



Н. А. Стенина Д. В. Цыганков

**УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Учебное пособие

Кемерово 2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Н. А. Стенина Д. В. Цыганков

**УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Учебное пособие

Кемерово 2018

УДК 656.13.071.8(075.8)

Рецензенты:

Дугинов Е. В., проректор по учебно-воспитательной работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», кандидат физико-математических наук

Аметов В. А., профессор кафедры автомобильного транспорта и электротехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Томский государственный архитектурно-строительный университет», доктор технических наук

Управление техническими системами: учебное пособие / Н. А. Стенина, Д. В. Цыганков; КузГТУ. – Кемерово, 2018. – 124 с.

ISBN 978-5-00137-024-6

Рассмотрены основные понятия и положения по управлению техническими системами, даны методы построения и анализа структуры дерева целей. Описываются основные подходы к управлению большими и сложными системами с точки зрения системного анализа. Приведена классификация технических систем. Рассмотрены современные методы принятия решений.

Пособие подготовлено по дисциплине «Управление техническими системами» для обучающихся направлений подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Печатается по решению редакционно-издательского совета КузГТУ.

УДК 656.13.071.8(075.8)

© КузГТУ, 2018

© Стенина Н. А.,

Цыганков Д. В., 2018

ISBN 978-5-00137-024-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель изучения курса «Управление техническими системами» – приобретение знаний в области теории систем, методов их описания, изучения и управления ими.

Основные задачи дисциплины:

– создание у обучающихся основ теоретической подготовки в области управления техническими системами;

– овладение методикой сбора, обработки и системного анализа информации с применением ЭВМ;

– выработка у обучающихся приемов и навыков в решении инженерных задач на основе альтернативных подходов, с использованием машинного и игрового эксперимента, анализа математических методов, связанных с управлением и интенсификацией производства, экономией трудовых, топливно-энергетических и материальных ресурсов, а также экологических и экономических проблем в области эксплуатации автомобильного транспорта.

Для изучения важного технологического процесса карьерных перевозок предусмотрен данный курс, содержащий все аспекты перемещения горной массы в карьерах (теория процесса, технические средства, принципы организации работы, эксплуатационные показатели).

В данном учебном пособии рассмотрены общие сведения о процессе управления системами и более подробно – техническими.

Учебное пособие предназначено в помощь обучающимся направлений подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Пособие из-за ограниченности объема не может осветить все вопросы, касающиеся систем и процессов управления ими, поэтому авторы рекомендуют обратиться к списку литературы, приведенному в конце пособия.

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие призвано помочь студентам в освоение курса «Управление техническими системами».

На современном этапе развития общества, от специалиста все больше требуется в его профессиональной деятельности работать в качестве менеджера в той или иной отрасли. Иными словами роль и значение управленческих задач на сегодняшний день становится все выше и выше. Если в исторической ретроспективе управление считалось искусством и основными инструментами в принятии решений были здравый смысл и логическое размышление, то сегодня эти моменты остались далеко позади. Теперь решение управленческих задач невозможно без использования системного подхода и анализа, которые помогают всесторонне изучить проблему и наметить пути ее решения. Управление сложными динамическими системами также невозможно без учета положений, выдвинутых кибернетикой, поэтому теории систем и кибернетике в пособие отводится ключевое значение.

Автомобильный транспорт имеет ярко выраженные отличия форм и методов управления. Обусловлено это, прежде всего, тем, что основной производственный процесс протекает за территорией предприятия, а сами автомобили непрерывно изменяют свое местоположение во времени и пространстве. Авторы постарались рассмотреть основные специфики управления, связанные с автомобильным транспортом. Методы и формы управления приведены с учетом особенностей, которые имеет именно автомобильный транспорт.

Материал ориентирован, прежде всего, на то, чтобы обеспечить будущего специалиста знаниями и навыками, необходимыми при управлении предприятиями и организациями автомобильного транспорта и их структурными подразделениями. Хотя базовые принципы теории систем и кибернетики далеко не ограничиваются только автомобильным транспортом. Поэтому данное пособие может быть полезно не только специалистам автомобильного транспорта, но также и обычным людям при принятии решений даже в бытовых вопросах.

Одно из ведущих мест в системе доставки грузов и пассажиров принадлежит автомобильному транспорту, являющемуся самостоятельной и важной отраслью экономики нашей страны.

Опыт развитых стран показывает, что для повышения эффективности использования автомобильного транспорта необходимо совершенствовать процесс его управления на основе системного подхода с использованием современных информационных технологий. Успешная работа автомобильного транспорта, как сложной системы невозможна без квалифицированных специалистов-транспортников, обладающих современными знаниями в области теории систем, теории информации и управления, а также знающими структуру, особенности и принципы управления транспортными комплексами и их подсистемами.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ

1.1. Понятие «система»

В настоящее время понятие «система» используется во всех областях знания для описания комплексно представленных проблем. Например: система планет, философская система, система управления производством, система дистанционной связи, электронная система, метрическая система, транспортная система и т. д.

Беглый взгляд на приведенный выше случайный набор различных систем позволяет сделать вывод, что слово «система» применяется по меньшей мере в двух аспектах:

- как определение *типа реализации* (например, электронная система – система, построенная на электрических элементах);
- как определение *цели деятельности* (например, транспортная система – система, предназначенная для перевозок грузов и пассажиров).

В настоящем учебном пособии будем рассматривать системы, относящиеся к цели деятельности и, в частности, транспортную систему, которая реализует свою деятельность с помощью автомобильного транспорта.

В настоящее время понятие «система» используется во всех областях знания для описания, комплексно представленных проблем. Например: система планет, философская система, система управления производством, система дистанционной связи, электронная система, метрическая система, транспортная система и т. д.

Беглый взгляд на приведенный выше случайный набор различных систем позволяет сделать вывод, что слово «система» применяется, по меньшей мере, в двух аспектах:

- как определение *типа реализации* (например, электронная система – система, построенная на электрических элементах);
- как определение *цели деятельности* (например, транспортная система – система, предназначенная для перевозок грузов и пассажиров).

Согласно общей теории систем основная задача ее концепции состоит в отыскании совокупности законов, объясняющих поведение, функционирование и динамическое развитие систем разных классов. Инструментарием общей теории систем являются: системные исследования, системный подход и системный анализ.

Системные исследования – это совокупность научно-технических проблем, которые сходны в понимании и рассмотрении исследуемых объектов с точки зрения систем, выступающих как единое целое.

Системный подход – комплексное изучение объекта исследования как единого целого с позиции системного анализа.

Системный анализ – методология исследования любых объектов посредством представления их в качестве систем и анализа этих систем.

Системный анализ является основой исследования динамических систем. Он базируется на комплексном (системном) подходе к решению проблем, что в случае сложных систем большого масштаба является единственной гарантией принятия решения, близкого к оптимальному. *Сущность системного подхода состоит* в учете взаимосвязей между элементами системы, между системой и внешней средой, в учете развития системы в настоящем и перспектив развития в будущем.

Впервые идея системного подхода и анализа была выдвинута **Аристотелем** (третий век до н. э.), учеником Платона и учителем Александра Македонского, предложившим классификацию, построенную на иерархии общего и частного: вид – род – класс.

Вопрос о научном подходе к изучению и управлению *сложными системами* первым поставил в 30–40-е годы XIX в. известный французский физик **Андре Мари Ампер**. При создании классификации всевозможных, в том числе и не существовавших тогда, наук он выделил специальную науку об управлении государством и назвал ее *кибернетикой* (от греческого слова κίβερνητική – «искусство управления кораблем»). Под искусством управления Андре Мари Ампер понимал общие правила поведения, которыми должно руководствоваться правительство, чтобы обеспечить бесконфликтное развитие общества.

Эти положения существенно развил польский философ **Бронислав Трентовский**. В своей книге «Отношение философии к кибернетике как искусству управления народом» (1848 г.) он изложил разработанные им научные основы практической деятельности руководителя (кибернета). Главная сложность в управлении народом, говорил Трентовский, заключается в нестандартности поведения людей. Как общественные группы, так и отдельные личности имеют

разные, зачастую не совпадающие, а иногда и прямо противоположные интересы, в результате чего в обществе постоянно существуют противоречия. Так вот, кибернет должен уметь, исходя из общего блага, одни противоречия примирять, другие намеренно обострять, направляя развитие событий к нужной цели. Грамотный кибернет, говорил Трентовский, не создает будущее, а позволяет ему рождаться самому, лишь умело, и вовремя направляя естественный ход событий в нужном направлении. В то время эти идеи оказались настолько необычными, что не были поняты и восприняты, да и общество могло пока обходиться без них, и разговоры о кибернетике умолкли почти на полвека.

Толчком к началу нового этапа развития системных представлений послужило открытие, сделанное в 1891 году акад. **Евграфом Степановичем Федоровым**. Будучи специалистом по кристаллографии, он установил, что в природе существует всего 230 разных типов кристаллической решетки, при том, что кристаллизоваться при определенных условиях может любое вещество. Позднее выяснилось, что любые системы, будь то природные тела, языковые построения, архитектурные конструкции, музыкальные произведения и др., образуются из ограниченного и сравнительно небольшого числа исходных форм и лишь бесконечное разнообразие связей между ними создает бесконечное разнообразие систем. Однако главным достижением Е. С. Федорова в системологии явилось следующее открытие, также полностью подтвержденное позднее. Он установил, что главным условием жизнеспособности и прогресса систем является не их приспособленность к окружающей среде, а способность к приспособлению, не стройность, а способность к повышению стройности.

Следующая ступень в изучении системности связана с именем **Александра Александровича Богданова**. В 1917–1925 гг. он опубликовал трехтомную монографию под названием «Всеобщая организационная наука», которую он назвал «*Тектологией*».

Основные идеи тектологии А. А. Богданова состояли в следующем:

- все существующие объекты, явления и процессы находятся в состоянии непрерывной организации и дезорганизации, в результате чего уровень организованности постоянно меняется;

• в результате этих процессов любая система достигает такого момента, когда процессы дезорганизации заходят так далеко, что становится неизбежной коренная, «взрывная» перестройка ее структуры (проблема кризисов).

Таким образом, А. А. Богданов явился основоположником *теории организации*. И как это часто бывает, в то время его не поняли, о тектологии забыли и вспомнили лишь тогда, когда независимо стали приходить к тем же результатам. К тому же сам А. А. Богданов был своеобразным человеком – безусловно, талантливым, но столь же самонадеянным, абсолютно уверенным в своей правоте во всех без исключения вопросах. Он легко принимался за изучение проблем из самых разнообразных сфер человеческой деятельности (философия, политическая экономия, политика, партийная деятельность, медицина), причем, как правило, в каждой из них достигал значительных успехов, однако с такой же легкостью бросал их, как только терял интерес к проблеме. Он и погиб, проверяя некоторые выводы тектологии на примере кровеносной системы человека на себе.

По-настоящему же бурное развитие кибернетики в современном понимании началось с 1948 года, когда американский математик **Норберт Винер** опубликовал книгу под одноименным названием. В ней Н. Винер вначале определил кибернетику как науку об управлении и связи в машинах и живых организмах. Однако вскоре он стал рассматривать с позиций кибернетики уже и общество, и экономику и все остальное. Столь резкое расширение области приложения принципов кибернетики вначале ввело ученых в замешательство. Возник даже спор: а имеет ли кибернетика вообще свой предмет исследования? В ряде стран, в том числе и в СССР, кибернетика была встречена крайне враждебно и объявлена лженаукой.

На все претензии Н. Винер отвечал, что *предметом его кибернетики является исследование систем*. Для кибернетики совершенно не важно, какова природа этих систем (физическая, биологическая, экономическая, организационная или вообще какая-то фиктивная), а значит, принципы ее применимы в равной мере ко всем им.

Наиболее важными идеями Н. Винера были следующие:

– главным условием функционирования систем является наличие в них *обратных связей*;

- необходимое число и структура этих связей является важнейшим условием *оптимального* функционирования систем;
- огромное значение в управлении системами имеет *информация*, причем она может быть оценена количественно;
- изучение, построение систем и управление ими невозможно без их *моделирования*, причем наибольший эффект дает *имитационное моделирование* на ЭВМ;
- поскольку процесс мышления представляет собой последовательность логически вытекающих друг из друга заключений, то при наличии необходимой информации и достаточной мощности ЭВМ возможно его моделирование.

Все эти идеи подготовили почву для невиданного размаха *компьютеризации*, который происходит сегодня на наших глазах, а также явились основой создания искусственного интеллекта.

Параллельно и как бы независимо от кибернетики развивалась еще одна наука о системах – *общая теория систем*.

Идея построения такой теории была выдвинута австрийским биологом **Людвигом фон Берталанфи**. Наиболее важным его достижением является введение понятия *открытой системы*. Если Н. Винер считал, что основой функционирования систем являются внутрисистемные обратные связи, а внешние воздействия лишь создают дополнительные помехи, то Л. Берталанфи особое значение придавал как раз взаимодействию системы с окружающей средой. Это взаимодействие выражается в обмене между ними веществом, энергией и информацией, в результате чего в системе устанавливается неустойчивое равновесие, уровень которого постоянно меняется в зависимости от масштаба этого взаимообмена.

Идеи Л. Берталанфи были поддержаны и развиты бельгийским ученым русского происхождения **Ильей Пригожиным**. Изучая термодинамику неравновесных физических систем (за что в 1977 г. он получил Нобелевскую премию), он пришел к выводу, что обнаруженные им закономерности можно отнести к любым системам. Неустойчивость неравновесных состояний, в которые система приходит в результате взаимодействия с окружающей средой, периодически вызывает, по его мнению, всплески активности системы, требующие изменения ее структуры. Причем в эти переломные моменты («точки бифуркации») принципиально невозможно сказать, станет ли система более организованной или менее организованной.

При системном подходе решение частных проблем подчиняется решению проблем, общих для всей системы в целом.

Основными категориями (понятиями) системного анализа являются:

- цели функционирования системы;
- варианты способов достижения этих целей;
- средства, затрачиваемые на реализацию целей;
- математические и другие модели, т. е. система связей между целями, вариантами способов, средой и требованиями, предъявляемыми к ресурсам;
- критерии выбора вариантов, которым должно быть отдано предпочтение.

Суть системного анализа заключается в методологии, которую можно определить как методологию исследования ситуации, подготавливающую принятие сложного решения и основывающуюся на описании, чтоб ситуации в виде некоторой системы.

К важнейшим принципам системного анализа обычно относят:

1. Тщательное и всестороннее изучение задач (проблем) управления. Этот принцип вытекает из необходимости специализации функций в системе управления, при которой одна из подсистем (объект управления) должна лишь создать принципиальную возможность решения задач, а другая (аппарат управления) – обеспечить эффективность этого решения.

2. Четкое разграничение постановки задачи (проблемы) от методов ее решения. Задача (проблема) считается сформулированной корректно только тогда, когда изменение способа ее решения не требует пересмотра ее постановки.

3. Все альтернативные решения подвергаются тщательному анализу. Отбраковка (отбрасывание) тех или иных решений задачи (проблемы) возможна только после анализа причин, по которым их не следует рассматривать.

В системном анализе используются различные критерии или, точнее говоря, показатели качества отдельных альтернатив решения проблемы. Однако любой показатель качества не может в полной мере характеризовать все многообразие отношений к рассматриваемой альтернативе. Поэтому возникает необходимость использования **векторного критерия качества**, содержащего как *различные оценки эффективности решения*, так и *оценки затрат на его до-*

стижение. Использование векторных показателей качества повлекло за собой и определенные сдвиги в отношениях к проблеме поиска решения. В отличие от **принципа оптимальности**, требующего поиска *наилучшей альтернативы*, часто используется **принцип удовлетворения**, требующий лишь *поиска альтернативы, удовлетворяющей всем ограничениям на различные показатели качества*.

Понятие **системы** является основным понятием системного анализа. Существует большое количество определений системы, с той или иной степенью детализации отражающих различные ее аспекты. Поэтому есть смысл проследить развитие понятия системы от ее естественно-языковой формы до математической.

Первое определение системы можно сформулировать так: *система есть средство достижения цели*.

В основном понимании **система** – это совокупность элементов или подсистем, находящихся во взаимодействии и образующих определенную целостность.

Примеры системы различной сложности: холдинговая компания, состоящая из ряда предприятий и организаций; автотранспортное предприятие (АТП) или станция технического обслуживания (СТО), состоящие из ряда служб, цехов, участников; автомобиль, состоящий из ряда агрегатов, и т. д. (табл. 1).

Таблица 1 – Примеры технических систем и подсистем автомобильного транспорта

Системы	Подсистемы (элементы)
1. Транспортный комплекс	Автомобильный транспорт Дорожное хозяйство Железнодорожный транспорт Речной транспорт и т. д.
2. Автомобильный транспорт	Коммерческая эксплуатация Техническая эксплуатация Сервис Подсистема управления
3. Автомобиль	Агрегаты Механизмы Детали
4. АТП	Цехи Участки Колонны службы

Виды систем:

- технические (например, автомобиль);
- человеко-машинные (автомобиль-водитель);
- производственно-экономические (АТП, фирма);
- социальные (персонал, различные группы населения) и др.

Если же «заглянуть» внутрь системы, то мы увидим, что оно неоднородно. В состав системы входят более мелкие ее части, которые, в свою очередь, могут включать в себя еще более мелкие составляющие. Те части системы, которые рассматриваются как неделимые, называют элементами (Э). Части системы, состоящие более чем из одного элемента, – подсистемами (ПС).

Совершенно ясно, что подсистемы обладают определенной иерархией, поэтому в случае необходимости можно говорить, что это «подподсистема» или «подсистема такого-то уровня».

В результате получаем модель состава, которая описывает, из каких подсистем и элементов состоит система.

Пример. Составим один из вариантов модели состава уже рассмотренной нами системы «городской транспорт». Она может иметь следующий вид (табл. 2).

Таблица 2 – Модели состава системы «городской транспорт»

Система	Подсистема	Элементы
Городской транспорт	Автомобильный транспорт	Автобусы Маршрутные такси Такси
	Электрический транспорт	Троллейбусы Трамваи
	Служба эксплуатации	АТП Трамвайно-троллейбусные парки Ремонтные предприятия
	Служба управления	Структура Функции Персонал
	Дорожное хозяйство	Автомобильные дороги Городские улицы Служба организации дорожного движения

Элемент системы – это объект, выполняющий определенные функции и не подлежащий дальнейшему расчленению в рамках поставленной перед данной системой задачи. Например, элементом транспортного предприятия (системы) как перевозчика является автомобиль (подсистема, элемент), который может осуществлять перевозку грузов или пассажиров, что является основной задачей АТП.

Дальнейшее расчленение автомобиля на агрегаты для перевозочного процесса бессмысленно, но важно для обеспечения работоспособности автомобиля, т. е. организации технического обслуживания и ремонта.

Для системы технической эксплуатации важно расчленение автомобиля не только на агрегаты, но и на детали, которые и будут являться первичными элементами.

Можно сформулировать второе определение системы: *система – совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как единое целое*. Обобщив все вышеизложенное, дадим определение системы.

Система (в переводе с греческого – целое, составленное из частей, соединение) – *упорядоченная определенным образом совокупность отдельных элементов или частей, взаимодействующих между собой для достижения определенной цели*.

Приведенное определение системы не является единственным и универсальным. Существует множество определений системы, отражающих особенности изучаемой предметной области. Например, система – есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающих вполне определенными свойствами: это множество характеризуется единством, которое выражается в интегральных свойствах и функциях множества. Попытки дать универсальное определение системы пока не привели к положительному результату.

Каждый элемент характеризуется входом X_i , т. е. воздействием на него окружающей среды или других элементов системы, выходом Y_j , т. е. преобразованным воздействием данного элемента на окружающую среду или другие элементы системы, и показателями возможного состояния элемента g_k (рис. 1). Обычно X_i , Y_j и g_k – это интенсивности соответствующих показателей.

