы, работающие круглосуточно по принципу безлюдной технологии.

При комплексной автоматизации разнообразных процессов в рамках гибкой системы следует стремиться к обеспечению оптимальной и экономически целесообразной степени гибкости. Однако в каждом конкретном случае вопрос о выборе приемлемой степени гибкости системы следует решать дифференцированно, учитывая ее функциональное назначение, характер протекающих процессов и тенденций совершенствования.

ГЛАВА 6

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ И КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

6.1. Характеристика критерия эффективности

При разработке и практической реализации сложных автоматизированных систем, выполненных в виде распределенных информационно-вычислительных сетей (ИВС) субъектов хозяйствования, важное значение имеет правильный выбор критерия эффективности их функционирования, который в свою очередь характеризуется рядом первостепенных и второстепенных показателей. Под *критерием* принято понимать основной признак системы, по которому один вариант ее построения обеспечит лучший в сравнении с другими необходимый результат с наименьшими затратами энергии, ресурсов и времени.

Вопрос о выборе критерия эффективности относится к числу наиболее трудных при комплексной модернизации хозяйствующих субъектов и протекающих в них процессов. Как правило, разногласия среди специалистов вызывают не используемый математических аппарат, а сама постановка вопроса выбора критерия, определяющего эффективность его применения. Особенно сложно установить количество критериев, необходимых для решения оптимизационных задач управления. Это связано с отсутствием соответствующего формализованного аппарата, а также с

многообразием связей системы с внешней средой. Точнее говоря, необходимость учета большого количества многообразных связей не позволяет использовать существующий или создать адекватный рассматриваемой проблеме формальный аппарат.

Для любой системы можно выделить два основных типа критериев эффективности первого и второго рода [2, 29]. Критерий первого рода характеризует степень достижения системой поставленной цели. Если цель задана областью целей Z или точкой z , то критерием эффективности первого рода является расстояние ρ , определяемое в метрике области Z . Цель считается достигнутой, если

$$\rho[Z(t), Z] = 0,$$

или в практических случаях

$$\rho[Z(t), Z] < \varepsilon,$$

где ε – наперед заданная малая величина.

При задании критериальной функции, если существует $\lambda^* = \max \lambda(z_0, z)$, то критерий эффективности представляет собой разность $\lambda(z_0, z) - \lambda_0$. В конкретных системах возможны различные его модификации.

Критерий эффективности второго рода – оценка эффективности в некотором заданном смысле пути достижения цели. Он определяется как некоторая функция

$$f(U, Y, Z) \rightarrow \text{extr},$$

при дополнительных ограничениях $F'(Y, Z) \subset \Omega'$. Экстремальное значение $f(U, Y, Z)$ определяет наилучшую траекторию движения системы к цели из множества возможных.

Для многих сложных систем получить критерий эффективности в виде скалярной функции не удастся и придется иметь дело с векторным критерием, составляющие которого – самостоятельные, независимые критерии, бла-

годаря чему такие системы называются многокритериальными. Эти частные критерии отражают разнообразные стороны функционирования субъекта хозяйствования через его технические и технологические параметры, технико-экономические показатели, социологические и эстетические характеристики.

При наличии многокритериальных функций необходимо соблюдать принцип согласованности частных критериев оценки отдельных подсистем с получением максимума эффективности всей системы. Этот принцип утверждает, что для оптимального функционирования системы в целом не обязательно требуется оптимизация работы каждой ее подсистемы. Для достижения общей цели управления субъектом хозяйствования и его процессами должны быть согласованы между собой критериальные функции, накладываемые ограничения и структура каждой подсистемы.

Все множество методов векторной оптимизации функционирования сложных систем можно разбить на пять классов [2, 29]:

1. Выделение главного критерия и перевод остальных частных критериальных функций в ограничения.
2. Ранжирование частных критериев по важности (приоритетности) и их последовательное применение.
3. Определение функции полезности, выражаемой в количественной форме через частные критерии.
4. Построение обобщенного критерия в форме свертки частных критериев.
5. Организация человеко-машинных процедур принятия решений на основе математической модели.

Паллиативным решением перевода векторного критерия эффективности K в скалярную форму является искусственное введение весовых коэффициентов φ , позволяющих получить линейную комбинацию однонаправленных составляющих векторного критерия:

$$K = \varphi_1 k_1 + \varphi_2 k_2 \quad (\varphi_1 + \varphi_2 = 1).$$

Естественно, что такое насильственное введение связей между независимыми по своей природе скалярными составляющими при их свертывании не всегда дает удовлетворительное решение. При применении этого способа определенные трудности представляет правильный выбор весовых коэффициентов, проблематична интерпретация получаемых результатов.

Иной подход к рассматриваемой проблеме состоит в том, что многокритериальная задача сводится к скалярной форме путем одновременного наложения ограничений сразу на все критерии, кроме одного (главного), принимающего экстремальное значение. При этом задаются главным критерием k_r , остальные же относятся к ограничениям и оптимизацию проводят последовательно. В этом случае задача становится типичной задачей нелинейного программирования

$$k_r \rightarrow \text{extr}, x \in X_p,$$

где X_p – область, задаваемая прямыми ограничениями и условиями работоспособности системы.

При поиске компромиссных решений большую результативность может дать способ последовательного выбора уступок, который позволяет оценить возможные стратегии по некоторым критериям k_j . При практическом применении способа последовательных уступок все критериальные функции располагаются в порядке убывающей важности и ставится задача нахождения решения, обеспечивающего экстремум k_1 при произвольных значениях остальных критериев. Если искомое решение найдено и $k_1 = k_1^0$, то можно либо сохранить достигнутое, либо попытаться улучшить другие критерии (в первую очередь k_2) за счет уступок Δk_1 в величине k_1^0 . Такой способ нахождения компромиссного решения хорош тем, что сразу позволяет выяснить, ценой какой «уступки» в одном критерии приобретает выигрыш в другом. Он позволяет выявить взаимосвязи критери-

ев, соотношения уступок и выигрышей, влияние учетных факторов на получаемый результат.