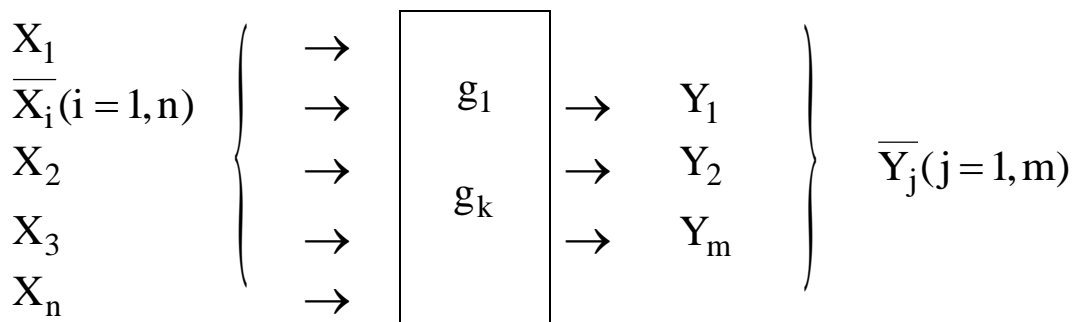


Рисунок 1 – Схема первичного элемента системы

Вход: информация, материалы, требования, режимы работы и т. д.

Состояние: производственный процесс, преобразование режимов работы агрегатов и т. д.

Выход: продукция, услуги, отходы, изменение режима работы и др.

Функционирование системы в качестве единого целого обеспечивается связями между ее элементами. Связи определяют структуру системы.

В технической и производственной системах связи между элементами, как правило, однозначны и формируются при проектировании и создании системы. Например, конструкция агрегата, планировка АТП или СТО.

В биологических системах связи возникают естественным путем в процессе зарождения и развития организма.

В социальных или экономических системах связи формируются на основе действующих законов и нормативов, плана, складывается стихийно или под воздействием рыночного механизма, или сочетание директивных и рыночных воздействий. Связи также периодически меняются.

Выделение системы, т. е. отнесение к ней определенного перечня элементов, является необходимой и достаточно сложной задачей, особенно для производственных, экономических и социальных систем.

Элементы (или подсистемы) относятся к данной системе, если они удовлетворяют следующим основным требованиям:

- 1) они взаимно дополняют друг друга, т. е. без любого элемента система не может эффективно решать стоящие перед ней задачи;

- 2) имеют стабильные организационные, ресурсные и иерархические связи в системе;
- 3) а главное, имеют общую цель, т. е. каждый элемент должен работать и давать свой измеряемый вклад в достижение цели системы.

Таблица 3 – Примеры содержания и соотношения X_i , g_k и Y_j для различных систем

Вход: X_i	Состояние и содержание: g_k	Выход: Y_j
Автотранспортное предприятие (АТП)		
Результаты маркетингового анализа: <ul style="list-style-type: none"> • Конкурентная среда • Законодательство • Экономическое состояние • Потребность в перевозках и др. 	<ul style="list-style-type: none"> • Размер и структура парка АТП • Производственно-техническая база • Персонал • Система ТО и Р • Техническое состояние • Производственный процесс 	<ul style="list-style-type: none"> • Объем перевозок • Доходы и расходы • Прибыль • Расширение или сокращение ниши на транспортном рынке и др.
Станция технического обслуживания (СТО)		
<ul style="list-style-type: none"> • Потребность в услугах • Конкурентная среда • Экономическое состояние • Законодательство и др. 	<ul style="list-style-type: none"> • Пропускная способность и производительность • Специализация • Персонал • Цены • Производственный процесс 	<ul style="list-style-type: none"> • Объемы оказываемых услуг • Прибыль • Удержание, расширение или сокращение ниш на рынке услуг и др.
Коробка перемены передач (КПП)		
Крутящий момент и число оборотов первичного вала $M_{кр 1}; n_1$	<ul style="list-style-type: none"> • Передаточные числа • Число передач • Преобразование $M_{кр 1}; n_1$ 	Крутящий момент и число оборотов вторичного вала $M_{кр 2}; n_2$

Наконец, последнее понятие – это большие системы. Оно достаточно условно и характеризуется одним из следующих признаков или их комбинацией:

1. Иерархичность системы, т. е. наличие нескольких уровней в ее структуре. Например: транспортная система – автомобильный транспорт – автотранспортное предприятие;

АТП – цех – участок – бригада – исполнитель;
автомобиль – агрегат – узел – деталь.

2. Наличие в системе элементов разного происхождения: технических, экономических, социальных. Например, предприятие: автомобили, станки, здания, сооружения (технические элементы); водители, ремонтники, ИТР (социальные элементы), взаимоотношения с клиентурой, банками, производителями техники (организационные и экономические элементы) и др.

3. Значительное количество подсистем (обычно не менее 7...10).

Понятия «большая» и «сложная» система

Понятия «большая» и «сложная» система в теории систем окончательно еще не установились, поэтому при чтении специальной литературы можно встретить различные варианты их употребления. Некоторые авторы вообще не используют эти понятия, другие считают, что это одно и то же, третьи считают разницу между ними чисто количественной и т. п.

Системы, моделирование которых затруднено вследствие их *размерности*, принято называть **большими**.

Системы, для управления которыми достаточно информации, принято называть **простыми**.

Если же информации для эффективного управления недостаточно, то такие системы являются **сложными**.

Понятие простоты или сложности системы имеет относительный характер.

Примеры.

1. Кодовый замок качественно различен для тех, кто знает код, и тех, кто его не знает.

2. Каждому родной язык кажется проще иностранного.

3. Люди, умеющие и не умеющие управлять автомобилем.

Чтобы пояснить разницу между большими и сложными системами подробнее, можно показать, что существуют все четыре возможных комбинации систем:

– *малые простые* (исправные бытовые приборы – для пользователя; неисправные – для мастера и т. п.);

– *малые сложные* (исправные бытовые приборы – для пользователя);

– *большие простые* (шифрозамок – для взломщика: система простая, т. к. требуется только перебрать все варианты, однако одновременно и большая, т. к. времени на перебор вариантов может не хватить; точный прогноз погоды);

– *большие сложные* (мозг, экономика страны, живой организм).

1.2. Основные черты и свойства систем

Анализ всего многообразия систем позволяет выделить основные черты (принципы построения), присущие большинству из них.

Целостность – ключевое понятие и определяющее свойство систем. В теории систем исходным моментом является предположение, что система существует как целое, которое затем можно разбивать на части (элементы, компоненты). Эти компоненты существуют лишь в силу существования целого. Не элементы составляют целое, а наоборот ЦЕЛОЕ порождает при своем делении элементы системы. Каждая часть системы может рассматриваться только в связи с другой частью системы. **Первичность целого – основной постулат теории систем!**

В целостной системе отдельные части функционируют совместно, составляя в совокупности процесс функционирования системы как целого. Однако функционирование системы не может быть сведено к функционированию отдельных частей, и наоборот. Каждому элементу присущи определенные свойства, которые зависят от его места, функций и связей внутри системы. Совместное функционирование разнородных взаимосвязанных между собой частей порождает качественно новые функциональные свойства системы, не имеющие аналогов в свойствах ее элементов. *Из этого следует, что свойства целостной системы не могут быть представлены в виде суммы свойств составляющих ее элементов, а по свойствам отдельных элементов нельзя судить о свойствах системы в целом.* Другими словами целостной системе присуща **неаддитивность**. Осознание этого факта имеет принципиальное значение для понимания природы систем.

Важнейшей характеристикой целостной системы является ее структура.

Структурность – возможность описания системы через установление ее структуры. Структура (С) – это совокупность элемен-

тов (n) и связей между ними (r), определяющих внутреннее строение и организацию объекта как целостной системы. Математически вышесказанное записывается следующим образом:

$N = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$ – множество элементов;

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ – множество связей;

$C = \{N, R\}$ – структура, представляющая собой множество, состоящее из N и R .

Взаимосвязь элементов. Из принципа структурности следует, что элементы, создающие систему, находятся в ней не произвольно, а образуют определенную, характерную для данной конкретной системы структуру, т. е. элементы взаимосвязаны между собой и взаимозависимы друг от друга. Вместе с тем следует отметить, что возможны такие системы, в структуре которых существуют изолированные элементы (или группы элементов), не имеющие связей с другими элементами системы.

Целенаправленность в функционировании. Всякая система имеет определенное назначение, которое может быть описано системой целей. Под *целью* обычно понимают то состояние, к которому стремится система. В свою очередь, *состояние системы* – это совокупность значений ее свойств в определенный момент времени. Система целей, или как наиболее часто говорят в настоящее время – дерево целей, представляет собой не что иное, как множество целей и отношений (связей) между ними. Подцель обычно конкретизирует цель и является средством достижения цели. *Целенаправленное поведение системы часто называют функцией этой системы.* Другими словами функция (от латинского слова *function* – исполнение; стабильная способность к определенным действиям) – *свойства системы, приводящие к достижению цели, а функционирование системы – изменение ее состояния во времени.*

Бесконечность – важное свойство любой системы, под которой понимается невозможность ее полного познания и всестороннего представления конечным множеством описаний, т. е. конечным числом качественных и количественных характеристик. Из свойств бесконечности описаний целостной системы следует ее иерархичность.

Иерархичность. Понятие «система» относительно в том смысле, что элемент или часть системы сами могут являться сложной системой. Система, выделенная по какому-либо признаку, может быть

элементом системы более высокого уровня. Иерархичность систем создает еще одно свойство, присущее всем системам: множественность описания.

Множественность описания. Одна и та же система может быть рассмотрена с различных позиций, различных способов и методов ее описания. Для исследования системы требуется строить множество различных моделей, каждая из которых описывает только определенный ее аспект. Например, при изучении или конструировании всевозможных механизмов и машин, которые относятся к категории технических систем, самым нижним уровнем рассмотрения являются детали машин, каждая из которых, в свою очередь, может рассматриваться как совокупность геометрических тел более простой формы. В отличие от этого, например, материаловед, создающий материалы, из которых в дальнейшем будут изготавливаться вышеназванные детали, свои исследования проводит на уровне молекул как элементов системы (материала).

Неотъемлемыми от понятия «система» являются такие термины, как **назначение, поведение (функционирование), структура, свойство, окружение, вход, выход, состояние**. Знание количественных или качественных величин перечисленных понятий позволяет отличать одну систему от другой.

Назначение системы. Всякая система предназначена для чего-либо, т. е. имеет назначение. Назначение системы задается **целью**. Цели бывают *объективные* (в неживой природе) и *субъективные* (в живой). В том случае, когда у системы не одна, а несколько целей, они объединяются, как было сказано выше, в систему (дерево) целей.

Свойства и состояние системы. Под *свойством* понимают всякий существенный признак системы. Систем без свойств не бывает. Каждая система и ее элементы обладают свойствами (z), присущими данной системе и точно ее определяющими. Любое свойство можно охарактеризовать словесно, численно, в виде таблицы, графика. Свойства, присущие системам, позволяют отличать одну систему от другой, сравнивать системы друг с другом, оценивать системы с различных точек зрения и т. д. Свойствами системы могут быть размеры, масса, скорость, цвет, форма, стабильность, технологичность, сохраняемость, прочность, эстетичность, стои-

мость, способность что-либо делать (или быть для чего-либо предназначенной), т. е. функционировать и многое другое.

Совокупность значений свойств системы в конкретный момент времени называется состоянием системы. Состояние системы можно изобразить в виде вектора, имеющего в качестве компонентов отдельные свойства системы:

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$$

Функционирование системы. Множество последовательных во времени состояний системы определяет поведение системы. Для биологических систем поведение – это сумма реакций на раздражение. Поведение технических систем задается конструктором, организационно-экономических – обществом.

Как уже было сказано ранее, целенаправленное поведение системы обычно называют ее функцией. Другими словами, функция системы – это некоторая стабильная способность системы к определенным действиям. Кроме этого, под функцией часто понимают свойства системы, приводящие к достижению цели. Функционирование системы – изменение функций системы во времени. Математически модель функционирования системы записывается следующим образом:

$$F = f(Z, t)$$

Структура системы. О структуре системы было сказано выше. К этому необходимо добавить, что так как система состоит из нескольких подсистем, то каждой из них будет соответствовать своя структура. Структура и функционирование являются наиболее важными свойствами системы.

Взаимосвязь между структурой и функционированием системы. Функционирование системы задается ее структурой. С другой стороны, функционирование не определяет структуру однозначно. Одна и та же функция системы может быть реализована различными структурами.

Вход, выход и окружение системы. Каждая система имеет границы. Все, что не входит в границы данной системы (изучаемой, проектируемой), будет являться для нее внешней средой или, как иногда говорят, окружением. Взаимодействие системы и внешней среды происходит посредством ВХОДА и ВЫХОДА системы (рис. 2).

Вход – внешнее отношение (связь) «среда → система».

Выход – внешнее отношение (связь) «система → среда».

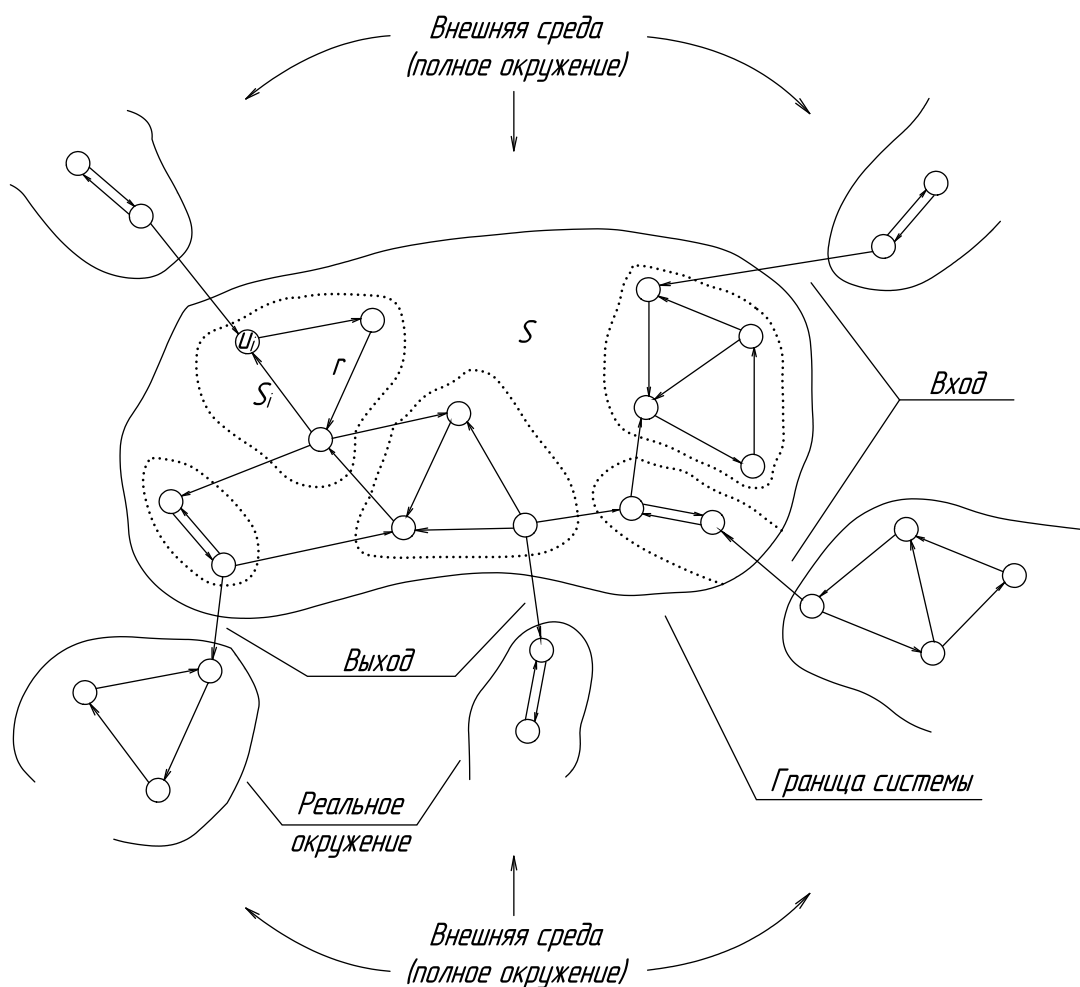


Рисунок 2 – Модель системы и ее декомпозиция

У системы может быть несколько входов и выходов (может и не быть совсем, смотри ниже). Совокупность входов и выходов системы может быть сведена к обобщенному входу и выходу (вектору входа и вектору выхода).

Обычно различают *полное окружение* системы и ее *реальное окружение*.

К **полному окружению** относят:

- геосферу, включающую в себя магнитосферу;
- атмосферу;
- гидросферу;
- литосферу;
- биосферу (включая людей);
- техносферу (совокупность объектов человеческой деятельности);

– астросферу (окружающие Землю планеты и звезды, иными словами – космос).

Реальное окружение состоит из различных систем, с которыми у рассматриваемой системы имеется непосредственная связь, т. е. такая связь, при которой выход (вход) хотя бы одного элемента данной системы является одновременно входом (выходом) элемента другой системы.

1.3. Декомпозиция систем

Для удобства анализа, синтеза и совершенствования функционирования системы проводится ее **декомпозиция**, т. е. разбиение системы на подмножество элементов.

*Подмножество элементов системы, выделенное по какому-либо признаку, называется **подсистемой**.* Так, в системе автомобиля можно выделить ряд подсистем, таких, например, как двигатель, система электрооборудования, тормозная система и др. Очевидно, что каждая из них представляет собой относительно самостоятельную систему, которая выполняет определенные функции.

Способов декомпозиции систем на подсистемы, как правило, несколько. *Предпочтительным является такое выделение подсистем, при котором связи между элементами подсистемы **наибольшие**, а между подсистемами – **наименьшие**.* С другой стороны, как было отмечено выше, многие относительно самостоятельные системы могут являться подсистемами в других более сложных системах. Так, например, автомобильный транспорт может рассматриваться как подсистема транспортной системы страны, в состав которой входят также железнодорожный, трубопроводный, водный и воздушный транспорт. Транспортная система страны, в свою очередь, является подсистемой в экономической системе общества.

Если переход от простых подсистем к более сложным теоретически может происходить бесконечно, то обратный переход – от сложных к более простым имеет пределы. Предел наступает тогда, когда полученные от деления системы части далее делить нецелесообразно. Например, при делении системы автомобиля на подсистемы можно получить: блок цилиндров, коленчатый вал, поршень и т. д.

*Такие неделимые, с точки зрения практической целесообразности, части системы называются **элементами**.*

1.4. Связи в системе и их классификация

Взаимодействие элементов системы между собой и с элементами других систем обеспечивается наличием связей между ними. *Связи в системе – это то, что объединяет элементы системы в одно целое.*

Связи между элементами могут быть *жесткими* (таковы они обычно в технике, например карданный вал в автомобиле) и *гибкими* – изменяющимися в процессе функционирования системы (такие связи присущи живым существам, экономическим и общественным системам). Кроме этого выделяют *главные и второстепенные*, а также *внутренние и внешние* связи. Главные связи обеспечивают нормальное функционирование системы, их разрушение приводит к выходу системы из строя. Второстепенные связи могут в той или иной степени влиять на работу системы, однако их утрата в целом не приводит к заметному изменению свойств и функций системы.

Связи между элементами устанавливаются:

в технических системах – при проектировании;

в экономических системах – обществом;

в живых организмах – естественным путем (природой).

Изучая и формируя связи между элементами различных систем, в кибернетике пользуются понятиями «вход» и «выход» элементов. На входе элемент получает воздействие со стороны других элементов и внешней среды, а на выходе вырабатывает, в свою очередь, воздействия на связанные с ним элементы и внешнюю среду. С этих позиций под связью понимается такое отношение между элементами (системами), при котором *выход* элемента (системы) одновременно является *входом* какого-либо другого элемента (системы).

Связь может быть:

– *прямой* (последовательной или параллельной);

– *обратной* (положительной или отрицательной);

– *комбинированной*.

Необходимо также отметить, что связи могут быть *материальными, энергетическими и информационными*.