Достаточно эффективным способом оценок, используемым в случаях многокритериальности, является формирование множеств доминирующих решений по В. Парето. Принцип согласованного оптимума В. Парето предполагает непосредственное вычисление всех значений критериальных функций k_j для каждой допустимой стратегии и отбрасывание бесперспективных вариантов. Он представляет собой многошаговый итеративный процесс, который начинается с появлением проблемы и заканчивается реализацией решения (рис. 6.1).

При этом выбор главного критерия происходит при известных допустимых стратегиях путем вычисления всех критериев для каждой из них с учетом средств и времени. Стратегия с лучшими показателями рассматривается как доминирующая. Сравнение стратегий происходит в условиях, когда одна стратегия предпочтительна по одним критериям, другая – по другим или обе они равноценны с точки зрения вычислительных k_j . Стратегии, для которых нет доминирующих, признаются эффективными и подлежат дальнейшему изучению.

В зависимости от вида и уровня оптимизации могут использоваться различные критерии. Основные виды используемых критериев оптимизации можно объединить в следующие группы:

1. Экономические – годовой экономический эффект, минимальные себестоимость единицы продукции (услуги) и затраты на производство (различные виды энергии, основные и вспомогательные материалы, фонд заработной платы и др.), наибольшая рентабельность, снижение срока окупаемости единовременных вложений.

2. Техничко-экономические – сравнительная эффективность принятых проектных решений, возможность их использования на других субъектах отрасли при создании системы, максимальная производительность, наименьшее, основное и вспомогательное время и пр.



Рис. 6.1

3. Системотехнические – качество подготовки исходных данных для обработки, результативность использования полученных результатов решения задач, степень ис-

пользования ВТ, систем программирования и ППП, способности связи периферийных устройств с ПЭВМ, эффективность средства отображения информации, информационная связь задач системы с другими функциями этого же или вышестоящего уровней иерархического управления.

4. Автоматизации – степень охвата информатизацией задач и различных страт управления, уровень их важности и новизны, синхронизация и частота их решения, взаимосвязь решения задач автоматизации протекающих процессов с задачами других уровней управления, показатели устойчивости и качества функционирования системы.

5. Технологические – точность изготовления продукции (выполнения услуг), показатели качества.

6. Эксплуатационные – коэффициент готовности и наименьшее среднее время простоя оборудования, наибольшая продолжительность его срока службы, долговечность изделий.

7. Организационные – степень совершенствования организационной структуры управления, ее влияние на себестоимость, показатели качества и ритмичность оказания услуг, эффективность унификации и типизации информационных потоков, а также документооборота в системе управления, влияние системы на рост производительности труда, квалификацию кадров, их стабильность и использование рабочего времени.

При оптимизации многокритериальных информационных систем, каков бы ни был векторный критерий эффективности, при его выборе и определении необходимо учитывать ряд требований, которым он должен удовлетворять. К этим требованиям относятся [29]:

- представительность – способность характеризовать главные стороны функционирования системы в соответствии с ее целями и задачами;

- полнота – наиболее широкий охват основных аспектов решаемой задачи и функционирования системы набором частных критериев;

- адекватность – соответствие частных критериев рассматриваемым задачам и их непосредственная связь с оцениваемыми процессами;
- операциональность – способность характеризовать вполне определенное свойство каждым частным критерием;
- непротиворечивость – логическая согласованность частных критериев нижнего уровня с критериальной функцией более высокого уровня иерархии;
- семантическая – наличие смыслового содержания и четкого физического смысла частных критериальных функций;
- измеримость – возможность количественной оценки интенсивности характеризующих свойств системы каждым частным критерием;
- чувствительность – способность изменяться в относительно широких пределах при незначительных различиях в оцениваемых вариантах;
- точность – наименьший статистический разброс оцениваемых значений для каждого частного критерия;
- стабильность – относительное постоянство и однозначность получаемых результатов в степени оценки целей при различных альтернативных способах ее достижения;
- декомпозируемость – возможность разбиения задач на подзадачи меньшей размерности с помощью частных критериев;
- минимальность – содержание наименьшего количества частных критериальных функций в векторном критерии эффективности;
- избыточность – одноразовый учет одного и того же аспекта функционирования системы частными критериями;
- неприязательность – простота и удобство сбора необходимых данных и вычисления частных критериев, не связанная с большими затратами труда и времени;
- универсальность – широта классов сложных систем, для которых может быть использован критерий при оценке степени достижения однородных целей.

6.2. Показатели качества системы

В рамках принятого критерия эффективности используется определенная совокупность показателей, характеризующих различные (технические, информационные, экономические, социальные, и др.) аспекты функционирования системы.

Эта совокупность должна обеспечивать единство, комплексность, взаимосвязь, взаимообусловленность и соизмеримость отдельных частных показателей; достоверность, точность и полноту учета их изменения в результате внедрения системы; динамичность, возможность выявления и оценки влияния различных факторов на субъект хозяйствования.

Выбор совокупности показателей производится на основе глубокого анализа целей и задач, поставленных перед системой. Только при условии, что принятые показатели находятся в рациональных пропорциях при определенных ограничениях на выделенные ресурсы, можно рассчитывать на высокую эффективность создаваемой системы.

Выбор показателей в качестве основных единиц, составляющих векторной критериальной функции, объясняется следующими двумя обстоятельствами: показатель представляет собой элементарное высказывание и не может быть расчленен на более простые компоненты, имеющие самостоятельный смысл; он является регламентированным высказыванием, и следовательно, его физический смысл однозначен.

Общий перечень показателей, позволяющих оценить качество функционирования системы, может быть представлен в виде следующих четырех относительно независимых групп [7, 11]:

1. Показатели, определяющие экономический уровень системы, – сравнительная эффективность принятых проектных решений, общая экономическая эффективность системы, коэффициент эффективности одновременных за-

трат на создание системы и срок их окупаемости, влияние созданной системы на показатели работы субъекта, возможность использования принятых проектных решений при создании системы на других субъектах.

Экономические показатели позволяют сравнить между собой примерно равнозначные по техническим характеристикам варианты систем, рационально планировать процесс их создания и находить пути снижения затрат на проектирование и эксплуатацию.

2. Показатели, определяющие уровень организации системы, – совершенствование организационной структуры системы управления, эффективность унификации и типизации системы документооборота, влияние системы на рост производительности труда и квалификации кадров и использование рабочего времени управленческого и обслуживающего аппарата управления.

3. Показатели, определяющие уровень автоматизации системы, – степень охвата автоматизацией задач и различных уровней управления, уровень новизны и важности решаемых задач автоматизации в составе системы, взаимосвязь решения задач автоматизации системы с задачами вышестоящих уровней управления, устойчивость системы.

4. Показатели, определяющие системотехнический уровень системы, – качество подготовки исходных данных для обработки, результативность использования полученных данных решения задач, степень использования вычислительной техники, способы связи периферийных средств с ЭВМ, эффективность средств отображения информации, степень использования пакетов прикладных программ, информационная связь задач системы с другими функциями этого же и вышестоящего уровня иерархического управления.

Обобщенный показатель эффективности системы находит наибольшее распространение в практике построения систем. В оценке этого показателя присутствуют частные

показатели и ограничения в явном или неявном виде, характеризующие основные параметры предыдущих уровней оптимизации. Расчет обобщенного показателя необходим по нескольким причинам [2, 7]:

- для выбора единственного, самого эффективного варианта, если предыдущие уровни оценки показали равноценность полученных результатов;
- для взаимной компенсации разнородных показателей;
- для уточнения и проверки отдельных элементов затрат, определявшихся ранее приближенно.

С помощью обобщенного показателя рассчитывается технико-экономическая эффективность, а на его основе оценивается научно-технический уровень системы и качество ее разработки и функционирования.

Обобщенный и частные показатели АСУ должны удовлетворять следующим требованиям:

- обобщенный показатель тесно связан и зависит от изменения каждого частного составляющего показателя;
- каждый частный показатель характеризует один или несколько компонентов системы, от которых зависит обобщенный показатель;
- показатели наиболее точно и полно характеризуют основные протекающие процессы функционирования субъекта, описывают их отдельные операции и фазы;
- каждый показатель имеет количественную оценку, описывается простыми соотношениями и определяется наиболее удобным путем;
- число показателей ограничено, чтобы обеспечить их расчет простым и быстрым способом;
- измерение показателей согласуется с используемыми методами определения их значений и по возможности приводится к безразмерной форме;
- показатели обеспечивают возможность их изменения как при математическом моделировании, так и в реальных условиях эксплуатации системы;

- показатели допускают возможность их кодирования с целью их удобного представления на устройствах отображения информации системы;

- показатели «стимулируют» применение наиболее прогрессивных вариантов системы при ее проектировании.

Совокупность показателей, отвечающих требованиям единства, динамичности и системности, полностью характеризует эффективность разработки и внедрения системы в конкретной отрасли экономики Республики Беларусь.

6.3. Показатели технической эффективности системы

Функциональное назначение системы состоит в своевременной выдаче полной и точной информации в течение заданного времени в определенных условиях эксплуатации. В этом случае частые технические показатели должны характеризовать своевременность выдачи управляющих сигналов, их точность и условия функционирования и эксплуатации системы.

Требование *своевременности* выдачи управляющих сигналов означает, что временная диаграмма работы системы должна строго выполняться, т. е. каждый i -й управляющий сигнал должен быть выдан в определенный момент времени t_i . Этот момент либо задается, исходя из динамических характеристик, определяемых временем реакции системы, либо из условия синхронизации работы отдельных подсистем между собой.

Требования к *точности*, управляющих сигналов обычно задаются характеристиками субъекта хозяйствования с учетом погрешностей, имеющих место в процессе выработки управляющих сигналов. В зависимости от порождающих факторов и особенностей проявления ошибки, возникшие при обработке данных, делятся на погрешности [7, 11]:

- аппроксимации ε_a , возникающие в процессе упрощения и замены реального оператора на арифметический;
- трансформированные ε_t , обусловленные влиянием погрешностей квантования составляющих вектора входных данных и при их аналого-цифровом преобразовании;
- вычислительные ε_b , определяемые суммарным влиянием погрешностей округления и масштабирования на точность окончательных результатов вычислений алгоритма;
- параметрические ε_p , обусловленные погрешностями квантования констант вычислительных алгоритмов;
- динамические ε_d , связанные с запаздыванием в решении задач и конечным временем выполнения вычислений.

Общая погрешность системы при реализации алгоритма управления определяется суммой перечисленных составляющих. Требования к точности управляющих сигналов устанавливаются в виде ограничений на суммарную ошибку при использовании метода статистического суммирования.

Требования к *режиму эксплуатации* могут задаваться в зависимости от функционального назначения и условий работы системы. Они могут иметь вид ограничений на массу и габариты, предельных значений перегрузок и вибраций, климатических условий и т. д.

Рассмотренные частные технические показатели предопределили появление ряда практических показателей, которые в наибольшей степени интересуют пользователей системы. Основные из этих показателей представлены в табл. 6.1, в которой приведены их некоторые характеристики.

Все шесть показателей, интересующих пользователей, кроме двух, сравнительно легко измерить. Затраты труда пользователей можно выразить через время, необходимое для формулирования запроса, диалога с системой и просмотра выданной информации. Время реакции системы можно измерить непосредственно; так же легко установить форму выдачи. Определение полноты охвата массива информации может представить некоторые затруднения, если заранее неизвестно количество материалов, представляющих интерес

6.3. Показатели технической эффективности системы

в предметной области. Однако просмотр указателей и справочных изданий позволяет сравнительно легко оценить полноту охвата в любом конкретном случае. Таким образом, остаются лишь меры полноты и точности информации, определение которых является наиболее трудоемким.