Полное представление о порядке внутренних пространственно-временных связей между отдельными элементами системы и их взаимодействии с внешней средой дает структура системы – одна из

важнейших ее характеристик, во многом определяющая эффективность ее функционирования. Схемы видов связей между элементами представлены на рис. 3.

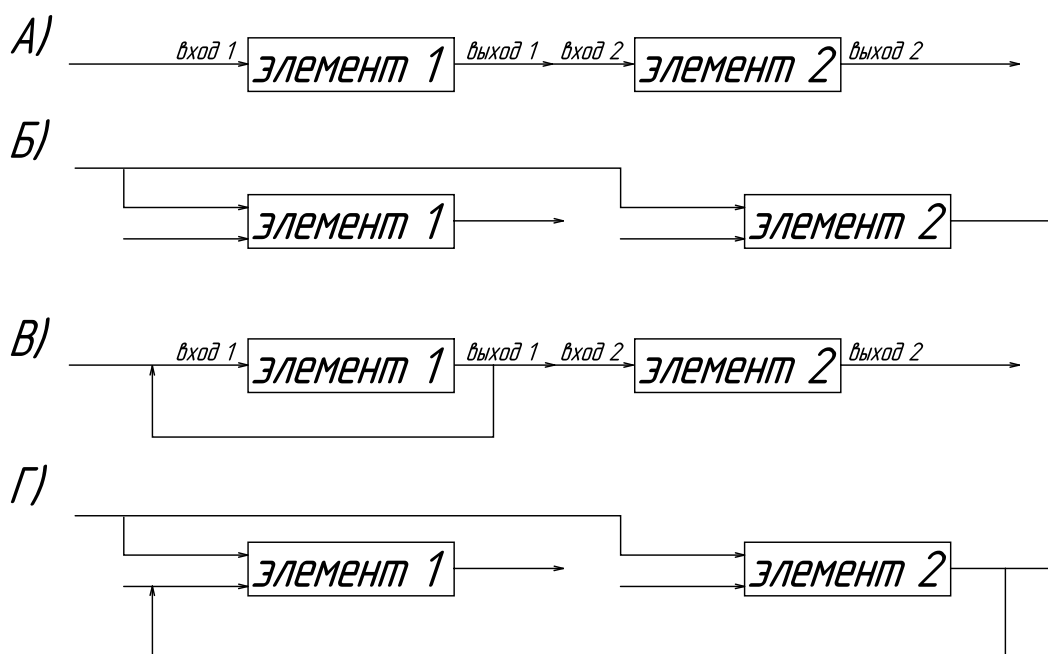


Рисунок 3 – Виды связей между элементами:
 А) последовательная; Б) параллельная;
 В) обратная; Г) комбинированная

1.5. Классификация систем

Все существующие в природе системы можно по происхождению разделить на два основных вида: естественные и искусственные.

К естественным системам относятся системы, созданные природой: неорганические и биологические.

Искусственные системы – продукт человеческой деятельности.

Из множества искусственных систем в соответствии с целями и задачами настоящего курса выделим два класса систем: технические и общественные.

К техническим системам будем относить машины, механизмы, приборы, устройства, орудия той или иной отрасли производства.

Под общественными системами будем понимать:
 – социальные;

- экономические;
- организационные;
- административные и т. п.

Совокупность технических систем и общественных систем будем относить к разряду социально-технических систем (гибридные человеко-машинные системы).

Существует и другое деление систем. Все системы условно можно разделить на *материальные* и *идеальные* (абстрактные).

Материальные системы представляют собой множество элементов реального мира, существующих объективно, независимо от человека. Сюда можно отнести всевозможные технические, экономические и организационные системы.

Абстрактные системы являются продуктом человеческого мышления. Они представляют собой множество элементов, выделяемых человеком – исследователем с целью решения определенных задач. К таким системам можно отнести систему знаний, теории, систему гипотез, различные математические модели и др.

В процессе своего функционирования системы изменяются во времени, поэтому всякая *реальная система* является *динамической*.

Системы характеризуются как простые, большие и сложные.

Простая система содержит небольшое количество элементов и связей между ними. Такая система легко поддается исследованию, так как множество ее возможных состояний невелико.

Большая система содержит такое количество элементов и связей между ними, которое превосходит возможности ее исследования в полном объеме. Однако структура таких систем однородна.

Сложная система характеризуется множеством различных неоднородных структур и множеством различных связей этих структур. В силу этого число ее возможных состояний велико, а исследования таких систем, их описание вызывает определенные трудности.

Понятие «большая» характеризует систему как бы с количественной стороны, а «сложная» – больше с качественной, чем с количественной. В процессе исследования большие и сложные системы могут делиться на подсистемы.

Сложные системы принято классифицировать *по степени их взаимодействия с внешней средой*. Системы, имеющие только внутренние связи, называются *закрытыми* (замкнутыми). Эти сис-

темы испытывают влияние внешней среды, но обратного влияния на нее не оказывают. При наличии внешних связей системы считаются – *открытыми* (незамкнутыми или разомкнутыми). Открытые системы обмениваются с внешней средой веществом, энергией и информацией. Системы, которые не испытывают влияние внешней среды и не оказывают на нее обратного влияния, считаются *изолированными*.

По реакции на воздействие внешней среды системы бывают *адаптивными* и *неадаптивными*. К адаптивным системам относятся системы, умеющие приспосабливаться к реальным условиям (условиям внешней среды). Если система не может приспособиться к изменяющимся условиям, то она относится к разряду неадаптивных.

По характеру функционирования системы делят на детерминированные и стохастические. *Детерминированная* (от латинского слова *determine* – определяю) – система с полной предсказуемостью результатов того или иного действия. Например: поворот рукоятки, нажатие кнопки.

Вероятностная система – такая система, для которой принципиально невозможно получить в каждый данный момент времени абсолютно точные сведения обо всех процессах, которые в этот момент происходят, а тем более во всех деталях предвидеть будущее. (В противоположность тому, что мы видим при нажатии кнопки, повороте рукоятки механизма и др.). Вероятностные системы очень часто называют стохастическими (от латинского слова *stochastikos* – умеющий угадывать). Классификация систем приведена в табл. 4.

Таблица 4 – Классификация систем

Признаки классификации	Типы систем
По происхождению	Естественные, искусственные
По положению системы в иерархии	Надсистема, система, подсистема
По степени взаимодействия с внешней средой	Изолированные, закрытые, открытые
По изменению состояния	Статические, динамические
По характеру функционирования	Детерминированные, стохастические
По степени сложности структуры	Простые, большие, сложные
По реакции на воздействие внешней среды	Адаптивные, неадаптивные

2. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ

2.1. История развития управления.

Развитие управления в мире

Развитие общества связано с непрерывным производством материальных и духовных благ, необходимых для удовлетворения разнообразных потребностей людей. Основой производства является трудовая деятельность людей, осуществляемая орудиями труда. Люди делают орудия труда для облегчения своей работы и совершенствования трудовых процессов. Чем лучше орудия труда, тем больше материальных благ можно произвести и тем выше качество продукции. Поэтому люди заинтересованы в непрерывном усовершенствовании орудий труда, что составляет основу **научно-технического прогресса**. Таким образом, **научно-технический прогресс** – это результат деятельности людей по непрерывному развитию и совершенствованию производительных сил и материально-технической базы общества. Он может проявляться в двух основных формах: эволюционной и революционной. Эволюционная форма – это относительно длительное постепенное накопление и внедрение в практику производства научных и технических знаний. Революционная форма – это качественный скачок в познании и практическом применении человечеством законов природы.

Научно-техническая революция (НТР) выражается в качественных преобразованиях орудий и предметов труда, технологии, организации труда и в управлении. Эти преобразования могут охватывать всю систему общественного производства.

НТР в истории человечества происходили неоднократно. Особое влияние на развитие общества оказали промышленная революция конца XVIII века и современная НТР конца XX века.

Промышленная революция была связана с появлением крупного машинного производства. Ее важнейшим последствием было ускорение передачи функций работающего человека машинам. В процессе производства человек выполняет четыре основные функции:

- 1) приводит в действие орудия и предметы труда, используя свою мускульную силу в качестве источника двигательной энергии (землекоп, использующий лопату в качестве орудия труда);

2) управляет различными орудиями труда, воздействующими на предметы труда (токарь, фрезеровщик, водитель);

3) налаживает и настраивает орудия труда (автослесарь, электрик);

4) проектирует и организует процессы производства (начальник отдела эксплуатации, диспетчер, экономист, начальник АТП).

С появлением развитой системы машин на первый план выдвигаются вторая, третья и четвертая функции, тогда как первая постепенно отмирает, потому что энергия человека, приводящего в действия орудия труда, заменяется силой воды, пара и электричеством. Машины начинают выполнять многие из тех операций, которые ранее выполнял человек, причем делают это быстрее и лучше.

Во второй же половине XX века произошло резкое увеличение темпов роста науки и техники. Одним из проявлений современной НТР является быстрое увеличение сложности управления экономикой. Существует четыре причины этого фактора:

1) стремительный рост номенклатуры выпускаемых изделий;

2) резкое увеличение их средней сложности;

3) увеличение сложности технологии их изготовления;

4) увеличение сменяемости изготавливаемых изделий.

НТР создала необходимость в решении новых задач в управлении, которые не были известны до этого. Сложность современных задач управления экономикой растет быстрее числа занятых в ней людей. Основная тенденция современной НТР заключается в автоматизации производства и управления на всех уровнях. Функции управления вещами во все возрастающем объеме передаются электронным машинам (ЭВМ). Создание промышленных роботов, управляемых ЭВМ, позволяет автоматизировать такие производственные процессы, которые ранее выполнялись только людьми. В результате человек перестает быть непосредственным участником производственного процесса.

Таким образом, в ходе современной НТР начинает отмирать и вторая производственная функция человека, и он получает возможность использовать свои творческие способности в другой сфере деятельности – сфере управления. Однако по мере развития системы производства деятельность по управлению начинает все более усложняться.

На начальном этапе развития экономики способностей одного человека вполне хватало, чтобы управлять производством. Но способности человека к восприятию, запоминанию и переработке информации природой ограничены. Исторически наступил такой момент, когда сложность производственных задач превысила способности одного человека. Это явление получило название **«первый информационный барьер»**. Он давно преодолен и вызвал соответствующие изменения в технологии управления. Их можно свести к созданию двух механизмов:

1) использование вместо одного руководителя иерархическую структуру управления;

2) механизм рыночных отношений.

При дальнейшем развитии экономики суммарная сложность задач управления начинает превышать возможности всех занятых в управлении людей. Это явление получило название **«второй информационный барьер»**. Единственным выходом из возникшей ситуации является резкое увеличение производительности труда в сфере управления. Такую возможность дают только ЭВМ и основанные на их применении информационные системы.

В процессе прогресса человечества постоянно совершенствовались методы управления. На ранних этапах общественного развития навыки приема управления приобретались только на основе опыта предшествующих поколений. В то время в управлении использовались два основных момента: здравый смысл и логическое размышление. Однако эти моменты оставались вне сферы точных наук, поскольку не существовало строгого математического аппарата не только для решения, но и для постановки возникающих задач. В рассматриваемой теории управления такие понятия как конфликтная ситуация, конкуренция, теория принятия решений и т. д. в то время еще не имели математического описания. Настоятельная необходимость совершенствования управления привела к появлению совершенно новых разделов в математике: исследование операций, теория игр, система массового обслуживания.

Научно-техническая революция дала толчок дальнейшему развитию науки об управлении. Внедрение научных достижений в практику, когда ученым приходилось решать особо сложные задачи по организации управления принципиально новыми производ-

ственными процессами, дало дополнительный стимул к развитию кибернетики.

Кибернетика – наука о процессах управления в сложных динамических системах, основывающаяся на теоретическом фундаменте математики и логики, а также на применении средств автоматки, особенно электронно-вычислительных, управляющих и информационно-логических машин.

Важнейшими положениями, выдвинутыми кибернетикой, были системность объектов управления, информационный характер процессов управления, принцип обратной связи. Самое широкое применение в кибернетике нашли методы математического описания объектов и процессов управления.

2.2. Понятие об управлении

Имеется несколько определений понятия «управление». Инженерное, прикладное определение этого понятия следующее.

Управление – это процесс преобразования информации о состоянии системы в определенные целенаправленные действия, переводящие управляемую систему из исходного в заданное состояние.

Необходимость и важность детального анализа исходного состояния любой системы образно и кратко выражены Р. Кипплингом в переводе С. Я. Маршака:

«Есть у меня шесть слуг,
Проворных, удалых,
И все, что вижу я вокруг, –
Все я знаю я от них.
Они по знаку моему
Являются в нужде.
Зовут их: Как и Почему,
Кто, Что, Когда и Где».

Например: исходное состояние автотранспортного предприятия – наличие в результате падения спроса на перевозки избыточных производственных помещений, которые можно использовать для сервиса индивидуальных автомобилей. Заданное состояние системы (цель) – организация на базе АТП постов, участков, мастерских автосервиса индивидуальных автомобилей, позволяющих более эффективно использовать производственные помещения, увеличить доходы, сократить расходы. Действия: анализ потребностей

в услугах, привлечение инвестиций, реконструкция АТП, реклама и т. д.

В результате происходит весьма распространенная в рыночных условиях диверсификация производства. В данном случае сочетание традиционной перевозочной и производственной (ТО, ремонт; хранение собственных автомобилей) деятельности с автосервисом индивидуальных автомобилей.

Правильно проведенная диверсификация производства способствует росту доходов и прибыли, увеличивает конкурентоспособность предприятия.

Связь цели и действий отмечалась еще Аристотелем в трактате «Политика»: «Благо везде и повсюду зависит от соблюдения двух условий:

- 1) правильно установленной конечной цели всякого рода деятельности;
- 2) отыскания соответствующих средств, ведущих к конечной цели».

Вернемся к определению понятия управления и выделим в нем ключевые слова (см. рис. 4, а):

- 1 – информация о состоянии системы – И;
- 2 – цели или цель системы – Ц;
- 3 – действия, предпринимаемые в системе для изменения ее состояния и достижения цели – Д.

Без этих составляющих вообще не может быть самой постановки задачи управления, и они составляют первое правило управления.

2.3. Структуризация методов исследования систем управления

Эффективность исследования систем управления во многом определяется выбранными и использованными методами исследования.

Методы исследования представляют собой способы, приемы проведения исследований. Их грамотное применение способствует получению достоверных и полных результатов исследования возникших в организации проблем. Выбор методов исследования, интеграция различных методов при проведении исследования опреде-

ляется знаниями, опытом и интуицией специалистов, проводящих исследования.

Всю совокупность методов исследования можно разбить на три большие группы: методы, основанные на использовании знаний и интуиции специалистов; методы формализованного представления систем управления (методы формального моделирования исследуемых процессов) и комплексированные методы.

Первая группа – методы, основанные на выявлении и обобщении мнений опытных специалистов-экспертов, использовании их опыта и нетрадиционных подходов к анализу деятельности организации включают: метод мозговой атаки, метод типа сценариев, метод экспертных оценок (включая SWOT-анализ), метод типа Дельфи, методы типа дерева целей, деловой игры, морфологические методы и ряд других методов.

Вторая группа – методы формализованного представления систем управления, основанные на использовании математических, экономико-математических методов и моделей исследования систем управления. Среди них можно выделить следующие классы:

- аналитические (включают методы классической математики – интегральное исчисление, дифференциальное исчисление, методы поиска экстремумов функций, вариационное исчисление и другие, методы математического программирования, теории игр);

- статистические (включают теоретические разделы математики – математическую статистику, теорию вероятностей – и направления прикладной математики, использующие стохастические представления – теорию массового обслуживания, методы статистических испытаний, методы выдвижения и проверки статистических гипотез и другие методы статистического имитационного моделирования);

- теоретико-множественные, логические, лингвистические, семиотические представления (разделы дискретной математики, составляющие теоретическую основу разработки разного рода языков моделирования, автоматизации проектирования, информационно-поисковых языков);

- графические (включают теорию графов и разного рода графические представления информации типа диаграмм, графиков, гистограмм и т. п.).

Наибольшее распространение в экономике в настоящее время получили математическое программирование и статистические методы. Правда, для представления статистических данных, для экстраполяции тенденций тех или иных экономических процессов всегда использовались графические представления (графики, диаграммы и т. п.) и элементы теории функций (например, теория производственных функций). Однако целенаправленное применение математики для постановки и анализа задач управления, принятия экономических решений разного рода (распределения работ и ресурсов, загрузки оборудования, организации перевозок и т. п.) началось с внедрения в экономику методов линейного и других видов математического программирования (работы Л. В. Канторовича, В. В. Новожилова, С. А. Соколицына и др.). Привлекательность этих методов для решения формализованных задач, какими обычно являются названные выше и другие экономические задачи на начальном этапе их постановки, объясняется рядом особенностей, отличающих методы математического программирования от методов классической математики.

При стремлении более адекватно отобразить проблемную ситуацию в ряде случаев целесообразно применять статистические методы, с помощью которых на основе выборочного исследования получают статистические закономерности и распространяют их на поведение системы в целом. Такой подход полезен при отображении таких ситуаций, как организация ремонта оборудования, определение степени его износа, настройка и испытание сложных приборов и устройств и т. д. Все более широкое применение находит статистическое имитационное моделирование экономических процессов и ситуаций принятия решений.

В последнее время с развитием средств автоматизации возросло внимание к методам дискретной математики: знание математической логики, математической лингвистики, теории множеств помогает ускорить разработку алгоритмов, языков автоматизации проектирования сложных технических устройств и комплексов, языков моделирования ситуаций принятия решений в организационных системах.

В настоящее время в экономике и организации производства применяются практически все группы методов формализованного представления систем. Для удобства их выбора в реальных услови-

ях на базе математических направлений развиваются прикладные методы и предлагаются их классификации.

К третьей группе относятся комплексированные методы: комбинаторика, ситуационное моделирование, топология, графосемиотика и др. Они сформировались путем интеграции экспертных и формализованных методов.

Несколько в стороне стоят методы исследования информационных потоков.

2.4. Методы, основанные на использовании знаний и интуиции специалистов

Развитие системного анализа неразрывно связано с такими понятиями, как «мозговая атака», «сценарии», «дерево целей», «морфологические методы» и т. п. Перечисленные термины характеризуют тот или иной подход к активизации выявления и обобщению мнений опытных специалистов-экспертов (термин «эксперт» в переводе с латинского означает «опытный»). Иногда все эти методы называют экспертными. Однако есть и особый класс методов, связанных непосредственно с опросом экспертов, так называемый метод экспертных оценок (так как при опросах принято проставлять оценки в баллах и рангах), поэтому названные и подобные им подходы иногда объединяют термином «качественные» (оговаривая условность этого названия, так как при обработке мнений, полученных от специалистов, могут использоваться и количественные методы). Этот термин (хотя и несколько громоздкий) в большей мере, чем другие отражает суть методов, к которым вынуждены прибегать специалисты, когда они не только не могут сразу описать рассматриваемую проблему аналитическими зависимостями, но и не видят, какие из рассмотренных выше методов формализованного представления систем могли бы помочь получить модель для принятия решения.

Возникновение перечисленных терминов, как правило, связано с конкретными условиями проведения исследований, или даже с именем автора подхода. Однако варианты последующего применения методов настолько разнообразны, что сейчас трудно говорить об однозначности использования приведенных терминов.

Дадим краткий обзор экспертных методов.

Концепция **мозговой атаки** получила широкое распространение с начала 50-х годов как метод систематической тренировки творческого мышления, направленный на открытие новых идей и достижение согласия группы людей на основе интуитивного мышления. Методы этого типа известны также под названиями мозгового штурма, конференций идей, коллективной генерации идей (КГИ). Обычно при проведении мозговой атаки, или сессий КГИ, стараются выполнить определенные правила, суть которых сводится к тому, чтобы обеспечить как можно большую свободу мышления участников КГИ и высказывания ими новых идей; для этого рекомендуется приветствовать любые идеи, даже если они вначале кажутся сомнительными или абсурдными (обсуждение и оценка идей проводится позднее), не допускается критика, не объявляется ложной идея и не прекращается обсуждение ни одной идеи. Требуется высказывать как можно больше идей (желательно нетривиальных), стараться создавать как бы цепные реакции идей.

В зависимости от принятых правил и жесткости их выполнения различают прямую мозговую атаку, метод обмена мнениями, методы типа комиссий, судов (когда одна группа вносит как можно больше предложений, а вторая – старается их максимально критиковать) и т. п. В последнее время иногда мозговую атаку проводят в форме деловой игры.

На практике подобием сессий КГИ являются разного рода совещания – конструктораты, заседания ученых и научных советов, специально создаваемых временных комиссий.

В реальных условиях достаточно трудно обеспечить жесткое выполнение требуемых правил, создать атмосферу мозговой атаки на конструкторатах и советах мешает влияние должностной структуры организации: трудно собрать специалистов на межведомственные комиссии, поэтому желательно применять способы привлечения компетентных специалистов, не требующие обязательного их присутствия в конкретном месте и в конкретное время и устного высказывания своих мнений.

Методы типа сценариев. Методы подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенных в письменном виде, получили название сценариев. Первоначально этот метод предполагал подготовку текста, содержащего ло-

гическую последовательность событий или возможные варианты решения проблемы, развернутые во времени.

Однако позднее обязательное требование временных координат было снято, и сценарием стали называть любой документ, содержащий анализ рассматриваемой проблемы и предложения по ее решению или по развитию системы, независимо от того, в какой форме он представлен. Как правило, на практике предложения для подготовки подобных документов пишутся экспертами вначале индивидуально, а затем формируется согласованный текст.

Сценарий предусматривает не только содержательные рассуждения, помогающие не упустить детали, которые невозможно учесть в формальной модели (в этом собственно и заключается основная роль сценария), но и содержит, как правило, результаты количественного технико-экономического или статистического анализа с предварительными выводами. Группа экспертов, подготавливающая сценарий, пользуется обычно правом получения необходимых справок от предприятий и организаций, необходимых консультаций.

На практике по типу сценариев разрабатывались прогнозы в отраслях промышленности. Разновидностью сценариев можно считать комплексные программы научно-технического прогресса и его социально-экономических последствий.

В последнее время понятие сценария все больше расширяется в направлении как областей применения, так и форм представления и методов их разработки: в сценарий вводятся количественные параметры и устанавливаются их взаимозависимости, предлагаются методики подготовки сценария с использованием ЭВМ (машинных сценариев), методики целевого управления подготовкой сценария.

Сценарий позволяет создать предварительное представление о проблеме (системе) в ситуациях, когда не удастся сразу отобразить ее формальной моделью. Но все же сценарий – это текст со всеми вытекающими последствиями (синонимия, омонимия, парадоксы), связанными с возможностью неоднозначного его толкования разными специалистами, поэтому такой текст необходимо рассматривать как основу для разработки более формализованного представления о будущей системе или решаемой проблеме.

Методы экспертных оценок. Изучению возможностей и особенностей применения экспертных оценок посвящено много работ.

В них рассматриваются формы экспертного опроса (разные виды анкетирования, интервью), подходы к оцениванию (ранжирование, нормирование, различные виды упорядочения и др.), методы обработки результатов опроса, требования к экспертам и формированию экспертных групп, вопросы тренировки экспертов, оценки их компетентности (при обработке оценок вводятся и учитываются коэффициенты компетентности экспертов, достоверности их мнений), методики организации экспертных опросов.

Выбор форм и методов проведения экспертных опросов, подходов к обработке результатов опроса и т. д. зависит от конкретной задачи и условий проведения экспертизы. Однако существуют некоторые общие проблемы, которые нужно помнить специалисту по системному анализу. Остановимся на них подробнее.

Возможность использования экспертных оценок, обоснование их объективности обычно базируется на том, что неизвестная характеристика исследуемого явления трактуется как случайная величина, отражением закона распределения которой является индивидуальная оценка специалиста-эксперта о достоверности и значимости того или иного события. При этом предполагается, что истинное значение исследуемой характеристики находится внутри диапазона оценок, получаемых от группы экспертов и что обобщенное коллективное мнение является достоверным. Однако в некоторых теоретических исследованиях это предположение подвергается сомнению. Например, предлагается разделить проблемы, для решения которых применяются экспертные оценки, на два класса. К первому классу относятся проблемы, которые достаточно хорошо обеспечены информацией и для которых можно использовать принцип хорошего измерителя, считая эксперта хранителем большого объема информации, а групповое мнение экспертов – близким к истинному. Ко второму классу относятся проблемы, в отношении которых знаний для уверенности в справедливости названных предположений недостаточно; экспертов нельзя рассматривать как хороших измерителей, и необходимо осторожно подходить к обработке результатов экспертизы, поскольку в этом случае мнение одного (единичного) эксперта, больше внимания уделяющего исследованию малоизученной проблемы, может оказаться наиболее значимым, а при формальной обработке оно будет утрачено. В связи с этим к задачам второго класса в основном должна применяться качественная

обработка результатов. Использование методов осреднения (справедливых для хороших измерителей) в данном случае может привести к существенным ошибкам.

Задачи коллективного принятия решений по формированию целей, совершенствованию методов и форм управления обычно можно отнести к первому классу. Однако при разработке прогнозов и перспективных планов целесообразно выявлять редкие мнения и подвергать их более тщательному анализу.

Другая проблема, которую нужно иметь в виду при проведении системного анализа, заключается в следующем: даже в случае решения проблем, относящихся к первому классу, нельзя забывать о том, что экспертные оценки несут в себе не только узкосубъективные черты, присущие отдельным экспертам, но и коллективно-субъективные черты, которые не исчезают при обработке результатов опроса (а при применении Дельфи-процедуры даже могут усиливаться). Иными словами, на экспертные оценки нужно смотреть как на некоторую общественную точку зрения, зависящую от уровня научно-технических знаний общества относительно предмета исследования, которая может меняться по мере развития системы и наших представлений о ней. Следовательно, экспертный опрос – это не одноразовая процедура. Такой способ получения информации о сложной проблеме, характеризующейся большой степенью неопределенности, должен стать своего рода механизмом в сложной системе, т. е. необходимо создать регулярную систему работы с экспертами.

Следует обратить также внимание на то, что использование классического частотного подхода к оценке вероятности при организации проведения экспертных опросов бывает затруднительным, а иногда и невозможным (из-за невозможности доказать правомерность использования представительности выборки). Поэтому в настоящее время ведутся исследования характера вероятности экспертной оценки, базирующиеся на теории размытых множеств Заде, на представлении об экспертной оценке как степени подтверждения гипотезы или как вероятности достижения цели. Одной из разновидностей экспертного метода является метод изучения сильных и слабых сторон организации, возможностей и угроз ее деятельности – метод SWOT-анализа.

Методы типа Дельфи. Метод Дельфи, или метод дельфийского оракула, первоначально был предложен О. Хелмером и его коллегами как итеративная процедура при проведении мозговой атаки, которая способствовала бы снижению влияния психологических факторов при повторении заседаний и повышению объективности результатов. Однако почти одновременно Дельфи-процедуры стали средством повышения объективности экспертных опросов с использованием количественных оценок при оценке дерева цели и при разработке сценариев.

Основные средства повышения объективности результатов при применении Дельфи-метода – использование обратной связи, ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учет этих результатов при оценке значимости мнений экспертов.

В конкретных методиках, реализующих процедуру Дельфи, это средство используется в разной степени. Так, в упрощенном виде организуется последовательность итеративных циклов мозговой атаки. В более сложном варианте разрабатывается программа последовательных индивидуальных опросов с помощью анкет-вопросников, исключающих контакты между экспертами, но предусматривающих ознакомление их с мнениями друг друга между турами. Вопросники от тура к туру могут уточняться. Для снижения таких факторов, как внушение или приспособление к мнению большинства иногда требуется, чтобы эксперты обосновали свою точку зрения, но это не всегда приводит к желаемому результату, а напротив, может усилить эффект приспособляемости. В наиболее развитых методиках экспертам присваивают весовые коэффициенты значимости их мнений, вычисляемые на основе предшествующих опросов, уточняемые от тура к туру и учитываемые при получении обобщенных результатов оценок.

В силу трудоемкости обработки результатов и значительных временных затрат первоначально предусматриваемые методики Дельфи не всегда удается реализовать на практике. В последнее время процедура Дельфи в той или иной форме обычно сопутствует любым другим методам моделирования систем – морфологическому, сетевому и т. д. В частности, весьма перспективная идея развития методов экспертных оценок, предложенная в свое время В. М. Глушковым, состоит в том, чтобы сочетать целенаправленный

многоступенчатый опрос с разверткой проблемы во времени, что становится вполне реализуемым в условиях алгоритмизации такой (достаточно сложной) процедуры и использования компьютерной техники.

Для повышения результативности опросов и активизации экспертов иногда сочетают процедуру Дельфи с элементами деловой игры: эксперту предлагается проводить самооценку, ставя себя на место конструктора, которому реально поручено выполнять проект, или на место работника аппарата управления, руководителя соответствующего уровня системы организационного управления и т. д.

Идея **метода дерева целей** впервые была предложена У. Чермерном в связи с проблемами принятия решений в промышленности.

Термин «дерево» подразумевает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие, которые можно называть подцелями нижележащих уровней или, начиная с некоторого уровня, – функциями. Как правило, термин «дерево целей» используется для иерархических структур, имеющих отношения строго древовидного порядка, но сам метод иногда применяется и в случае слабых иерархий. Поэтому в последнее время все большее распространение получает предложенный В. М. Глушковым термин «прогнозный граф», который может представляться и в виде древовидной иерархической структуры, и в форме структуры со слабыми связями.

При использовании метода дерева целей в качестве средства принятия решений часто вводят термин «дерево решений».

При применении дерева для выявления и уточнения функций управления говорят о дереве целей и функций. При структуризации тематики научно-исследовательской организации удобнее пользоваться термином «дерево проблемы», а при разработке прогнозов – термином «дерево направлений развития» (или прогнозирования развития) или упомянутым выше термином «прогнозный граф».

Метод дерева целей ориентирован на получение полной и относительно устойчивой структуры целей, проблем, направлений, т. е. такой структуры, которая на протяжении какого-то периода времени мало изменялась бы при неизбежных изменениях, происходящих в любой развивающейся системе. Для достижения этого при построении вариантов структуры следует учитывать законо-

мерности целеобразования и использовать принципы и методики формирования иерархических структур целей и функций.

Термином «морфология» в биологии и языкознании определяется учение о внутренней структуре исследуемых систем (организмов, языков) или сама внутренняя структура этих систем.

Идея морфологического опроса мышления восходит к Аристотелю и Платону, к известной средневековой модели механизации мышления Р. Луллия. Однако в систематизированном виде методы морфологического анализа сложных проблем были разработаны швейцарским астрономом Ф. Цвикки, и долгое время морфологический подход к исследованию и проектированию сложных систем был известен под названием метода Цвикки. Основная идея морфологического подхода – систематически находить наибольшее число, а в пределе – все возможные варианты решения поставленной проблемы или реализации системы путем комбинирования основных (выделенных исследователем) структурных элементов системы или их признаков. При этом система или проблема может разбиваться на части разными способами и рассматриваться в различных аспектах.

Отправными точками морфологического исследования Ф. Цвикки считает:

- 1) равный интерес ко всем объектам морфологического моделирования;
- 2) ликвидацию всех ограничений и оценок до тех пор, пока не будет получена полная структура исследуемой области;
- 3) максимально точную формулировку поставленной проблемы.

Кроме этих общих положений, Цвикки предложил ряд отдельных способов (методов) морфологического моделирования: метод систематического покрытия поля (МСПП), метод отрицания и конструирования (МОК), метод морфологического ящика (ММЯ), метод экстремальных ситуаций (МЭС); метод сопоставления совершенного с дефектным (МССД), метод обобщения (МО). Наибольшую известность получили три первых метода.

МСПП предполагает, что существует некоторое число так называемых опорных пунктов знания в любой исследуемой области. Этими пунктами могут быть теоретические положения, эмпирические факты, открытые законы, в соответствии с которыми протекают различные процессы, и т. д. Исходя из ограниченного числа

опорных пунктов знания и достаточного числа принципов мышления, морфологическим методом покрытия поля ищут все возможные решения поставленной проблемы.

Наиболее эффективными методами овладения новыми знаниями, методами хозяйствования и управления являются деловые игры. Деловые игры – метод имитации, выработан для принятия управленческих решений в различных ситуациях путем игры по заданным правилам группы людей или человека и компьютера. Деловые игры позволяют с помощью моделирования и имитации процессов выйти на анализ, решение сложных практических задач, обеспечить формирование мыслительной культуры управления, мастерства общения, принятия решений, инструментальное расширение управленческих навыков.

Деловые игры выступают как средства анализа систем управления и подготовки специалистов.

Разработку деловой игры необходимо начинать с четкой формулировки ее назначения. После этого можно приступать к формированию схемы игры и основных ее правил. В выбранной схеме функционирования надо предельно точно отразить опыт работы реальных систем, обратив особое внимание на структуру системы, целевые функции подсистем и системы в целом, на выбор управляющих воздействий и т. д. Одна из основных сложностей построения модели исследуемой ситуации заключается в том, что стремление к наиболее полному отражению исследуемой ситуации может привести к излишней детализации модели, которая в свою очередь повлечет за собой усложнение информационного обеспечения построенной модели. В результате этого увеличивается время, затрачиваемое на игру, затрудняется понимание происходящих процессов, что приводит к снижению эффективности проведения игры. Лучший способ избежать такого рода опасности заключается в том, чтобы постоянно помнить о конкретной цели проектируемой игры. Но при этом следует учитывать, что ситуации, анализируемые в игре, не должны быть упрощены до такой степени, что необходимое решение можно было бы найти непосредственно без глубокого анализа протекающих процессов, так как в этом случае результаты, полученные при анализе хозяйственной деятельности, будут носить поверхностный характер.

Формирование правил игры должно включать в себя описание методов оценки степени достижения целей игры. Если деловая игра моделирует системы, в которых цели могут формироваться только качественно либо при количественном выражении трудно указать в явном виде связь степени достижения цели с истинными возможностями подсистем, то при построении игры особое внимание следует уделить разработке методов оценки степени достижения цели.

Опыт разработки и проведения деловых игр показывает, что деловую игру целесообразно представить как описание некоторой последовательности разделов. Как правило, описание игры включает девять разделов:

- 1) общая характеристика;
- 2) описание ситуации;
- 3) цель игры;
- 4) задача центра;
- 5) задача участников игры;
- 6) формальная модель;
- 7) анализ формальной модели;
- 8) руководство для участников игры;
- 9) результаты проведения игры.

Каждая деловая игра состоит из нескольких партий. Одна партия большинства деловых игр состоит из трех этапов:

- I этап – сбор информации, сообщение в вышестоящий орган (центр) запрашиваемой информации;
- II этап – обработка полученной информации и выработка соответствующих решений;
- III этап – реализация полученных решений, подсчет значений целевых функций.

Количество партий, как правило, не ограничивается заранее, хотя возможны варианты, когда количество партий фиксировано.

По завершении игры проводится подведение итогов, анализ игры.

2.5. Методы интеграции мнений специалистов

В условиях недостаточной информации при анализе рыночных и производственных ситуаций и принятии решений широко используют методы интеграции мнений квалифицированных специалистов – экспертные оценки, а также опросы и интервью.

Методы получения экспертных оценок подразделяются на две основные группы в зависимости от организации работы экспертов: коллективная и индивидуальная.

К первой группе относятся совещания, т. е. метод открытого обсуждения и принятия решений (метод «комиссий»); метод «мозговой атаки», в процессе которой внимание участников концентрируется на выдвижение идей возможных путей решения одной конкретной задачи; метод «суда» воспроизводит правила ведения судебного процесса, причем рассматриваемое решение выступает в качестве «подсудимого», а группы экспертов исполняют роли «прокурора» и «защиты».

Особенности коллективной работы:

- а) при обсуждении вопроса присутствует вся группа;
- б) группу комплектует руководитель;
- в) последовательность выступлений и предоставление слова регламентируется руководителем;
- г) подводит итоги и принимает решение руководитель.

Преимущества этих методов: оперативность и внешняя демократичность.

Недостатки: давление авторитета руководителя, отсутствие строгой процедуры учета мнения экспертов, подведения итогов и принятия решения. Последний недостаток частично может быть компенсирован, если решение принимается тайным голосованием.

При индивидуальной работе экспертов для получения мнения каждого эксперта используют интервью в виде свободной беседы или по типу «вопрос–ответ», а также анкетирование, в процессе которого каждый эксперт дает количественные оценки сравниваемым факторам или альтернативам, т. е. ранжирует их. Затем индивидуальные оценки участников экспертных групп суммируются по определенным правилам.

При втором подходе все этапы экспертизы (подбор экспертов, технология получения и обработки их мнений и др.) более или менее регламентированы, эксперты, как правило, подбираются из числа внешних специалистов, а организует проведение экспертизы не руководитель, а специалист. Результаты экспертизы носят для руководителя не обязательный, а рекомендательный характер.

Наиболее простым является метод априорного ранжирования, основанный на экспертной оценке факторов группой специалистов, компетентных в исследуемой области.

Априори означает, что эксперт оценивает новое явление, факт на основе своего прошлого опыта.

Правило. Минимально необходимыми, но недостаточными условиями управления являются наличие объективной адекватной информации о состоянии системы и внешних факторах, определение цели (или целей), стоящей перед системой, и понимание возможных способов или действий для достижения этих целей.

Эти условия, как уже указывалось, являются минимально необходимыми, но недостаточными, так как любое реальное управление требует ресурсов (рис. 4, б), а само управление, т. е. изменение состояния системы, происходит во времени, иногда весьма значительном (рис. 4, в).

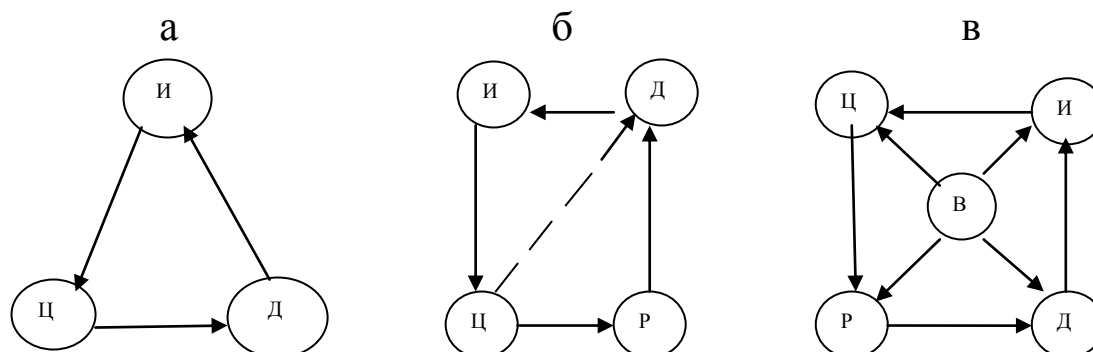


Рисунок 4 – Состояние процесса управления с учетом информационного аспекта (а), материальных ресурсов (б) и фактора времени (в). И – информация; Ц – цели; Д – действия; Р – материальные ресурсы; В – время реализации

Учет фактора времени как формы последовательности смены явлений необходим, во-первых, для планирования соответствующих действий, которые должны иметь календарное начало, промежуточные этапы и финиш; во-вторых, для нормирования трудозатрат; в-третьих, для координации действий с другими элементами системы или взаимодействия с внешними системами (клиентурой, поставщиками); в-четвертых, как экономическая категория, позво-

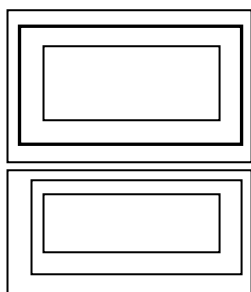
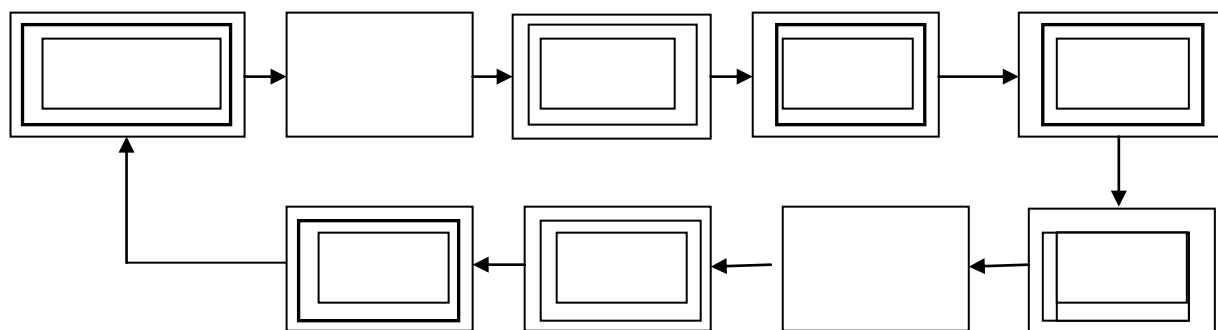
ляющая учитывать через дисконтирование разновременные потоки денег.