Таблица 6.1

Показатель	Определение	Некоторые из характеристик, связанных с показателем
1	2	3
Полнота поиска информации	Способность системы выдавать все релевантные и pertinentные документы	Легкость анализа содержания документов, полнота и скорость индексирования. Наличие в языке индексирования средств улучшения полноты (учет синонимии, иерархические отношения и др.). Формулировка поисковых запросов и задание адекватных стратегий поиска
Точность информации	Способность системы задерживать все нерелевантные документальные потоки	Наличие в языке индексирования средств повышения точности (использование весовых коэффициентов, формирование словосочетаний и др.). Структура и подверженность ошибкам языка индексирования
Полнота массива информации	Степень охвата всех релевантных и информационных документов	Тип и емкость запоминающего устройства. Легкость анализа содержания. Спрос на информационное обслуживание
Время реакции системы	Период времени с момента поступления запроса до выдачи ответа	Тип запоминающего устройства и организации хранения. Вид запросов. Интенсивность поступления запросов. Форма ввода и размеры массивов документированной информации

Окончание табл. 6.1

1	2	3
Затраты труда пользователей	Усилия на формирование запросов, осуществление поиска, просмотр выдаваемой информации и принятие решения	Типы терминала и запоминающего устройства. Наличие помощи со стороны пользователей системы. Вид взаимодействия с системой. Легкость формулирования запросов
Форма представления информации	Возможность использования выданных материалов и данных	Типы запоминающего устройства и абонентного пункта. Объем хранимых документов. Вид устройства отображения и реализации информации

6.4. Показатели производительности и надежности системы

Производительность системы может быть определена с помощью взаимобратных показателей двух типов. Первый тип оценивает временную задержку, вносимую системой при выполнении процесса обмена данными, а второй – пропускную способность, отражающую количество информации, переданной в единицу времени.

В качестве временной характеристики производительности системы применяется показатель *времени реакции*, который определяется как интервал между возникновением запроса пользователя и получением ответа на этот запрос. Значение этого показателя зависит от типа сервера, к которому обращается пользователь, его загруженности и других сегментов системы, через которые проходит запрос.

Возможны различные интерпретации данного показателя. Так, в случае обращения пользователя к сервису FTP для передачи файла с сервера на клиентский компьютер

время реакции включает в себя несколько составляющих: время обработки запросов на сервере, время обработки пакетов IP частей файла на клиентском компьютере, время передачи пакетов между сервером и клиентским компьютером и другие более мелкие компоненты. Для определения производительности собственно системы необходимо из времени реакции вычесть составляющие несетевой обработки данных – поиск информации на диске, запись ее на диск и т. п. Полученный результат и есть время реакции на прикладном уровне системы. Вариантами этого показателя могут служить времена реакции при различных, но фиксированных (полностью ненагруженная или нагруженная) состояниях системы.

Когда производительность системы определяется временем задержки между передачей кадра Ethernet сетевым адаптером клиентского компьютера и поступлением его на сетевой адаптер сервера, рассматриваемый показатель соответствует сервису нижнего (канального) уровня. В этом случае под временем реакции понимается время прохождения кадра от узла-источника до узла-получателя. Задержка передачи включает в себя время распространения кадра по исходному сегменту, его передачи коммутатором, маршрутизатором и повторителем из одного сегмента к другому.

При оценке производительности системы в целом используются показатели двух типов [7, 11]:

1) средне-взвешенный, представляющий собой сумму времен реакции всех узлов при взаимодействии со всеми серверами сети:

$$(\sum_j \sum_i T_{ij}) / (n \times m) \rightarrow \min,$$

где T_{ij} – время реакции i -го пользователя при обращении к j -му серверу; n – количество пользователей; m – число серверов;

2) пороговый, отражающий наихудшее время реакции по всем возможным сочетаниям пользователей, серверов и сервисов:

$$\max T_{ijk} \rightarrow \min,$$

где i и j имеют тот же смысл, что и в предыдущем случае, а k обозначает тип сервера.

Основным параметром любой системы является высокая *пропускная способность*, характеризующая скорость передачи информации между компьютерами. Существует большое количество вариантов определения этого показателя, которые отличаются друг от друга: выбранной единицей измерения количества передаваемой информации, характером учитываемых данных, количеством точек измерения передаваемого трафика, способом усреднения результатов. Охарактеризуем эти разновидности показателя пропускной способности системы [7, 11].

1. *Показатели, отличающиеся единицей измерения передаваемой информации.* В качестве передаваемой информации обычно используются пакеты/кадры или биты. Соответственно пропускная способность измеряется в пакетах в секунду или же в битах в секунду.

Так как системы работают по принципу коммутации пакетов (или кадров), то измерение количества переданной информации в пакетах целесообразно, так как пропускная способность коммуникационного оборудования, работающего на канальном уровне, также чаще всего измеряется в пакетах в секунду. Однако из-за переменного размера пакета измерение пропускной способности в пакетах в секунду связано с некоторой неопределенностью протокола и размера.

Чаще всего подразумевают пакеты протокола Ethernet как самого распространенного, имеющие минимальный размер в 64 байта. Пакеты минимальной длины выбраны в качестве эталонных из-за того, что они создают для ком-

муникационного оборудования наиболее тяжелый режим работы – вычислительные операции, производимые с каждым пришедшим пакетом, в очень слабой степени зависят от его размера, поэтому на единицу переносимой информации обработка пакета минимальной длины требует выполнения гораздо большего количества операций, чем для пакета максимальной длины. Измерение пропускной способности в битах в секунду дает более точную оценку скорости передаваемой информации, чем при использовании пакетов.

2. *Показатели, отличающиеся учетом служебной информации.* В любом протоколе имеется заголовок, включающий служебную информацию, и поле данных, в котором записывается информация, считающаяся для данного протокола пользовательской. Например, в кадре протокола Ethernet минимального размера 46 байт (из 64) представляют собой поле данных, а оставшиеся 18 являются служебной информацией. При измерении пропускной способности в пакетах в секунду отделить пользовательскую информацию от служебной невозможно, а при побитовом измерении можно.