Итак, второе правило управления можно сформулировать следующим образом.

Правило. Достаточным набором для построения разумного управления является: информация о состоянии системы, ее цели, имеющиеся ресурсы, располагаемое системой время достижения этих целей и необходимые для этого действия.

Естественно, что этот набор должен располагаться и использоваться в определенной последовательности, образующей типовые этапы или технология управления, применяемые с минимальной привязкой для различных отраслей, предприятий и задач и обобщаемые следующим правилом:

Правило Основными или типовыми этапами управления являются (рис. 5):



– требует обязательного участия руководителя высшего уровня;

– требует контроля руководителя и участия ответственных за этапы.

Рисунок 5 – Основные этапы управления

1. Определение цели, стоящей перед управляемой системой или подсистемой (отраслью АТП, цехом, участком, бригадой).

От правильного определения цели и частных задач во многом зависят и выбираемые средства. Причем цель подсистемы должна увязываться с целью системы более высокого ранга. Например, цели каждого цеха или участка АТП – обеспечить техническую исправность заданного перевозочным процессом количества автомобилей.

Следовательно, постановка цели и ее реализация должны рассматриваться в рамках программно-целевого подхода.

Подчеркивая важность определения цели, Л. Д. Питер в знаменитой работе «Принцип Питера, или почему дела идут вкривь и вкось» указывал: «Чтобы компетентно работать группе способных людей, нужны всего-навсего общие ориентиры и четко определенные цели».

2. Получение информации о состоянии системы и о внешних факторах, действующих на систему.

При разработке мероприятий, направленных, например, на повышение коэффициента технической готовности, подобной информацией будут сведения об эксплуатационной надежности автомобилей; данные о наиболее характерных отказах, вызывающих простои автомобилей в рабочее время; сведения о причинах простоев и т. д. Внешними факторами в данном случае будут условия эксплуатации, организация материально-технического обеспечения и др.

При сборе, получении и обработке информации, то есть всего того, что может дополнить наши знания, убеждения и предположения о системе и внешних факторах, различают следующие понятия.

Сообщение – упорядоченный набор символов (русский алфавит, цифры и тому подобное), служащих для выражения информации (текст телеграммы, письма, абзац, штрих-код и др.).

Документ – это материальный носитель сообщения в виде письма, справки, ведомости, наряда и т. д.

Сигналы – физические факты, явления процессы, служащие для передачи и накопления сообщений.

Шум – помехи, затрудняющие получение сигнала.

3. Обработка информации, оценка ее точности, представительности, достоверности.

Следует отметить, что объективность, достоверность и доступность информации о состоянии системы (предприятия, компании, банка) имеет значение не только для ее внутреннего управления, но и как следствие повышения конкурентоспособности на основе реализации принципа (или кодекса) корпоративного управления, главными из которых при принятии решений являются: честность, прозрачность, ответственность и подотчетность. Эти принципы, вслед за США, приняты в 1998 г. организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в Европе и предъявляют жесткие требования, прежде всего, к отчетности в системе: прозрачность, доступность, регулярность информации о текущем финансовом положении (ежеквартально), ведением бухгалтерского учета по международным стандартам.

Соблюдение кодекса корпоративного управления повышает рейтинг (в том числе и международный) системы, ее конкурентоспособность, стоимость ценных бумаг, обеспечивает более благоприятные условия инвестирования.

4. Анализ информации, сбор при необходимости дополнительной информации, ее экспертиза.

5. Принятие управляющих решений, определяющих действие, в соответствии с целями системы, полученной и обработанной информации.

В зависимости от масштаба, глубины, ресурсоемкости и последствий для системы эти действия могут носить тактический или стратегический характер, быть стандартными или специально разработанными. Например, на транспортной системе США применяются следующие стандартные методы (стратегии) достижения успеха или целей (management strategy) и их комбинации:

- отслеживание изменения удельного дохода на единицу произведенной и реализованной продукции или услуг (yield strategy);
- оперативный контроль всех статей расходов и их минимизация (cost control strategy);
- обеспечение максимальной производительности и за этот счет прибыльности (productive strategy);

- заинтересованности персонала в конечных результатах системы и участия в прибылях (low interest strategy).

6. Придание решению четкой, желательно нормативной формы, обеспечивающей индивидуальную ответственность исполнителей, поэтапный количественный и качественный контроль. Предметность и четкость решения является своего рода простейшим тестом его обоснованности и логичности. «Кто ясно мыслит, тот ясно излагает», – утверждал немецкий философ А. Шопенгауер.

7. Доведение решения до исполнителей.

На этом этапе важной является форма передачи решения, обеспечивающая понимание сути принимаемого решения и исключая двойное его толкование (смысла, ответственности, сроков выполнения и др.). Известно следующее высказывание по этому вопросу: Люди нередко понимают цель иначе, чем человек, ее указывающий. Если ясность вашего объяснения исключает ненужные толкования, все равно кто-то поймет вас неправильно (эффект общения Чизхолма).

В связи с этим стоит напомнить формулу А. В. Суворова: «Каждый солдат должен понимать свой маневр».

Наиболее целесообразной формой решения является закон, правило, норматив, обеспечивающие эффективное управление.

Под нормативом понимается количественное или качественное упорядочение и регламентация процесса принятия решений, а в ряде случаев – и исполнения решения. В теории эксплуатации к нормативу относятся как конкретная форма, в соответствии с которой планируются или выполняются какие-либо работы, например, периодичность или трудоемкость выполнения операций технического обслуживания, расход запасных частей, так и указания о порядке принятия и выполнения конкретных решений и действий, излагаемых в стандартах, положениях, руководствах, технологиях, приказах и других документах.

8. Реализация управляющего действия.

Например, строительство или реконструкция производственной базы; освоение новых видов услуг; введение новой системы

морального и материального поощрения ремонтных рабочих; направление автомобиля в ремонт или списание и т. д.

Способность к действию является важнейшей характеристикой системы или специалиста и характеризует их компетентность. По словам Л. Д. Питера, компетентность определяется как состояние, позволяющее действовать, а с точки зрения реальных жизненных ситуаций ее следует определять как овладение способностями и умением выполнять определенные функции.

9. Получение отклика (реакции) системы на управляющее действие в виде новой порции информации об изменении состояния системы.

При полном достижении системы назначенных целей в заданное время управление является оптимальным.

Если состояние системы ухудшилось, то управление нерационально.

Если произошло улучшение состояния системы, но цели полностью не достигнуты, то управление является рациональным и наступает 10-й этап, в процессе которого анализируются причины, по которым цели не были достигнуты; при необходимости цели корректируются.

Это наиболее характерный вариант достижения целей, обобщаемый следующими правилами.

Правило. Управление реальными системами носит многошаговый, итеративный характер, при котором к поставленной цели приходит не за один, а за несколько шагов, последовательно корректируя действия с учетом достигнутых результатов.

«И после плохого, и после хорошего урожая нужно сеять», – писал почти две тысячи лет назад известный философ и политический деятель Сенека Луций Анней (4 г. до н. э. – 65 г. н. э.)

Если интерактивный подход реализуется, то говорят, что система является обучаемой.

Одна из типичных ошибок управления на разных уровнях – это попытка достичь цели за один ход, что для больших систем является просто нереальным по следующим причинам:

1) мы не располагаем, как правило, всей информацией о состоянии системы и действующих на нее факторах;

2) реализация решения происходит во времени, иногда значительном, при этом ряд факторов, действующих в системе и на систему, изменяются;

3) большие системы инерционны, для изменения их состояния требуется значительное время и ресурсы;

4) главный действующий фактор управления – человек – консервативен, и требуется адаптация к новым целям и методам их достижения.

Примерами медленного изменения состояния систем являются чрезвычайно длительное освоение специалистами персональных компьютеров, трудная и продолжительная приспособляемость большинства людей к рыночным условиям. Падение производства, затем стабилизация и начало подъема народного хозяйства России в рыночных условиях продолжались более девяти лет.

В Швеции потребовалось от 15 до 25 лет, чтобы существенно сократить загрязнения окружающей среды от автомобильного транспорта, проведя следующие основные мероприятия:

1963 – организация специализированной компании по периодическому инспекторскому контролю автомобилей в эксплуатации;

1969 – замкнутая система вентиляции картера на новых легковых автомобилях;

1970 – лимитирование содержания соединений свинца в бензине; введение норм содержания СО в отработавших газах автомобилей, находящихся в эксплуатации;

1971 – установление норм содержания СО и СН в отработавших газах новых автомобилей;

1976 – введение норм содержания NO_x в отработавших газах новых автомобилей;

1986 – ужесточение норм выброса СО, СН и NO_x новых автомобилей, требующие применения трехкомпонентных нейтрализаторов;

1988 – ужесточение и дифференциация норм выбросов СО на оборотах холостого хода;

1989 – включение контроля средств нейтрализации в периодический инспекторский осмотр;

1990 – ужесточение норм содержания СО. Корректирование методов испытания новых автомобилей;

1997 – введение нового метода оценки содержания твердых частиц в выбросах дизельных двигателей.

Значительный разрыв между моментами принятия и реализации решения, дефицит информации налагает определенные требования на прогнозируемые показатели системы.

Правило. При назначении или прогнозировании результатов, т. е. целей системы, и сроков их достижения необходимо применять неточечные (рис. 6, а), а интервальные (рис. 6, б) оценки.

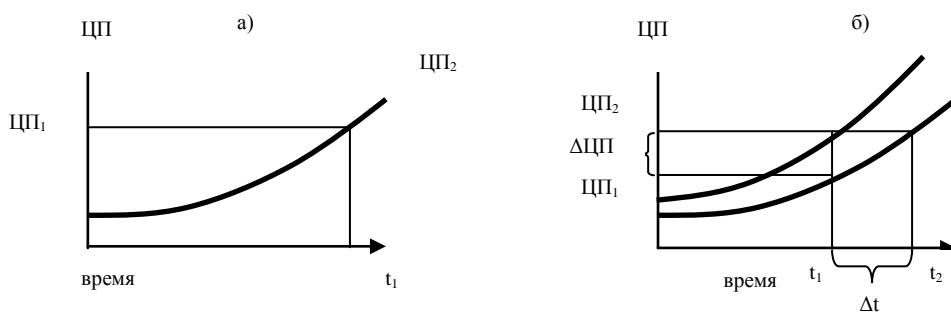


Рисунок 6 – Схема оценки времени реализации программ и целевых нормативов:

ЦП – количественная характеристика целей; Т – время достижения системной цели; ЦП₁, ЦП₂ и t₁, t₂ – точечная оценка целей и времени; ΔЦП и Δt – интервальная оценка цели и времени ее достижения; 1 – оптимистическая оценка; 2 – пессимистическая оценка

Фиксация крайних (пессимистических и оптимистических) вариантов возможного развития системы очень важна, так как:

а) руководители большой системы могут подготовиться к пессимистической ситуации;

б) на случай возникновения этих ситуаций необходимо иметь планы действия, помня об известном правиле: «Надейся на лучшее – готовься к худшему».

Для обеспечения эффективного и целенаправленного функционирования любой сложной системы при изменяющихся условиях ее взаимодействия с внешней средой необходимо управлять ее поведением, т. е. необходимо управление системой.

Управление – это целенаправленное воздействие на систему для ее бесперебойного функционирования и развития.

Управление системой – воздействие на систему для обеспечения ее целенаправленного поведения при изменяющихся внешних условиях.

Управление предполагает наличие объекта управления и аппарата управления. Структура их взаимодействия представлена на рис. 7.

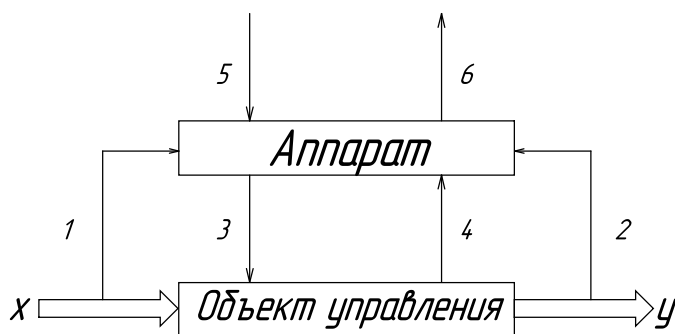


Рисунок 7 – Структура взаимодействия аппарата управления и объекта управления:

X – входящий материальный поток; Y – выходящий материальный поток; → – информационные связи; 1, 2, 4 – информация о входе, выходе и общем состоянии объекта управления соответственно; 3 – управляющее воздействие аппарата управления на объект управления; 5, 6 – воздействие внешней среды на аппарат управления и соответственно его реакция на это воздействие

Объект управления (предприятие, технологический процесс и т. д.) проводит те или иные действия для реализации поставленной перед ним цели. Например, преобразует сырье, материалы, комплектующие изделия и т. д. (входящий материальный поток) в готовую продукцию (выходящий материальный поток).

Аппарат управления выполняет совокупность операций по обеспечению нормальной работы элементов объекта управления в соответствии с избранной целью.

Функционирование аппарата управления осуществляется на базе информационных потоков, которые отражают как внутреннее состояние объекта управления, так и состояние его входов и выходов.

Во всех системах, кроме биологических, цель их функционирования задается извне. В технических системах цели формируются

их создателями, а в экономических – ставятся обществом. Функционирование любой системы управления с технологической точки зрения представляет собой получение, передачу и обработку информации.

Следует особенно подчеркнуть, что различаясь по своим целям, задачам и содержанию, управление в любых системах одинаково по форме: оно всегда является информационным процессом, процессом преобразования информации.

2.6. Управляющие и управляемые элементы системы

Говоря об этапах принятия решений в процессе управления, определении цели, мы как бы подразумеваем, что любой в системе имеются управляющие и управляемые элементы, которые группируются в подсистему управления – ПУ или в управляемый объект – УО. Простейшая схема их взаимодействия приведена на рис. 8.

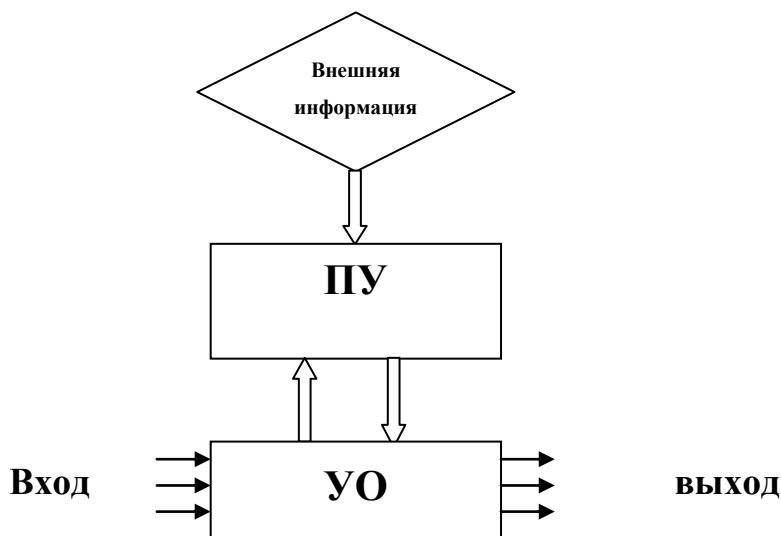


Рисунок 8 – Схема взаимодействия подсистемы управления и управляемого объекта системы

В свою очередь, подсистема управления в общем случае может включать:

- ПР – программу управления алгоритм (алгоритмы) управления системой;
- ОУ – органы управления – принимают решение по управлению с учетом программы управления, вырабатывают управляющие сигналы – X_t^0 ;

- ИО – исполнительный орган – воспринимает управляющий сигнал от органа управления ОУ и преобразует его в управляющие воздействия – X_t ;

- ИС – информационную систему, которая собирает данные о состоянии системы на выходе $Y(t)$, анализирует их и передает эту информацию в органы управления.

Рассмотрим два важных свойства больших систем: жесткости и реактивности.

2.7. Жесткие и гибкие системы управления

В зависимости от взаимодействия процессов выработки и реализации программы управления различают жесткое управление и гибкое управление с обратной информационной связью.

При жестком управлении программа управления системой строится из следующих предложений и условий:

- практически полная определенность будущих воздействий среды и состояния системы;
- несущественность влияния непредвиденных возмущений или защита объекта управления от них.

Недостатки жесткой системы: ее выходные параметры слабо зависят от изменяющихся внешних условий.

Преимущества: простота и надежность функционирования.

Примером жесткого управления является работа автоматического светофора в режиме, не учитывающем фактическое состояние транспортного потока на перекрестке.

В результате вероятность прохождения светофоров даже на магистралях без остановки автомобилей составляет 0,51 (51 %), а вероятность остановки автомобиля именно из-за светофора – 0,76 (76 %).

Второй пример – содержание штата исполнителей и состава предлагаемых клиентом работ (услуг) на СТО без учета сезона и спроса.

При управлении с обратной информационной связью программа корректируется в зависимости от информации о фактическом состоянии управляемого объекта или обратной связи ИС.

Преимущества системы с обратной связью:

- гибкость – учет изменения внешних условий;

- стабильность работы системы на выходе при изменяющемся входе.

Недостатки:

- усложнение структуры, появление дополнительных звеньев;
- более сложная программа.

Примеры системы управления с обратной информационной связью:

- автоматическая антиблокировочная система регулирования торможения ABS (фиксируемое отклонение выхода – начало проскальзывания колеса при торможении);
 - действие водителя по поддержанию определенных параметров движения автомобиля по маршруте с учетом дорожной обстановки;
 - современные компьютерные системы управления рабочими процессами двигателя с учетом нагрузки, скорости, состава отработавших газов;
 - регулирование объемов производства и цены на основе баланса спроса и предложения, например, услуги на сервис и ТО.

Правило. Схемы управления с обратной информационной связью являются более гибкими, адаптивными, особенно для технических, производственных и экономических систем. Именно по такой схеме целесообразно строить управление предприятий и организаций автомобильного транспорта.

2.8. Реактивность системы

В зависимости от реакции системы, т. е. ее органов управления на изменение воздействий, наблюдаются два крайних метода управления: реактивный и программно-целевой.

При реактивном методе планирование осуществляется перед самым началом или в процессе действия, решения принимаются без анализа возможных альтернатив и часто меняются, являясь реакцией на текущие события.

Типичным для этого стиля управления является высказывание Наполеона Бонапарта, которое он, однако, адресовал своим противникам: «Давайте ввяжемся в бой, а там посмотрим». Реактивный метод характерен для систем, руководители которых игнорируют

информацию обратной связи, состояние самой системы, а также изменения внешних факторов.

Сущность программно-целевого метода (ПЦМ) заключается в четком определении цели системы и интеграции всех видов деятельности подсистем в виде программ для достижения поставленной цели. Отсюда может быть сформулировано следующее правило управления.

Правило. Программой является только то, что увязывает цели с ресурсами, т. е. определяет необходимое количество и виды ресурсов для их преобразования в конечный (целевой) результат (продукт) в течение назначенного промежутка времени.

Если такого сочетания нет, то это может быть перечнем действий, планом каких-то мероприятий, наконец, сценарием развития, но не программой. Применяемые на практике методы управления, как правило, занимают промежуточное место, тяготея к реактивному или программно-целевому методу.

2.9. Цели системы

Целью системы является ее возможное будущее состояние, достижимое с помощью определенных действий, являющихся следствием принимаемых решений.

Под решением понимается выбор на основании установленных критериев из многих альтернатив одной или нескольких альтернатив развития, изменяющих состояние системы.

На основании решения осуществляется управление любой системой. Например, если цель – сокращение затрат на топливо при перевозках, то ее можно достичь рядом способов:

- улучшить ТО и ремонт систем питания и зажигания;
- заинтересовать водителей и ремонтных рабочих в экономии топлива;
- выбирать рациональные маршруты движения;
- приобрести более экономичные автомобили и т. д.

При решении необходимо выбрать один из способов или комбинацию в определенной пропорции нескольких.

В качестве критерия при принятии решений используется понятие целевой функции.

Целевая функция (U) устанавливает количественные связи между уровнем достижения поставленных целей и факторами, которые влияют на состояние системы. Конкретное значение U может быть показателем эффективности данной системы.

Экстремальное значение целевой функции соответствует оптимальному управлению. Характерным примером исследования целевой функции на оптимальность является определение оптимальной периодичности ТО технико-экономическим методом, рассмотренным в теоретических основах технической эксплуатации. При этом в качестве целевой функции были избраны суммарные удельные затраты на ТО и ремонт узла, механизма, которые изменялись при изменении периодичности ТО.

Итак, одним из важнейших принципов управления является четкое, желательно количественное определение цели.

Цели системы характеризуются понятиями «целевые показатели» (ЦП) и «целевые нормативы» (ЦН). ЦН количественно или качественно характеризуют состояние системы при полном достижении поставленной цели или удовлетворении определенной потребности. ЦП характеризуют текущее или возможное состояние системы на момент t : ЦП(t).

3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

3.1. Информация и ее основные характеристики

Слово **информация** происходит от латинского information – *осведомление, сообщение о положении дел или чьей-то деятельности, сведения о чем-либо*. С появлением и развитием кибернетики, а позже вычислительной техники и информатики, это слово хотя и сохранило свой первоначальный смысл, но, кроме того, получило еще ряд новых значений. Говоря об информации, подразумевают совокупность данных, фактов, знаний о некоторой системе, характеризующих организацию, структуру, состояние и поведение той или иной системы в целом или ее отдельных элементов,

Информация о системе может быть получена либо путем наблюдений, либо в результате экспериментов как натуральных, так и модельных, либо при изучении абстрактных гипотетических систем на основе логического вывода. Она оценивает потенциальные возможности системы и существует независимо от того, наблюдает ее исследователь, получает руководитель или нет. *Однако информация проявляется только во взаимодействии объектов или процессов*. В отличие от материи и энергии, *информация может возникать и исчезать*. Так как процесс получения информации зачастую имеет статистический характер, то информация о системе (в особенности сложной) может быть как детерминированной (достоверной), так и вероятностной.

Физическим носителем информации обычно является сигнал. В зависимости от рассматриваемых систем в качестве такого носителя информации могут выступать в живых организмах – нервные импульсы; в технических системах – электрический ток, давление жидкости или газа и др.; в экономических – документ.

3.2. Машины в управлении

Хозяйственное управление всегда было связано с обработкой больших объемов технико-экономической информации. С древнейших времен известны попытки облегчить и упростить управленческий труд с помощью технических средств.

В различные эпохи для расчетов использовались конторские счета, логарифмические линейки, счетные таблицы и т. д. В XVII веке появились первые механические вычислительные ма-

шины – прообразы будущих арифмометров. Наибольшее распространение механические счетные устройства получили в конце XIX – начале XX вв. В это время было налажено массовое производство бухгалтерских машин, кассовых аппаратов, машин для сортировки перфокарт, табуляторов и т. д. В начале 30-х годов в нашей стране были созданы первые машино-счетные фабрики, которые обеспечивали механизацию счетных работ в таких крупных организациях, как Госбанк, Центральное статистическое управление (ЦСУ) и др. Однако в настоящее время механические счетные устройства уже не могут удовлетворить все возрастающие потребности управления и повсеместно заменяются электронными вычислительными машинами (ЭВМ).

Если механические счетные машины были продуктом первой промышленной революции, то электронные вычислительные машины возникли в ходе современной научно-технической революции. Первая в нашей стране электронная вычислительная машина была создана в 1951 г. под руководством профессора С. А. Лебедева. Начиная с этого времени развитие электронной техники происходит бурными темпами. Растет производство электронных машин, улучшаются их качественные характеристики. С 1951 г. по настоящее время в промышленном производстве последовательно сменяли друг друга ЭВМ четырех поколений.

В машинах первого поколения (БЭСМ-1, «Стрела», «Урал-1», «Урал-2» и др.) основным элементом конструкции были радиолампы. Быстродействие этих машин составляло 5–10 тыс. операций в одну секунду. Машины были громоздкими, требовали большого количества электроэнергии, специальных систем охлаждения. Ввод и вывод информации в вычислительные устройства осуществлялся при помощи перфокарт и был связан с большими трудовыми затратами.

Машины второго поколения (БЭСМ-4, БЭСМ-6, «Мир», «Наири», «Урал-14», «Минск-32») были созданы на базе полупроводниковых элементов. Это позволило повысить их быстродействие (50–100 тыс. операций в 1 с), надежность, уменьшить размеры. Ввод и вывод информации осуществлялся как при помощи перфокарт, так и перфолент, что упрощало и ускоряло эту работу.

Машины третьего поколения составили Единую систему (ЕС ЭВМ), выпускающуюся промышленностью социалистических стран. Эти машины были сконструированы на базе полупроводниковых интегральных схем, что способствовало еще большему

их быстродействию и надежности при одновременном уменьшении габаритов. Машины третьего поколения могут выполнять 200–300 тыс. операций в одну секунду и более, с помощью средств связи их можно объединить в сети ЭВМ. Ввод и вывод информации осуществляется с устройств, которые могут находиться на значительном удалении от центральной ЭВМ.

Машины четвертого поколения («Наири-4» и др.) созданы на базе больших интегральных схем БИС, использование которых позволяет осуществлять до 100 млн. операций в одну секунду и уменьшить габариты целых вычислительных комплексов. Ведутся работы по созданию системы непосредственного речевого общения человека с электронными вычислительными машинами. Получили свое дальнейшее развитие средства графического отображения информации (дисплеи цветного изображения, электродные карандаши, обеспечивающие возможность непосредственного ввода в ЭВМ схем, графиков, рисунков и т. д.).

Основным элементом ЭВМ пятого поколения являются лазерные устройства. Применяя световоды из стекловолокна для передачи информации, эти машины создадут основу для коренных качественных преобразований не только в производстве, но и во всех сферах человеческой деятельности, включая образование, науку и культуру.

Сегодня в системах производства и управления широко применяются ЭВМ третьего поколения. Их использование в области организационно-экономического управления и в управлении технологическими процессами производства влечет за собой изменение во всей системе производительных сил. Особенностью ЭВМ третьего поколения является их организационная, программная и информационная совместимость. Это позволяет создавать принципиально новые организационные формы их использования.

Эксплуатация ЭВМ первого и второго поколений предполагала доставку информации, подлежащей обработке, непосредственно в помещение вычислительного центра. Руководители и специалисты, чьи рабочие места были удалены от вычислительной машины, не имели с ней прямой связи. С ростом объемов обрабатываемой информации и сложности решаемых задач, с увеличением оперативности процессов принятия решений это стало тормозить работу аппарата управления. Задержки при вводе и выводе информации

снижали эффективность эксплуатации вычислительных машин с высоким быстродействием. Появилась потребность в создании таких методов и средств, которые обеспечили бы оперативное взаимодействие пользователей с электронными машинами, находящимися на значительном удалении друг от друга.

В ЕС ЭВМ для этого были созданы абонентские пункты с устройствами ввода-вывода информации (пишущими машинами, телетайпами, дисплеями, перфоленточными и перфокарточными аппаратами, печатающими устройствами) и устройствами памяти, в которых для хранения информации используются магнитные ленты и диски. В дальнейшем произошло слияние в единые системы вычислительных машин и техники связи. Для этого были созданы терминальные комплексы – наборы аппаратных и программных средств, предназначенных для взаимодействия пользователя с вычислительной машиной через телефонную и телеграфную сеть. Терминальные комплексы используются для сбора данных, передачи информации, справочного обслуживания и дистанционной обработки этих данных.

Терминальный комплекс ЕС ТЕЛ состоит из мультиплексора, модемов, абонентских пунктов и каналов связи. К одной вычислительной машине можно подключить несколько терминальных комплексов, что определяется размерами машины. Мультиплексоры обеспечивают связь вычислительной машины с аппаратурой передачи данных, соединенных с каналами связи. Модемы – это специальные преобразователи, которые передают информацию через сеть связи.

В качестве каналов связи в ЕС ТЕЛ используются в основном телефонные каналы, поскольку они обеспечивают более высокую скорость передачи, но можно использовать и телеграфные каналы.

Каналы связи могут быть арендуемыми или коммутируемыми. Арендуемые каналы связи обеспечивают постоянную связь между абонентским пунктом и ЭВМ. Это обходится дороже, зато обеспечивает высокую степень надежности связи. Коммутируемый канал включается лишь на время передачи информации, а в остальное время каналы связи могут быть использованы для передачи сообщений другими абонентами. Примером коммутируемого канала связи является телефон, который включается по мере снятия трубки и набора соответствующего кода на диске.

Создание новой системы общения руководителей и специалистов с ЭВМ дало толчок к созданию новых форм обработки информации на базе банков данных. Произошло расширение круга пользователей ЭВМ, появилась возможность решения принципиально новых задач, которые невозможно было решать на машинах предыдущих поколений (например, оперативный поиск данных, выдача справок, срочные расчеты, человеко-машинное решение задач, когда на отдельных этапах решения последовательно участвуют человек, ЭВМ и др.).

Создание единых систем, состоящих из электронных машин и средств связи, позволило создать сети ЭВМ. Их преимуществом является большая информационная емкость, возможность обработки и хранения массивов информации на значительном удалении от центральной ЭВМ. При эксплуатации сетей ЭВМ можно, например, одновременно использовать во время обработки массивы информации, хранящиеся в памяти ЭВМ в Новгороде, Саратове и Иваново, тогда как пользователь может находиться в Москве или Санкт-Петербурге. Создание сетей ЭВМ для управления автомобильным транспортом является важнейшей задачей, решение которой обеспечит полноту и экономичность использования ЭВМ в процессах управления.

3.3. Определение АСУ

Термины и определения, используемые при разработках АСУ, устанавливаются государственными общесоюзными стандартами. В соответствии с ГОСТ 19675–74 автоматизированной системой управления называется человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления в различных сферах человеческой деятельности. В хозяйственном управлении информацию, вырабатываемую в АСУ, используют для принятия оптимальных решений. При этом под оптимальными понимают такие решения, которые обеспечивают максимум положительных результатов и сводят к минимуму возможные отрицательные последствия.

В отличие от автоматической автоматизированная система не полностью исключает человека из процессов управления. Происходит это по разным причинам. Важнейшей из них является сложность производственно-хозяйственных процессов. Самая совершен-

ная электронная машина не в состоянии проанализировать все возможные связи и дать точный прогноз развития производственной системы. Число возможных сочетаний факторов и качественных особенностей взаимодействия между отдельными ее подсистемами может быть бесконечным. Разнообразными могут быть также команды, помехи и возмущения, поступающие в производственную систему из внешней среды.

В теории управления считается, что процесс принятия решений носит творческий характер и предполагает использование таких качеств человека, как опыт, интуиция, навыки, которыми не располагают электронные машины. Используя эти качества, руководитель среди бесконечного многообразия факторов выбирает наиболее существенные, главные, на основании которых и осуществляет выработку решений.

Электронная машина, чтобы выработать аналогичные рекомендации, перебирает все возможные связи как внутри, так и вне производственной системы. Поскольку таких связей бесконечное или очень большое число, то ЭВМ практически не может решить задачу в течение установленного срока и ее работа мало что даст для оптимального управления. Поэтому при разработке АСУ ориентируются не на замену человека машиной, а на организацию оптимального взаимодействия человека и ЭВМ в процессах управления.

Хозяйством еще длительное время будет управлять человек, который корректирует и уточняет варианты решений, предлагаемые ЭВМ, ставит машине новые, сложные задачи и на основе полученной информации управляет коллективом и отдельными участниками производственного процесса.

Однако ограниченность возможностей ЭВМ в выработке управленческих решений вовсе не означает, что вычислительную технику рано или вообще не нужно использовать в управлении. Напротив, именно вычислительная техника предоставляет сегодня руководителям предприятий и организаций все более широкие возможности для повышения эффективности и качества принимаемых решений.

Использование ЭВМ возможно в трех организационных формах: организация решения отдельных планово-экономических задач; создание систем электронной обработки данных (ЭСОД); разработка и внедрение автоматизированных систем управления (АСУ).

Первая и вторая организационные формы использования ЭВМ характеризуются преобладанием технологического подхода в исследованиях и разработках. На первый план выдвигается переработка информации. Организация и управление затрагиваются лишь в незначительной степени. При таком подходе еще рано говорить об автоматизации управления, это скорее начальные этапы развития АСУ.

Современная концепция АСУ стала формироваться в конце 60-х – начале 70-х годов. Развитие технической и программной базы поставило вопрос о создании автоматизированных систем управления, т. е. человеко-машинных систем принятия решений на основе электронной обработки данных.

Новое понимание АСУ потребовало решения вопросов организации, социологии и психологии управления. Электронная машина может перерабатывать информацию, может даже разрабатывать варианты решений, но она не может управлять людьми. Она не обладает ни психикой, ни соответствующими волевыми качествами, благодаря которым руководитель организует работу людей и добивается исполнения своих распоряжений.

Использование ЭВМ в качестве основного средства переработки информации влечет за собой перестройку значительной части процессов и систем управления. Для работников аппарата управления отпадает необходимость выполнения большого числа однообразных и утомительных расчетов, повышается творческое содержание их управленческого труда. В результате видоизменяются организационная структура управления, содержание должностных инструкций и всего комплекса документов, регламентирующих взаимоотношения отдельных сотрудников, подразделений и служб производственной системы.

Перестройка сложившихся организационных форм и методов управления является непростой задачей и требует значительных трудовых и материальных затрат. Это создает определенные трудности при разработке АСУ, при их последующем внедрении и развитии. Разработчик АСУ далеко не всегда может предвидеть те проблемы, которые вынужден будет решать хозяйственный руководитель. Поэтому при создании АСУ разработчики ориентируются на возможности моделирования отдельных хозяйственных процессов при помощи экономико-математических методов, на

прогнозы развития производственной системы, а также на опыт ранее принимавшихся решений. Но и это не гарантирует того, что созданная АСУ будет удовлетворять требованиям производства достаточно длительное время. Поэтому в каждой АСУ должны быть заложены возможности ее непрерывного развития и совершенствования в соответствии с потребностями практики производства и управления.

Теория и практика разработок АСУ позволили сформулировать ряд принципов, применение которых помогает успешно преодолевать те трудности, с которыми сталкиваются разработчики. Академик В. М. Глушков предложил следующие принципы:

новых задач, состоящий в том, что при создании АСУ необходимо предусматривать такие задачи, которые дают значительный эффект и не могут быть решены без применения ЭВМ. Например, на основе ручных расчетов точно определить число автомобилей, необходимых для уборки урожая, невозможно из-за огромного количества учитываемой информации. Для этого необходимо проанализировать урожайность в различных районах, областях и климатических зонах, погодные условия, наличие и состояние автомобильных дорог, продолжительность периода уборки урожая в различных климатических зонах, пропускную способность хлебоприемных предприятий, наличие погрузочно-разгрузочных механизмов и множество других факторов. Невозможность выполнения таких расчетов вручную приводила к приблизительному определению потребности в дополнительных автомобилях на период уборки урожая, что при больших масштабах переброски автомобилей из одной области в другую вызывало значительные потери из-за простаивающих лишних автомобилей, их перевозки железнодорожным транспортом, расхода ГСМ, оплаты труда водителей и т. д.

При создании АСУ эту задачу оказалось возможным решить с помощью ЭВМ и экономико-математических методов. Учет всех разнородных факторов позволил составить точные прогнозы потребностей в дополнительном подвижном составе, что, в свою очередь, позволило значительно снизить расходы на транспортные средства в период уборки урожая;

системного подхода, предполагающий использование при разработках АСУ системного подхода, системного анализа и системотехники, о которых говорилось выше;

первого руководителя, гласящий, что разработка и внедрение АСУ должна возглавляться руководителем организации. Это необходимо потому, что только руководитель организации может обеспечить активную и взаимосвязанную работу всего коллектива над созданием АСУ, перестройку всего механизма управления и перевода его на новые методы работы;

максимальной типизации проектных решений, предполагающий разумное использование типовых проектных решений при разработке АСУ для сокращения сроков и удешевления работ;

непрерывного развития системы, требующий создания гибких АСУ, позволяющих автоматизировать новые управленческие задачи по мере их возникновения и без коренной перестройки всей ранее созданной системы управления;

автоматизации документооборота, предполагающий, что основная масса документов, используемая в управлении, перерабатывается с использованием электронных машин;

единой информационной базы, предусматривающий накопление на машинных носителях информации, необходимой для решения одновременно многих задач управления;

комплектности задач, заключающийся в учете всех информационных связей между отдельными задачами и комплексами задач, решаемыми в АСУ;

минимизации ввода-вывода информации, требующий, чтобы вся информация, необходимая для работы АСУ, вводилась в ЭВМ один раз, а все последующие преобразования осуществлялись на основе информации, уже имеющейся в памяти системы. Между вводом информации в ЭВМ и ее получением для дальнейшей работы не должно быть промежуточных этапов ввода-вывода;

совмещения подготовки документов, означающий, что документы первичного учета вырабатываются с использованием ЭВМ. Это способствует повышению оперативности учета, сокращению затрат ручного труда и уменьшению возможных ошибок субъективного характера при подготовке информации;

согласованности пропускных способностей отдельных частей системы, означающий, что должна быть обеспечена взаимная увязка между быстродействием ЭВМ, скоростью ввода-вывода информации, ее подачей на обработку, а также возможностями руководителей по восприятию и анализу информации. В управлении одина-

ково опасны как недостаток, так и избыток информации, когда руководитель теряется в потоке сведений и не может принять решение.

3.4. Развитие управления в XX веке

На рубеже 60–70-х годов XX века на многих крупных предприятиях СССР управление теряло свою эффективность и назревал второй информационный барьер, когда становилось невозможно эффективно управлять производством, несмотря на огромное количество занятых в управлении людей. Кроме того, при плановой экономике необходимо было управлять отраслями производства из единого центра, что, учитывая масштабы страны, было достаточно не простой задачей. Последняя причина явилась, пожалуй, основной причиной по которой в это время в нашей стране начали создаваться **автоматизированные системы управления (АСУ)**, тем более что появилась необходимая техническая база для этого – это ЭВМ.

АСУ – это человеко-машинная система принятия решений на основе электронной обработки данных. В хозяйственном управлении информацию, вырабатывающуюся в АСУ, использовали для принятия оптимальных решений. При этом под оптимальными понимали такие решения, которые обеспечивали бы максимум положительных результатов и сводили к минимуму возможные отрицательные последствия. В отличие от автоматической автоматизированная система не полностью исключала человека из процессов управления. АСУ давало человеку необходимую информацию, могла даже на основании определенных критериев выдать оптимальное решение, однако окончательный выбор все равно оставался за человеком. Это было связано со сложностью производственно-хозяйственных процессов и несовершенством ЭВМ того времени. При разработке АСУ ориентировались не на замену человека машиной, а на организацию оптимального взаимодействия человека и ЭВМ в процессах управления.