Если пропускная способность измеряется без деления информации на пользовательскую и служебную, то в этом случае нельзя ставить задачу выбора протокола или стека протоколов для данной системы. Это объясняется тем, что даже если при замене одного протокола на другой получается более высокая пропускная способность, но это не означает, что для конечных пользователей система будет работать быстрее – если доля служебной информации, приходящаяся на единицу пользовательских данных, у этих протоколов различная (а в общем случае это так), то можно в качестве оптимального решения выбрать более медленный вариант ее работы. Если же тип протокола не меняется при настройке системы, то можно использовать

и показатели, не выделяющие пользовательские данные из общего потока.

При тестировании пропускной способности системы на прикладном уровне легче всего ее определять по пользовательским данным. Для этого достаточно измерить время передачи файла определенного размера между сервером и пользователем и разделить размер файла на полученное время. Для измерения общей пропускной способности необходимы специальные инструменты измерения – анализаторы протоколов, встроенные в ОС, сетевые адаптеры или коммуникационное оборудование.

3. *Показатели, отличающиеся количеством и расположением точек измерения.* Пропускную способность можно измерять между любыми двумя узлами системы, например между клиентским компьютером и сервером. При этом получаемые значения пропускной способности будут изменяться при одних и тех же условиях работы системы в зависимости от того, между какими двумя точками производятся измерения. Так как в системе одновременно работает большое число пользовательских компьютеров и серверов, то полную характеристику пропускной способности дает набор пропускных способностей, измеренных для различных сочетаний взаимодействующих компьютеров, – так называемая матрица трафика для каждого узла системы.

Так как данные на пути до узла назначения обычно проходят через несколько транзитных промежуточных этапов обработки, в качестве показателя эффективности может рассматриваться пропускная способность отдельного промежуточного элемента системы – отдельного канала, сегмента или коммуникационного устройства.

Знание общей пропускной способности между двумя узлами не может дать полную информацию о возможных путях ее повышения, так как из общей цифры нельзя выяснить, какой из промежуточных этапов обработки пакетов

в наибольшей степени тормозит работу системы. Поэтому данные о пропускной способности отдельных элементов могут быть полезны для принятия решения о способах оптимизации системы.

Имеет смысл определить общую пропускную способность системы как среднее количество информации, переданной между всеми узлами сетевой системы в единицу времени, которая может измеряться как в пакетах в секунду, так и в битах в секунду. При делении системы на сегменты или подсистемы общая пропускная способность будет равна сумме пропускных способностей подсистем плюс пропускная способность межсегментных связей.

Важнейшей характеристикой системы является **надежность** – способность правильно функционировать в течение продолжительного периода времени. Этот показатель имеет три составляющие: собственно надежность, готовность и удобство обслуживания.

Повышение надежности заключается в предотвращении неисправностей, отказов и сбоев за счет применения электронных схем и компонентов с высокой степенью интеграции, снижения уровня помех, облегченных режимов работы схем, обеспечения тепловых режимов их работы, а также за счет совершенствования методов сборки аппаратуры. Надежность измеряется *интенсивностью отказов* и *средним временем наработки на отказ*. Надежность распределенных систем во многом определяется надежностью кабельных соединений и коммутационной аппаратуры – разъемов, кроссовых панелей, коммутационных шкафов и т. п., обеспечивающих собственно электрическую или оптическую связность отдельных узлов между собой.

Повышение готовности предполагает подавление в определенных пределах влияния отказов и сбоев на работу системы с помощью средств контроля и коррекции ошибок, а также средств автоматического восстановления цир-

куляции информации в системе после обнаружения неисправности. Повышение готовности предопределяет снижение простоя системы.

Показателем оценки готовности является *коэффициент готовности*, который равен доле времени пребывания системы в работоспособном состоянии. Коэффициент готовности вычисляется как отношение среднего времени наработки на отказ к сумме этой же величины и среднего времени восстановления. Системы с высокой готовностью называют также отказоустойчивыми.

Основным способом повышения готовности является избыточность, на основе которой реализуются различные варианты отказоустойчивых архитектур. Системы включают большое количество элементов различных типов, и для обеспечения отказоустойчивости необходима избыточность по ее каждому ключевому элементу. Если рассматривать систему только как транспортную, то избыточность должна существовать для всех ее магистральных маршрутов, то есть маршрутов, являющихся общими для большого количества пользователей. Такими маршрутами обычно являются маршруты к корпоративным серверам – серверам БД, Web-серверам, почтовым серверам и т. п. Поэтому для организации отказоустойчивости работы элементов системы, через которые проходят такие маршруты, должны быть зарезервированы.

Переход с основной связи на резервную или с основного устройства на резервное может происходить как в автоматическом режиме, так и вручную, при участии администратора. Очевидно, что автоматический переход повышает коэффициент готовности системы, так как время ее простоя в этом случае будет существенно меньше, чем при вмешательстве пользователя. Для выполнения автоматических процедур реконфигурации необходимо иметь интеллектуальные коммуникационные устройства, а также централизованную сис-

тему управления, помогающую устройствам распознавать отказы и адекватно на них реагировать.

Высокую степень готовности системы можно обеспечить в том случае, когда процедуры тестирования работоспособности ее элементов и перехода на резервные элементы встроены в коммуникационные протоколы. Примером такого типа протоколов может служить протокол FDDI, в котором постоянно тестируются физические связи между узлами и концентраторами, а в случае их отказа выполняется автоматическая реконфигурация связей за счет вторичного резервного кольца. Существуют и специальные протоколы, поддерживающие отказоустойчивость системы, выполняющий автоматический переход на резервные связи системы, построенной на основе мостов и коммутаторов.