3.5. Классификация АСУ

Существуют различные принципы классификации автоматизированных систем управления, что определяется их назначением и различиями сфер применения.

Все автоматизированные системы управления можно разделить на две большие группы: автоматизированные системы управления

технологическими процессами (АСУ ТП) и автоматизированные системы управления организационными системами или АСУ организационного управления (АСУ ОУ). АСУ ТП предназначены для управления техникой и технологическими процессами, в том числе и процессами перевозки грузов и людей. АСУ организационного управления предназначены для управления сложными производственными системами, включающими технику и коллективы людей. Наблюдается тенденция к совмещению этих двух типов АСУ в единую интегрированную систему автоматизированного управления.

В зависимости от целей и назначения вышеуказанные автоматизированные системы управления подразделяют по уровню управления, выходным результатам и виду управляемого объекта.

1. По уровню управления выделяются АСУ различных назначений, среди которых наиболее сложными являются межгосударственные АСУ. В связи с ростом международного разделения и кооперации труда создание такого рода АСУ становится все более актуальным. В частности, развитие международных автомобильных перевозок потребовало создания специализированной АСУ – Совтрансавто, обеспечивающей управление возрастающим объемом международных перевозок.

Второй по сложности АСУ является общегосударственная автоматизированная система управления (ОГАС). В будущем общегосударственная автоматизированная система сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством объединит все АСУ предприятий, отраслей, республик и других административно-экономических районов в единую общегосударственную систему и тем самым обеспечит эффективное взаимодействие органов управления народным хозяйством на всех уровнях. В организационном построении ОГАС можно выделить четыре уровня функционирования АСУ.

Первый уровень – автоматизированные системы общегосударственных организаций (Госплана РСФСР, Госснаба, Госстроя РСФСР и др.). На данном уровне располагаются отраслевые автоматизированные системы управления (ОАСУ) промышленностью, транспортом и связью, строительством и сельским хозяйством, а также системы непромышленной сферы. Технической базой, объединяющей все системы первого уровня ОГАС, может быть

Главный вычислительный центр, выполняющий также функции координирующего диспетчерского пункта.

Второй уровень – автоматизированные системы управления союзных республик и республиканских организаций (РАСУ) – совокупность совместно взаимодействующих АСУ центральных органов республики, АСУ отраслями народного хозяйства республики и территориальными комплексами.

Третий уровень – региональные автоматизированные системы управления, создаваемые в краях, областях и автономных республиках для повышения эффективности территориального управления. Региональные АСУ, являясь звеньями ОГАС, в то же время включают в себя автоматизированные системы управления народнохозяйственного и отраслевого назначения на уровне органов областного управления. В региональных АСУ могут быть выделены районные звенья, АСУ органов управления районного подчинения. В отдельных крупных городах можно создать городские АСУ, включающие весь комплекс народнохозяйственного, отраслевого, коммунального и социального управления в пределах одного города. Примером территориальной системы может быть АСУ-Москва, которая охватывает не только внутренние процессы управления на отдельных предприятиях, но и систему их координации и взаимодействия в масштабе всего города как целостной системы.

Четвертый уровень – автоматизированные системы управления объединений, производственных предприятий и организаций.

В рассмотренной схеме существенное значение имеют единая автоматизированная система связи ЕАСС и общегосударственная система передачи данных. Единая система связи призвана обеспечить прямое и обратное взаимодействие между собой управляющих и управляемых организаций всех уровней, связанных каналами по вертикали и горизонтали.

Основные требования, которым должна удовлетворять ОГАС: унифицированность, полнота и объективность информации, своевременное ее получение, обмен между различными категориями управленческого персонала. Создается ОГАС для совершенствования планирования и управления на основе экономико-математических методов, системного подхода, использования ЭВМ и других технических средств. Она должна обеспечить общегосударственные, отраслевые, территориальные органы управления необхо-

димой информацией для принятия эффективных решений задач экономического и социального развития социалистического общества.

2. По выходным результатам автоматизированные системы подразделяют на информационно-справочные и информационно-советующие. Информационно-справочные системы обеспечивают сбор и частичную систематизацию информации для использования ее человеком. Выработка предложений, рекомендаций и решений в такой системе всецело остается за человеком. Информационно-советующие системы наряду с выдачей информации о ходе производства подготавливают определенные предложения и рекомендации, которые человек использует для принятия решений.

3. По виду управляемого объекта автоматизированные системы управления можно классифицировать на административные (АСУ органов государственного управления), общественно-политические, оборонные и коммерческие (АСУ торговли и массовым обслуживанием населения); финансово-экономические, производственно-технические, в том числе социальные АСУ (АСУ здравоохранением, народным образованием, например АСУ ВУЗ, и др.), транспортные АСУ и АСУ связи.

3.6. Состав и структура АСУ-автотранспорт

АСУ-автотранспорт Минавтотранса РСФСР состоит из следующих звеньев: АСУ министерства, АСУ транспортного управления (АСУ ТУ), автоматизированных систем управления ремонтными заводами (АСУ АРЗ), автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), выступающих в условиях автомобильного транспорта как АСУ перевозками.

Необходимо отметить, что в АСУ-автотранспорт нет автоматизированных систем управления автотранспортными предприятиями. Это объясняется спецификой автотранспортных предприятий и организацией управления автомобильным транспортом. Эффективное использование вычислительной техники на уровне автотранспортного предприятия невозможно из-за недостаточных объемов информации, подлежащих переработке. Поэтому автоматизация управления автотранспортными предприятиями осуществляется на уровне АСУ ТУ.

АСУ-автотранспорт. При создании АСУ за основу берут два принципа выделения подсистем: содержание решаемых задач и ор-

ганизация эффективного решения задач. В соответствии с этим АСУ-автотранспорт включает функциональные и обеспечивающие подсистемы.

Обеспечивающие подсистемы обеспечивают надежное функционирование всей системы. Для этого в составе отдельных звеньев АСУ-автотранспорт создаются подсистемы информационного, программно-математического, технического, организационно-правового и эргономического обеспечения.

Функциональные подсистемы решают конкретные задачи управления отдельными функциями производственной системы.

Структура АСУ-автотранспорт определяется двумя основными уровнями: АСУ министерства и АСУ транспортного управления. АСУ министерства обеспечивает информацией руководителей министерства, республиканских объединений и функциональных управлений, АСУ транспортного управления – руководителей транспортного управления, предприятий и организаций, входящих в состав транспортного управления. Кроме того, АСУ ТУ передает информацию в АСУ министерства.

АСУ министерства – это система управления, использующая современные автоматические средства обработки данных (электронно-вычислительные машины, устройства накопления, регистрации, отображения, связи и др.) и экономико-математические методы, позволяющие руководству министерства, его функциональным и производственным управлениям эффективно руководить всей производственно-хозяйственной деятельностью отрасли с учетом перспектив ее развития. АСУ министерства имеет следующие функциональные подсистемы:

- технико-экономическое планирование;
- оперативное управление;
- бухгалтерский учет и анализ хозяйственной деятельности;
- управление материально-техническим снабжением;
- управление финансовой деятельностью;
- управление капитальным строительством;
- планирование, учет и анализ труда и заработной платы;
- планирование, учет и анализ кадров;
- научно-техническая информация.

Эти подсистемы обслуживают отдельные управления министерства и объединяются конечной целью, общим содержанием и

значением исходных данных. АСУ министерства рассматривается как составная часть общегосударственной системы управления народным хозяйством, взаимосвязанная и согласованная с АСУ транспортных управлений.

Технико-экономическая информация используется в АСУ-автотранспорт максимально на каждом уровне управления для расчета любого количества вторичных (производных) показателей. Образуется единый поток информации, единые пункты ее обработки, обеспечивающие информацией все звенья и уровни управления автотранспортом общего пользования. В АСУ-автотранспорт информационные потоки создаются на основе данных, содержащихся в первичных документах.

Исходные данные автотранспортных предприятий и авторемонтных заводов собирались и обрабатывались на пунктах первичной подготовки и обработки информации (ППОИ), а затем передают в вышестоящую ступень системы – кустовой вычислительный центр КВЦ. Результатами обработки обеспечиваются предприятия, транспортные управления, местные органы управления, главные вычислительные центры (ГВЦ), а управляющая информация передается на автопредприятия. Обобщенные данные о работе транспортных управлений собираются в ГВЦ и после обработки предоставляются всем заинтересованным органам и службам Министерства автомобильного транспорта РСФСР и внешним организациям.

АСУ транспортного управления (ТУ) – система управления, созданная для дальнейшего совершенствования управления автомобильным транспортом. Она обеспечивает лучшее использование подвижного состава, материальных и трудовых ресурсов для увеличения объемов перевозок и повышения рентабельности предприятий. АСУ транспортного управления разрабатывается совместно с АСУ министерства и предусматривает взаимодействие и взаимовыручку по информационному, техническому и математическому обеспечению.

В АСУ транспортного управления имеются следующие подсистемы:

- технико-экономическое планирование;
- оперативное управление;
- бухгалтерский учет;
- управление материально-техническим снабжением;

- управление техническим обслуживанием и ремонтом подвижного состава;
- управление финансовой деятельностью;
- планирование, учет и анализ труда и заработной платы;
- управление кадрами.

АСУ транспортного управления обеспечивает получение информации о производственно-хозяйственной деятельности транспортного управления, его предприятий и организаций с периферийных пунктов первичной подготовки и обработки информации, обработку информации и решение задач на ЭВМ, хранение и накопление информации, используемой в процессе управления, выдачу информации потребителям.

АСУ транспортного управления позволяет совершенствовать организационную структуру управления, создавать технически обоснованные нормативы для расчета производственной программы по всем видам деятельности транспортного управления, рационализировать систему документооборота и информационных потоков, сократить объемы информации при повышении качества и снижении стоимости ее обработки.

3.7. Особенности организационного управления

Управление необходимо для эффективного функционирования любой сложной системы (автомобиль, химический синтез, космический корабль и т. д.). Однако следует различать *техническое управление* (управление сложными техническими объектами, например, самолетом, ядерным реактором и т. п.) и *организационное управление* – управление коллективом людей (предприятия, организации, общества в целом). Организационное управление имеет ряд особенностей.

Первая особенность – это то, что основным элементом системы является человек – сложная, активная система. Составить формализованные модели, описывающие требуемые для практических приложений аспекты поведения человека, крайне трудно, а порой и просто невозможно. В то же время человек в организационных системах является лицом, принимающим решение.

Вторая особенность – многоцелевой характер функционирования системы. Это приводит к многокритериальным оценкам эффективности ее работы и необходимости организации управления по многим взаимосвязанным контурам.

Третья особенность организационных систем – их непрерывное развитие, которое связано с появлением новых потребностей, совершенствованием путей удовлетворения этих потребностей, с изменением хозяйственного механизма, внутренних и внешних условий и ограничений.

Частным случаем систем управления являются автоматизированные системы управления. Автоматизированная система управления (АСУ) – система «человек-машина», обеспечивающая эффективное функционирование объекта управления, в которой сбор и переработка информации, необходимой для реализации функции управления, осуществляется с применением средств автоматизации и вычислительной техники (ГОСТ 24.003-84).

Отличие АСУ от обычной системы управления заключается в том, что в составе аппарата управления создается вычислительный центр (ВЦ), обеспечивающий машинную обработку данных и решение всевозможных оптимизационных задач.

Необходимо различать *автоматизированные* и *автоматические* системы управления. Такое деление систем основано на различной роли человека в процессах управления.

Автоматизированная система управления предполагает непосредственное участие человека в процессе управления, на которого возлагается функция принятия решения в различных условиях производства.

Автоматическая система управления может функционировать без непосредственного участия человека. Человек в данной системе выполняет обязанности оператора, действует по строго регламентируемому алгоритму, осуществляет профилактический контроль и ремонт.

В автоматических системах управления получение, преобразование и передача информации, формирование управляющих команд и их использование для воздействия на управляемый процесс осуществляются без участия человека, т. е. автоматически.

В автоматизированных системах управления перечисленные функции осуществляются частично автоматически, а частично с участием людей-операторов. Автоматизированные системы управления в зависимости от специфики использования также называют человеко-машинными, диалоговыми, директорными, супервизорными, интерактивными.

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Определение «*техническая система*» используется в науке в качестве обобщающего термина для всех видов машин. Техника проявляет себя через изделия. Количество и многообразие изделий, создаваемых в различных отраслях техники, практически неисчислимо, что в значительной мере обусловливается машинными системами – изделиями машиностроения.

4.1. Назначение, способ действия, структура и состояние технических систем

При рассмотрении технической системы необходимо, прежде всего, определить такие ключевые характеристики, как ее назначение, способ действия, структура и состояние.

Любая техническая система подчиняется *принципу причинности*: каждое событие в технической системе имеет одну или несколько причин и одновременно является причиной ряда других событий. Без причины ничто не происходит. При более подробном рассмотрении причина распадается на три компонента:

- а) обстоятельства, при которых что-то происходит;
- б) внутренние условия, при которых осуществляется событие;
- в) повод, который является непосредственной причиной. «*Действие*» осуществляется тогда и только тогда, когда существует «*причина*». Эти утверждения основываются на опыте людей и бесчисленных наблюдениях природных явлений, которые обобщены и исследованы в физике, химии, биологии и других науках. Понятие причинности сформулировано в результате обобщения этого опыта. Людям свойственно стремиться к осуществлению желаемых событий и достижению своих целей. С точки зрения причинности определенное действие стремятся совершить именно там и тогда, где и когда в нем есть надобность.

Человек использует в своих целях физические, химические, биологические и другие процессы в рамках существующих технико-экономических условий. Исходя из принципа причинности, он создает цепочки действий (собственно причины), которые должны обеспечить требуемое действие в нужный момент времени.

Описанный процесс развития от причин к следствиям для достижения поставленной цели имеет место при проектировании

и конструировании технических систем, которые в смысле причинности реализуют систему причин и осуществляют действие.

Назначение технической системы и способ ее действия. Технические системы выполняют бесчисленные и разнообразные действия типа двигать, копать, нагревать, соединять, разделять, уплотнять, управлять и др., служащие для удовлетворения потребностей людей. Назначение технической системы можно представить через систему ее воздействий. Поэтому *назначение технической системы* часто называют *ее совокупной функцией*.

В технических системах для реализации их назначения используются известные природные эффекты, например эффект рычага, гравитация, эффект расширения при повышении температуры, эффект электрического тока в проводнике, движущемся в магнитном поле, и другие физические, химические и биологические явления.

Взаимодействие составных частей технической системы таково, что реализуется внутренний технический процесс и тем самым создается требуемое внешнее воздействие. Так, используя зубчатую передачу, изменяют число оборотов и направление вращения. Причинная цепочка с превращением следствий (выходов) в причины (входы) следующих операций характеризует *способ действия* (способ функционирования) технической системы.

Структура технической системы. Техническая система может быть создана только в том случае, если имеется возможность создать и желаемым образом объединить ее составные части. При этом посредством структуры должны быть реализованы (в возможно более полной мере) определенные свойства, обеспечивающие желаемое функционирование системы.

Рассмотрение технических систем с точки зрения структуры приводит к понятиям структурных элементов и групп (подсистем), которые находятся между собой в определенных геометрических, механических, энергетических и других отношениях. Подобный способ рассмотрения известен и понятен большинству людей, так как почти каждый, по крайней мере, однажды, пытался самостоятельно провести ремонт велосипеда, водопроводного крана или выключателя и при этом был вынужден разобрать ремонтируемый объект.

Структура представляет собой как бы «рентгеновский снимок» объекта. В конструкторском деле обычно она характеризуется чертежом и спецификацией. Структура объекта при этом расчленяется на элементы и группы в зависимости от принятой точки зрения (например, сборки или функционирования).

Состояния технической системы. В ходе своего развития от возникновения и существования до ликвидации любая техническая система проходит ряд типичных состояний:

- 1) планирование;
- 2) возникновение (конструирование, подготовка производства, изготовление);
- 3) сборка, разборка (при изготовлении или монтаже);
- 4) окончательная сборка (сборка технической системы как единого целого, в котором проявляются пространственные отношения между составными частями);
- 5) испытание (оценка функциональной пригодности);
- 6) хранение;
- 7) транспортировка (изменение местоположения);
- 8) использование (работа системы);
- 9) простой (уборка, ремонт, техническое обслуживание);
- 10) ликвидация (разделка в металлолом).

Определение «*техническая система*» используется в науке в качестве обобщающего термина для всех видов машин. Техника проявляет себя через изделия. Количество и многообразие изделий, создаваемых в различных отраслях техники, практически неисчислимо, что в значительной мере обуславливается машинными системами, автотранспортными системами и т. д.

Системы управления (СУ), как и любые технические системы, возникают не сразу, а проходят этапы развития, основные из которых показаны на рис. 9. Замысел новой СУ, представляющей собой сложную и даже очень сложную (большую) систему, никогда не возникает в законченном, четко очерченном виде.

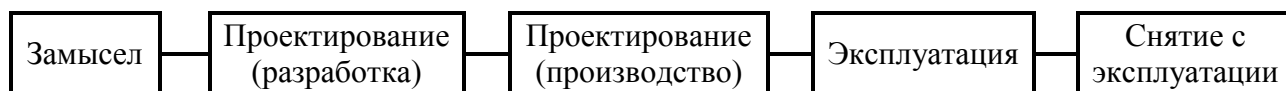


Рисунок 9 – Этапы жизненного цикла развития технических систем

В процессе проектирования новая СУ должна быть отражена (спроектирована) на бумаге или на соответствующих машинных носителях информации. Иными словами, должна быть разработана и выпущена техническая документация, включающая конструкторскую и программную документацию, по которой проектируемая система может быть изготовлена в промышленных условиях. Затем изготавливают опытные образцы, которые тщательно отлаживают, детально проверяют и испытывают. Испытания охватывают как моделирование – математическое (абстрактное) и полунатурное, лабораторные исследования, так и натурные испытания в условиях, приближающихся к условиям эксплуатации. При отладке и испытаниях системы исправляют (корректируют) техдокументацию, устраняя как смысловые (семантические), так и формальные (синтаксические) ошибки.

В идеальном случае производство СУ для эксплуатации осуществляется по тщательно обработанной на этапе проектирования техдокументации. В силу того, что технология серийного производства отличается от технологии опытного производства, осуществляемого на этапе проектирования, а также вследствие того, что на этапе отработки в неполной мере учитываются статистические характеристики комплектующих систему элементов и изделий, в процессе серийного производства неизбежна доработка проектировщиком технической и программной документации.

Одна из основных задач проектировщиков на этапе серийного производства – обеспечение бесперебойного хода процесса производства систем с гарантированным уровнем заданных технических характеристик, осуществляемого в рамках авторского надзора, а также разработка и внедрение совместно с персоналом заводов методов оптимизации производства и повышения его эффективности.

Поскольку эксплуатация системы управления является основным этапом ее жизни, усилия проектировщиков направлены на то, чтобы обеспечить безусловное выполнение системой заданных технических характеристик. С этой целью на этапе проектирования разрабатываются методы и технические средства эксплуатационного обслуживания СУ, которые включают в себя системы контроля и восстановления технического состояния эксплуатируемой системы управления. Очевидно, что снятие с эксплуатации системы управ-

ления связано с ее моральным старением и неэффективностью ее дальнейшей эксплуатации.

Развитие экономики связано с постоянным обновлением товаров, изделий и услуг. Любое изделие или услуга появляются как ответ на потребности общества, воспроизводятся в течение определенного времени, со временем устаревают, заменяются более совершенными и постепенно изымаются из сферы эксплуатации (применения).

Обычно рассматривают жизненные циклы:

- больших систем (парк автомобилей определенной модели);
- элементов больших систем (устройство автомобиля).

Полный жизненный цикл большой системы охватывает:

- науку;
- технику;
- производство;
- эксплуатацию;
- списание;
- утилизацию.

Жизненный цикл большой системы включает следующие основные этапы.

1. Возникновение идеи нововведения на основании осознания потребностей рынка и потребителя, научного предположения, гипотезы или открытия. (Например, идея применения газомоторного топлива на транспорте, диктуемая возможным дефицитом жидкого топлива и экологическими требованиями).