Различают отдельные градации отказоустойчивых систем, к которым относятся [7, 11]:

- *высокая готовность (highavailability)* – характеризует системы, выполненные по обычной компьютерной технологии, использующие избыточные аппаратные и программные средства и допускающие время восстановления в интервале от 2 до 20 минут;

- *устойчивость к отказам (faulttolerance)* – характеристика таких систем, которые имеют в горячем резерве избыточную аппаратуру для всех функциональных блоков, включая процессоры, источники питания, интерфейсы ввода/вывода, подсистемы дисковой памяти, причем время восстановления при отказе не превышает одной секунды;

- *непрерывная готовность (continuousavailability)* – это свойство систем, которые также обеспечивают время восстановления в пределах одной секунды, но в отличие от систем, устойчивых к отказам, системы непрерывной готовности устраняют не только простои, возникшие в результате отказов, но и плановые простои, связанные с мо-

дернизацией или обслуживанием системы. Все эти работы проводятся в режиме online. Дополнительным требованием к системам непрерывной готовности является отсутствие деградации, то есть система должна поддерживать постоянный уровень функциональных возможностей и производительности независимо от возникновения отказов.

Так как системы обслуживают одновременно большое количество пользователей, то при расчете коэффициента готовности необходимо учитывать, что он должен соответствовать доле времени, в течение которого она выполняла с должным качеством свои функции для всех пользователей. Очевидно, что в больших системах очень трудно обеспечить значения коэффициента готовности, близкие к единице.

Между показателями производительности и надежности существует тесная связь. Ненадежная работа системы очень часто приводит к существенному снижению ее производительности. Это объясняется тем, что сбои и отказы каналов связи и сетевого оборудования приводят к потере или искажению некоторой части пакетов, в результате чего коммуникационные протоколы вынуждены организовывать повторную передачу утерянных данных, восстановлением которых занимаются, как правило, протоколы транспортного или прикладного уровня, работающие с тайм-аутами в несколько десятков секунд.

6.5. Научно-технический уровень системы

Для оценки качества информационной системы управления хозяйствующими субъектами используют обобщенный показатель НТУ. Этот показатель представляет

собой интегральную (векторную) оценку степени соответствия качества распределенной системы поставленным задачам или выявленным тенденциям НТП в сфере отраслевого управления. Кроме того, обобщенный показатель НТУ позволяет сопоставить уровни разработок различных систем.

Оценка обобщенного показателя НТУ для системы производится в баллах по формуле [6]

$$P_{\text{НТУ}} = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3 + \alpha_4 P_4 \quad (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1),$$

в которой частные показатели характеризуют уровни: P_1 – организации выполнения всех видов производственной деятельности, оказания услуг и труда пользователей; P_2 – системотехнической обработки информации; P_3 – охвата автоматизацией задач управления; P_4 – экономического потенциала системы.

В приведенном соотношении α ($i = 1-4$) представляют собой положительные (при показателях, которые желательно максимизировать) или отрицательные (при показателях, которые желательно минимизировать) весовые коэффициенты, абсолютные значения которых соответствуют степени важности (приоритетности) отдельных показателей.

Это выражение позволяет перевести векторный обобщенный показатель НТУ в скалярную форму, включающую линейную комбинацию однонаправленных частных составляющих, характеризующих основные параметры предыдущих уровней оптимизации. Расчет обобщенного показателя НТУ системы необходим по нескольким причинам [6]:

- для выбора единственного, самого эффективного варианта системы, если предыдущие уровни показали равноценность принятого технико-экономического решения;

- для взаимной компенсации частных разнородных показателей;
- для уточнения проверки отдельных элементов затрат, ранее оцененных приближенно.

Расчет показателя НТУ производится на стадиях планирования, разработки, внедрения и функционирования хозяйствующего субъекта.

На стадии **планирования** работ по созданию системы определяется *плановый* показатель НТУ. Он рассчитывается на основе системного анализа тенденций изменения частных показателей НТУ, отражающих ранее решавшиеся организационно-экономические и функциональные задачи управления и их экстраполяции на планируемый период с учетом выделенных ресурсов. На этой стадии определяется *потенциальный* показатель НТУ, т. е. наибольший из возможных, который позволяет оценить перспективы и потенциальные возможности развития системы. В условиях ограничений по времени и материальным ресурсам определяется *прогнозируемый* показатель НТУ, который позволяет выбрать наилучший вариант построения системы. Сравнение прогнозируемого и потенциального показателей НТУ характеризует приближение к потенциальному уровню вариантов, которые могут быть разработаны в данном периоде времени.

На стадии **разработки** проектов оценка показателя НТУ производится для уточнения проектного уровня системы и сопоставления выполненных разработок с заданным проектным уровнем; для выбора методов проектирования, обеспечивающих достижение заданного показателя НТУ и определения необходимости проведения НИР для его повышения [22].

Значение показателя НТУ устанавливается на основании оценки тенденции развития соответствующей отрасли экономики РБ под влиянием НТП. На этой стадии определяется *проектный* показатель НТУ, характеризуемый усло-

виями создания и функционирования конкретной системой и являющийся минимально необходимым для возмещения затрат на ее разработку и эксплуатацию [1].

На стадии **внедрения и функционирования** оценка достигнутого показателя НТУ позволяет определить направление дальнейшего развития системы и его соответствие проектным условиям. На этой стадии определяется *достигнутый* показатель НТУ, характеризующий фактические значения частных показателей работы системы в реальных производственных условиях функционирования субъекта хозяйствования.

Таким образом, для оценки НТУ необходимо определить его частные показатели, их численные значения, а также комплексный показатель НТУ, учитывающий коэффициенты важности отдельных частных показателей для конкретного варианта системы на определенном этапе ее создания.

Оценка показателя НТУ системы может осуществляться с использованием экспертных методов и таблиц, характеризующих предпочтительность показателей различных ресурсов, используемых для решения задач производственного управления, а также уровень организации всех видов деятельности и труда отдельных пользователей субъекта хозяйствования с учетом экономической эффективности и методологии проектирования систем.

Показатели оценки обобщенного НТУ системы должны удовлетворять следующим концептуальным *требованиям* [2]:

1. Интегральный комплексный показатель, характеризующий научный уровень, зависит от изменения каждого частного составляющего показателя.

2. Каждый частный показатель характеризует один или несколько компонентов, от которых зависит научный уровень системы в целом.

3. Показатели наиболее точно и полно характеризуют производственные процессы функционирования хозяйст-

вующего субъекта, описывают их отдельные операции и фазы.

4. Каждый показатель имеет количественную оценку, описывается простыми соотношениями и определяется наиболее удобным путем.

5. Число показателей ограничено, чтобы обеспечить их расчет простыми и нетрудоемкими способами.

6. Измерения показателей согласуются с используемыми методами определения их значений и приводятся к безразмерной форме.

7. Показатели обеспечивают возможность их изменения как при математическом моделировании, так и в реальных условиях эксплуатации системы управления субъектом хозяйствования.

8. Показатели допускают возможность кодирования, с целью их удобного представления на устройствах отображения и регистрации информации.

9. Показатели «стимулируют» применение наиболее прогрессивных вариантов построения системы управления.

Совокупность показателей, отвечающих требованиям единства, динамичности и комплексности, полностью характеризует НТУ и технико-экономическую эффективность внедрения системы в сферу отраслевого хозяйствования.

Результаты исследований и зарубежный практический опыт использования системы позволяют прогнозировать существенное улучшение показателей НТУ функционирования и развития субъектов хозяйствования в сфере отраслевого управления. В табл. 6.2 [24] приведены наиболее вероятные значения прогнозируемых показателей НТУ при внедрении системы, а также, для сравнения, соответствующие показатели НТУ внедрения гибкой интегрированной автоматизированной системы управления (ГИАСУ).

6.5. Научно-технический уровень системы

Таблица 6.2

Наименование показателя научно-технического уровня	Степень улучшения показателя (раз)	
	АСУ	ГИАСУ
<i>Общие технико-экономические показатели</i>		
Повышение производительности труда	2,1	3,9
Рост заработной платы одного работающего	1,5	3,7
Условное высвобождение численности персонала	1,2	1,7
Снижение трудоемкости работ	1,5	3,3
<i>Системные показатели</i>		
Степень производственно-технической интеграции	2,1	7,1
Уровень эффективности автоматизации	1,3	3,5
Средняя длительность цикла проведения переговоров и нахождения компромиссов	1,6	3,3
Среднее время принятия согласованных решений	5,4	10,2
Максимальный разброс договорного срока выполнения принятых решений	1,8	9,3

Как видно из табл. 6.2, придание информационной системе свойств интеграции и гибкости значительно, а порой и многократно улучшает показатель работы субъекта хозяйствования.

Литература

1. *Балашов, Е. П.* Проектирование информационных систем / Е. П. Балашов, Д. В. Пузанков. – М.: Радио и связь, 1987.
2. Основы системотехники / Г. П. Беляков [и др.]. – М.: Радио и связь, Томское отд-е, 1992.
3. *Бусленко, Н. Н.* Лекции по теории сложных систем / Н. Н. Бусленко. – М.: Сов. радио, 1973.
4. *Василенко, Н. В.* АСУП в единичном машиностроении / Н. В. Василенко, Г. И. Григоров, В. О. Чернышев. – М.: Радио и связь, Томское отд-е, 1992.
5. Информационно-инструментальная среда для сети хозяйствующих субъектов / Л. Н. Величко [и др.] // Проблемы создания информационных технологий. – Минск: РИО МАИТ, 2002. – Вып. 7.
6. Основы информатизации субъектов хозяйствования на базе новых информационных технологий / Л. Н. Величко [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2003.
7. Основные показатели эффективности информационно-вычислительной сети / Л. Н. Величко [и др.] // Электроника инфо. – Минск: ООО «Поликraft», 2004. – № 9–12.
8. Классификация информационно-вычислительных сетей / Л. Н. Величко [и др.] // Электроника инфо. – Минск: РИО ООО «Поликraft», 2005. – № 3.
9. Системная интеграция – решающий фактор повышения эффективности информатизации субъектов хозяйствования / Л. Н. Величко [и др.] // Электроника инфо. – Минск: ООО «Поликraft», 2003. – № 5.
10. Гибкость информационных систем / Л. Н. Величко [и др.] // Электроника инфо. – Минск: ООО «Поликraft», 2006. – № 12.
11. Основные виды показателей оценки эффективности информационных систем / Л. Н. Величко [и др.] // Электроника инфо. – Минск: ООО «Поликraft», 2006. – № 12.
12. *Глушков, В. М.* Основы безбумажной информатики / В. М. Глушков. – 2-е изд. – М.: Наука, 1987.
13. *Грабауров, В. А.* Информационные технологии как средство обеспечения процветания предприятий / В. А. Грабауров //

Научный поиск и инновационные преобразования в промышленном комплексе. – Минск: РИО БГАТУ, 2009.

14. *Грабауров, В. А.* Тенденция использования информационных технологий на предприятии / В. А. Грабауров // Вехи пройденного пути по научной деятельности. – Минск: РИО БГАТУ, 2006.

15. *Грабауров, В. А.* Информационные технологии: учеб. пособие для слушателей МВА / В. А. Грабауров, В. Н. Гулин, В. В. Лабодий. – Минск: Современная школа, 2006.

16. *Грабауров, В. А.* Компьютерная техника в управлении предприятием: учеб.-метод. пособие / В. А. Грабауров, Г. Г. Волков, О. Ю. Глинский. – Минск: РИО БГЭУ, 2005.

17. *Грабауров, В. А.* Информационные технологии для менеджеров / В. А. Грабауров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2005.

18. *Гринберг, А. С.* Компьютерные информационные технологии // А. С. Гринберг, В. М. Шестаков. – Минск: РИО ИУ, 1996.

19. *Кипланд, Д.* Системный анализ и целевое управление: пер. с англ. / Д. Кипланд, В. Кинг; под ред. В. М. Верещагина. – М.: Сов. радио, 1974.

20. *Мисарович, М.* Теория иерархических многоуровневых систем / М. Мисарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Мир, 1973.

21. Информационные системы для руководителей / Ф. И. Перегудов [и др.]. – М.: Финансы и статистика, 1985

22. *Перегудов, Ф. И.* Основы системного проектирования АСУ организационными комплексами / Ф. И. Перегудов. – Томск: РИО Томск. ун-та, 1984.

23. *Сморodinский, С. С.* Методы и технология системного проектирования / С. С. Смородинский, В. Г. Танаевский. – Минск: РИО МРТИ, 1985.

24. *Смольников, Л. П.* Элементы системотехники / Л. П. Смольников, Е. Т. Раженков. – Минск: РИО МРТИ, 1974.

25. *Чернышев, В. О.* Принципы и концептуальные основы системного подхода: учеб. пособие / В. О. Чернышев; РИО Красноярского ун-та космической техники. – Красноярск, 1992.

26. *Чернышев, В. О.* Формирование единого информационного пространства в сфере библиотечной деятельности / В. О. Чернышев, О. В. Дашевич // Информационные технологии в библио-

Литература

теках на рубеже веков: проблемы, поиски, решения: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: ООО «Красико-принт», 1998.

27. *Чернышев, В. О.* Роль работников библиотек в проведении системных исследований по комплексной автоматизации технологических процессов / В. О. Чернышев // Научные и технические библиотеки СССР. – М.: ГПНТБ СССР, 1988. – № 1.

28. *Чернышев, В. О.* Программно-целевой подход к разработке сети автоматизированных библиотек / В. О. Чернышев // Советское библиотековедение. – М.: Книжная палата, 1987. – № 5.

29. *Чернышев, В. О.* Целевые и критериальные функции автоматизированных библиотечно-библиографических систем / В. О. Чернышев. – Минск: РИО МИК, 1987.

30. *Чернышев, В. О.* Предпроектное обследование и анализ системы управления библиотекой при комплексной информатизации / В. О. Чернышев, Д. Г. Парфионович. – Минск: РИО МИК, 1986.

Оглавление

Условные обозначения	3
Предисловие	5
Введение	
Историческая справка и системологические понятия системотехники	9
ГЛАВА 1	
ТЕОРИЯ СИСТЕМ – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА	12
1.1. Основные положения общей теории систем	12
1.2. Концептуально-методологические основы систем- ного подхода	19
1.3. Системные исследования – теоретическая основа системного подхода	22
1.4. Системный анализ как методологическая составля- ющая системных исследований	28
1.5. Системный синтез как инструментальная составля- ющая системных исследований	39
ГЛАВА 2	
СИСТЕМА КАК ОСНОВНОЕ ПОНЯТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА	41
2.1. Характеристика системы, ее принцип действия, структура и классификация	41
2.1.1. Понятие системы, цели и задачи построения и ее формализация	41
2.1.2. Принципы построения системы	51
2.1.3. Этапы жизненного цикла системы	59
2.1.4. Архитектура системы	64
2.1.5. Конфигурация и топология системы	76
2.1.6. Функциональная структура системы	84
2.1.7. Организационная структура системы	89
2.1.8. Автоматизированная система как человек-ма- шинный комплекс	92
2.1.9. Классификация автоматизированных систем по выполняемым функциям	102

Оглавление

2.1.10. Классификация автоматизированных систем по степени централизации	107
2.2. Подсистема как основная структурная единица системы	114
2.2.1. Понятие и характеристика подсистемы	114
2.2.2. Подсистема информационного обеспечения	122
2.2.3. Подсистема программного обеспечения	129
2.2.4. Подсистема технического (аппаратного) обеспечения	134
2.2.5. Подсистема организационного обеспечения	138
2.3. Элемент как основная структурная единица подсистемы	142
ГЛАВА 3	
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОСТАНОВКЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ	149
3.1. Объект управления и предмет системных исследований	149
3.2. Постановка цели управления	152
3.2.1. Миссия субъекта хозяйствования	152
3.2.2. Общая характеристика цели управления	153
3.2.3. Классификация целей	157
3.2.4. Методология целеобразования	159
3.3. Формулировка задач управления	165
3.3.1. Роль функциональных специалистов хозяйствующего субъекта в постановке задач управления	165
3.3.2. Классификация, конкретизация задач и их ранжирование по приоритету	168
3.3.3. Методологические основы постановки задач управления	173
ГЛАВА 4	
ПРЕДПРОЕКТНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СУБЪЕКТА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ	179
4.1. Методологические основы предпроектного обследования	179
4.1.1. Вводные замечания	179
4.1.2. Методы и формы обследования	182
4.1.3. Программа, план-график и организация работ по обследованию	183

Оглавление

4.2. Обследование организационной и функциональной структур субъекта хозяйствования	188
4.3. Обследование методов, функций и задач управления	192
4.4. Обследование информационных потоков и документооборота	195
ГЛАВА 5	
СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	203
5.1. Целостность системы	203
5.2. Сложность системы	207
5.3. Интеграция систем	213
5.4. Иерархичность систем	220
5.5. Управляемость систем	227
5.6. Гибкость систем	233
ГЛАВА 6	
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ И КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	238
6.1. Характеристика критерия эффективности	238
6.2. Показатели качества системы	246
6.3. Показатели технической эффективности	249
6.4. Показатели производительности и надежности системы	252
6.5. Научно-технический уровень системы	260
Литература	266

Научное издание

ЧЕРНЫШЕВ Валерий Олегович
ГРАБАУРОВ Владимир Александрович

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
К УПРАВЛЕНИЮ СУБЪЕКТАМИ
ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 28.02.2014. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 15,81. Уч.-изд. л. 12,36. Тираж 100. Заказ 110.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.