2. Выдвижение теории, а применительно к техническим, технологическим и организационным решениям – концепции проекта, затем бизнес-плана, т. е. известной комбинации существующих и новых знаний, методов, технологических и других приемов, которые могут дать необходимый эффект. На этом этапе определяются схемы соответствующих решений, предполагаемый потребитель и масштабы применения нововведения.

3. Проверка теории или концепции проекта путем лабораторного эксперимента, демонстрирующего правильность теории или принципиальную осуществимость проекта.

4. Лабораторная или опытная проверка, обеспечивающая получение полезного эффекта в принципиально пригодной для прак-

тического использования форме. Например, модель технического устройства, образец материала, процесс, пробная услуга и т. д.

5. Эксплуатационные испытания или рыночная апробация, демонстрирующие работоспособность нового технического средства или процесса, возможность достижения заданных целевых нормативов. Для услуг проверяется их восприимчивость и востребованность потенциальным потребителем и уточняется возможный спрос. На основании этого этапа определяются направления доработки или переработки изделия или услуги, уточняются требования к сфере эксплуатации. Например, применительно к газомоторному топливу: создание сети газозаправочных пунктов, переоборудование автомобилей, приспособление производственно-технической базы к обслуживанию газобаллонных автомобилей, подготовка персонала и др.

6. Промышленное (рыночное) внедрение, означающее начало производства нового технического средства или предоставления новой услуги, характеризующее готовность к их практическому применению и гарантирующее получение заданных целевых нормативов эффективности, масштабов применения и др.

7. Широкое внедрение нововведений, позволяющее оценить действительный эффект и рыночную нишу с учетом ряда факторов, которые невозможно было полностью учесть на начальных стадиях, и полностью подготовить эксплуатационную инфраструктуру.

8. Постепенная замена (вытеснение) предшественников (изделия, услуги, технологии) нововведениями – формирование новой или обновленной большой системы.

9. Устаревание нововведения, вывод из эксплуатации старых элементов системы и их постепенная замена нововведениями следующего поколения.

10. Утилизация и частичное вторичное использование подсистем и элементов старой системы.

Жизненный цикл элементов системы проще и короче жизненного цикла самой системы. Например, жизненный цикл элементов большой системы (автомобильного парка) – автомобиля складывается из следующих процессов:

- приобретения и обкатки;
- перевозочного процесса;

- хранения, технического обслуживания и ремонта;
- модернизации (при необходимости);
- списания (перепродажи);
- утилизации.

Жизненный цикл элемента системы составляет на примере автомобилей в среднем 7–12 лет, в течение которых технико-эксплуатационные показатели постепенно ухудшаются (табл. 1).

Обобщающим показателем качества подержанных автомобилей является их рыночная цена, которая по отношению к новым автомобилям (марки ВАЗ) в определенный календарный период составила по годам эксплуатации (%):

- 2-й год – 85...88;
- 4-й год – 70...74;
- 6-й год – 60...63;
- 8-й год – 50...53;
- 10-й год – 38...44;
- 12-й год – 30...37;
- 14-й год – 25...30.

Затраты на приобретение легкового автомобиля «secondhand» в США за последние 5 лет составили в среднем 68–70 % от нового при средней продолжительности владения новым легковым автомобилем 4,9 года.

Таким образом:

1) обновление большой системы происходит через многократные замены ее элементов;

2) чем чаще заменяются ее элементы, тем «моложе» их совокупность в большой системе;

3) чем «моложе» элементы, тем эффективнее большая система.

Следовательно, эффективность большой системы во многом определяется эффективностью ее элементов, а эффективность элементов системы зависит от трех основных факторов:

1) начального уровня технико-экономических свойств;

2) темпов снижения технико-эксплуатационных свойств элемента при его старении, т. е. увеличении наработки с начала эксплуатации (см. табл. 1);

3) сроков службы элемента.

4.2. Организационная структура объекта управления

Организация функционирования любой системы складывается из структуры, ориентации ее в пространстве и времени, а также распределения функций между ее элементами.

Организационная структура присуща любому объекту управления. Обычно структуры систем изображают направленным или ненаправленным графами.

Граф – это схема, состоящая из заданных точек – вершин, соединенных определенной системой линии, которые также называются ребрами или дугами графа (рис. 10).

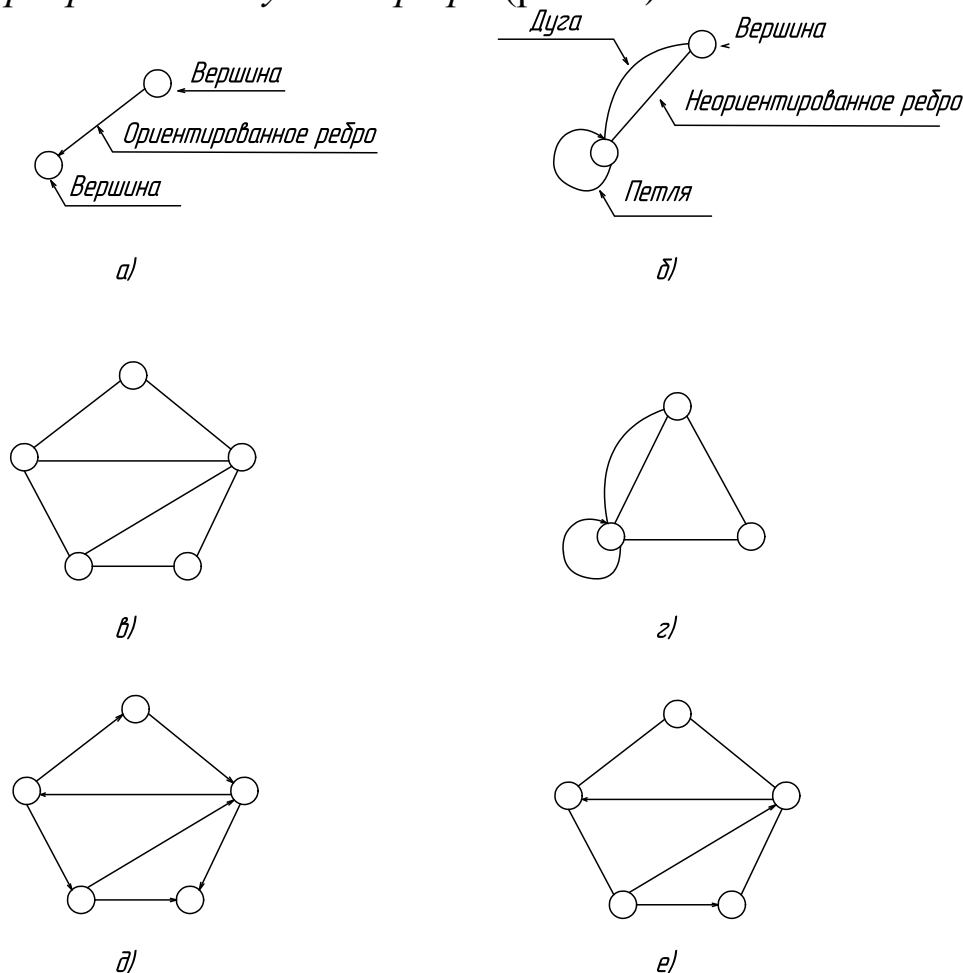


Рисунок 10 – Основные виды графов и их элементы:

а, б – основные элементы графа; в, г, д, е – соответственно обыкновенный, мультиграф, ориентированный и смешанный граф

Ребра могут быть *ориентированными*, тогда они снабжаются стрелками, и *неориентированными* (без стрелок). Пара вершин может соединяться более чем одним ребром, и тогда такие ребра называются **кратными**. Вершина может быть соединена ребром сама с собой, и такое ребро называется **петлей**.

Различают три основных вида графов: обыкновенный; мультиграф и ориентированный граф.

Обыкновенный граф – граф без дуг, петель и кратных ребер.

Мультиграф – граф, у которого присутствуют кратные ребра и петли.

Ориентированным называют граф, все ребра которого ориентированы.

Кроме этого, есть **смешанные** графы, имеющие как ориентированные, так и неориентированные ребра. Например, схема движения транспорта по городу может быть представлена в виде графа, ребра которого представляют улицы, а вершины – перекрестки. Тем улицам в городе, где введено одностороннее движение, соответствуют ориентированные ребра. Ребра, соответствующие улицам с двухсторонним движением, ориентации не имеют.

Графы бывают конечными, если число ребер конечно, и бесконечными – в противном случае.

В вершинах графа систем управления располагают отдельные подразделения (системы управления), составляющие элементы, подсистемы. Ребра графа оценивают отношения между вершинами по управлению, передаваемой информации и др. Рассмотрим ряд типовых структур систем управления для наглядности, изображенных на рис. 11.

Линейная структура характеризуется тем обстоятельством, что каждая вершина связана с двумя соседними. В данной структуре отсутствует взаимоотношение командования и подчиненности. Линейная структура отличается ненадежностью, при разрыве какой-то связи линейная структура рушится.

Кольцевая структура. Отличается замкнутостью и одинаковостью связей. Любые две позиции обладают двумя направлениями отношений. Это повышает скорость сообщений, делает структуру более живучей.

Сотовая структура. Имеет разветвленные и сложные связи. Имеется резервирование путей прохождения информации. Это, с одной стороны, способствует высокой живучести структуры, с другой стороны, приводит к повышению ее стоимости.

Многосвязная структура. Отличается тем, что все элементы связаны между собой. Связи равноценны, допускаются связи по кратчайшему пути. В соответствии с этим возрастает скорость пе-

редачи информации и повышается надежность. (В частном случае эта структура преобразуется в колесо).

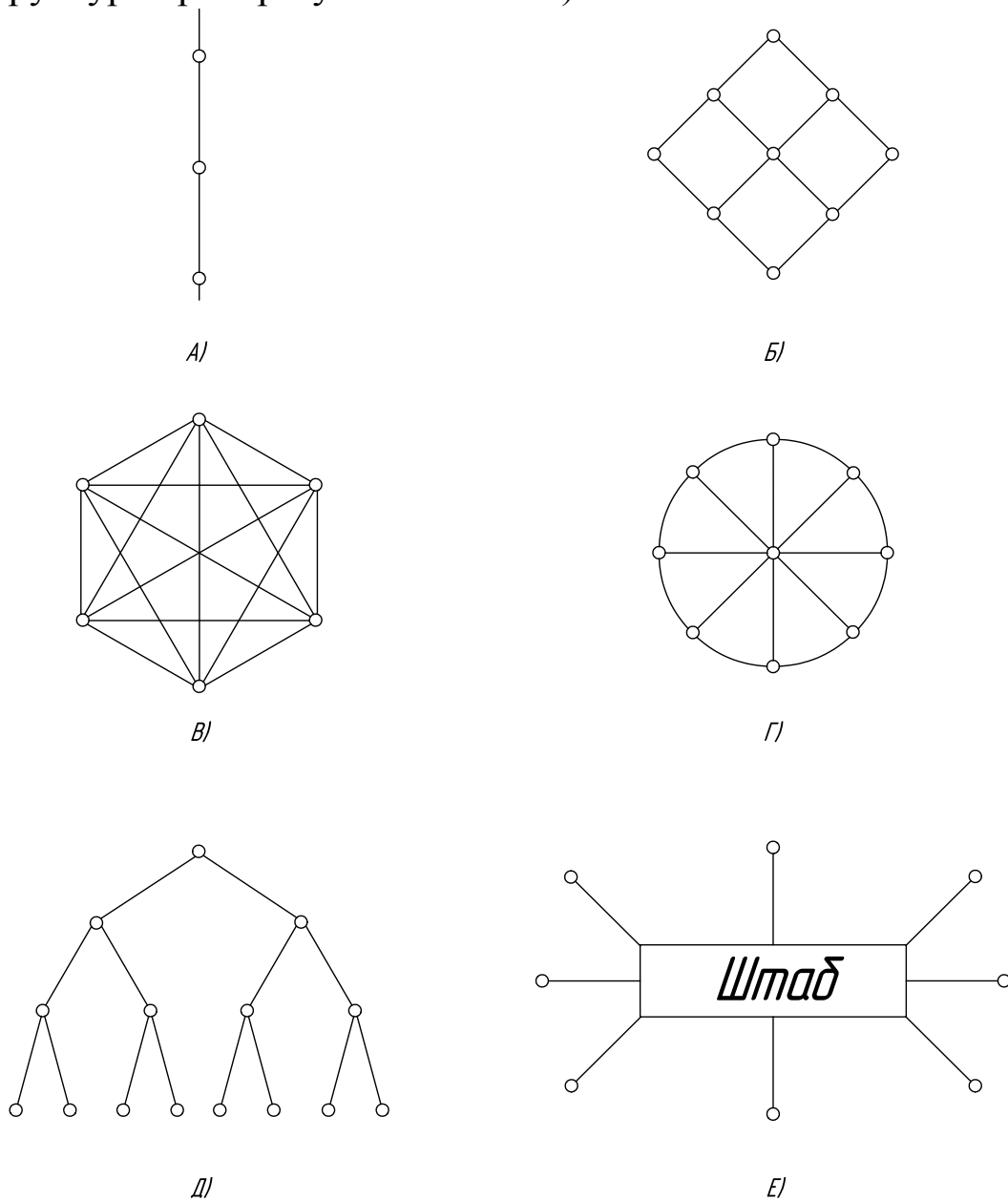


Рисунок 11 – Основные виды структур:
 А – линейная; Б – сотовая; В, Г – многосвязные;
 Д – иерархическая; Е – звездная

Иерархическая структура. Этот тип структуры получил наибольшее распространение в системах управления. Здесь уровни разной степени иерархии. Верхний уровень управляет нижними. Промежуточные уровни обладают и командными (по отношению к более низким), и подчиненными (по отношению к верхним) функциями. Чем выше уровень иерархии, тем меньшим числом связей он

располагает. Такая структура на каждом уровне характеризуется коэффициентом иерархии.

Звездная структура. Имеет центральный узел, который является командным (штабом). Все связи заканчиваются на нем и носят управляющий характер. Периферийные вершины звездной структуры являются подчиненными.

Если использовать сочетания различных структур либо замену одной из вершин выбранной структуры целой структурой другого типа, то получится *смешанная структура*.

Свойства структуры можно охарактеризовать рядом показателей: оперативностью, централизацией, периферийностью, живучестью, объемом.

ОПЕРАТИВНОСТЬ – это способность быстро реагировать на изменения внешних условий. Зависит от расположения элементов структуры и схемы их движения. Оценивается либо временем реакции на внешнее воздействие, либо скоростью ее нарастания.

ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ – определяет возможности повышения одной из позиций руководящих функций. Численно централизация оценивается средним числом интервалов связи по кратчайшему до центральной позиции пути. С увеличением централизации структура становится более управляемой, однако элементы структуры теряют самостоятельность. Наиболее централизованной является звездная структура, следующая за ней иерархическая.

ПЕРИФЕРИЙНОСТЬ – характеризует пространственные свойства структуры. Численно показатель периферийности может выражаться положением центра тяжести структуры. Для этого элементам и связям приписываются определенные веса. Чем больше элементов сосредоточено на периферии, тем выше показатель периферийности. Высокий показатель периферийности имеет звездная структура.

ЖИВУЧЕСТЬ – способность сохранять значения показателей при повреждении части структуры. Показатели живучести могут иметь относительное число связей, при уничтожении которых остальные показатели не выходят за допустимые пределы. Наибольшей живучестью обладают многосвязные структуры (с дублирующими связями), наименьшей – линейная.

ОБЪЕМ – количественная оценка (характеристика) структуры. В качестве параметров объема могут быть выбраны количество

элементов, их средняя плотность. Объем влияет на число связей и степень интеграции функций элементов. Существует связь между оптимальным объемом и целевой задачей системы управления.

4.3. Уровни управления производством

Система управления производством обычно имеет иерархическую структуру управления. Если рассмотреть систему управления производством в виде подсистем, то можно выделить шесть уровней объектов, которые отличаются друг от друга по контролируемым и управляемым параметрам, по средствам и алгоритмам управления, которые в них используются, а также по самой природе (сущности объекта).

Первый уровень – рабочее место. На этом уровне осуществляется управление отдельными станками, стендами, технологическими установками, отдельными людьми.

Второй уровень – участок. Здесь решаются проблемы управления комплексом оборудования и обслуживающим их персоналом, которые связаны технологическим процессом.

Третий уровень – цех. В цехе осуществляется управление технологическими участками. Здесь серьезное место занимают задачи, связанные с планированием производства, с контролем выполнения производственных заданий, контролем технического процесса, с выработкой управляющих воздействий на второй и первый уровень. Кроме этого уделяется серьезное внимание системе сбора и обработки информации.

Четвертый уровень – уровень предприятия.

Пятый уровень – отрасль.

Шестой уровень – экономика страны.

На четвертом, пятом и шестом уровнях решаются аналогичные, но разные по объему задачи. Составление производственных программ, планирование деятельности и формирование документации, решение задач качества выпускаемой продукции, подбор, расстановка кадров и ряд других.

4.4. Особенности автомобильного транспорта как объекта управления

Автомобильный транспорт имеет ярко выраженные особенности, существенно влияющие на формы и методы управления. Явля-

ясь отраслью материального производства, он не создает новых вещественных благ, а лишь продолжает процесс производства в форме перемещения грузов и людей в пространстве. Продукт промышленного, строительного и сельскохозяйственного производства – это материальная вещь, предмет для удовлетворения личных и производственных потребностей людей. Потребление этих предметов происходит за пределами процесса их производства – в сфере потребления. Производством автомобильного транспорта является не вещь, а перемещение грузов и людей в пространстве. Это тот полезный эффект, который создается работой автомобилей. Эта продукция не существует отдельно от процесса производства, она потребляется в самом процессе производства. Производство (процесс перемещения) и потребление его полезного эффекта здесь совпадают по времени и слиты в один акт. Основной производственный процесс – перевозка – протекает за территорией предприятия, что существенно осложняет само управление. Продукцию автомобильного транспорта нельзя сберечь и накапливать для будущего потребления, поэтому для выполнения любых требований на перевозки либо необходимо иметь большие резервы мощности, либо обладать высокой мобильностью при относительно небольших резервах техники. Очевидно, более предпочтителен второй вариант, однако он возможен только при наличии методов и технических средств управления, способных обеспечить высокую мобильность автомобильного транспорта.

Таким образом, автомобильный транспорт представляет собой сложную динамическую систему, управление которой связано с большими трудностями.

4.5. Понятие дерева целей

1. При формулировании цели конкретной системы (отрасли, объединения, предприятия) возникает несколько достаточно сложных задач.

1) Как от общих или обобщенных целей вышестоящей системы перейти к конкретным количественно описанным целям подсистем? Например, маркетинговый анализ позволяет предположить прирост спроса на определенные перевозки на 12 %. Освоения этих объемов, это, очевидно, генеральная цель предприятия, фирмы. За счет

чего это можно сделать? – это подцели, их необходимо в рамках ПЦМ четко определить.

2) Как сопоставить или, как мы говорим, ранжировать несколько иногда противоречивых целей, которые, как правило, стоят или поставлены перед любой сложной системой? Например, увеличение прибыльности, требующее сокращения всех видов затрат, и уменьшение отрицательного влияния на окружающую среду, приводящее к увеличению ряда статей затрат.

3) Как цели соразмерить с ресурсами, а последние перераспределить между несколькими целями?

4) Как цели подсистем заставить работать на цели системы?

Для разрешения этих сложных и противоречивых задач рекомендуется использовать прием, излагаемый следующим правилом управления.

Правило. Если реальная система имеет несколько целей разной значимости и уровня, то их следует упорядочить, построив дерево целей – ДЦ.

2. Дерево целей (ДЦ) – это упорядоченная иерархия целей, выражающая их соподчинение и внутренние взаимосвязи. При построении ДЦ происходит декомпозиция – разложение целей по уровням, т. е. их упрощение, конкретизация, уточнение адресности. Схема дерева целей представлена на рис. 12.

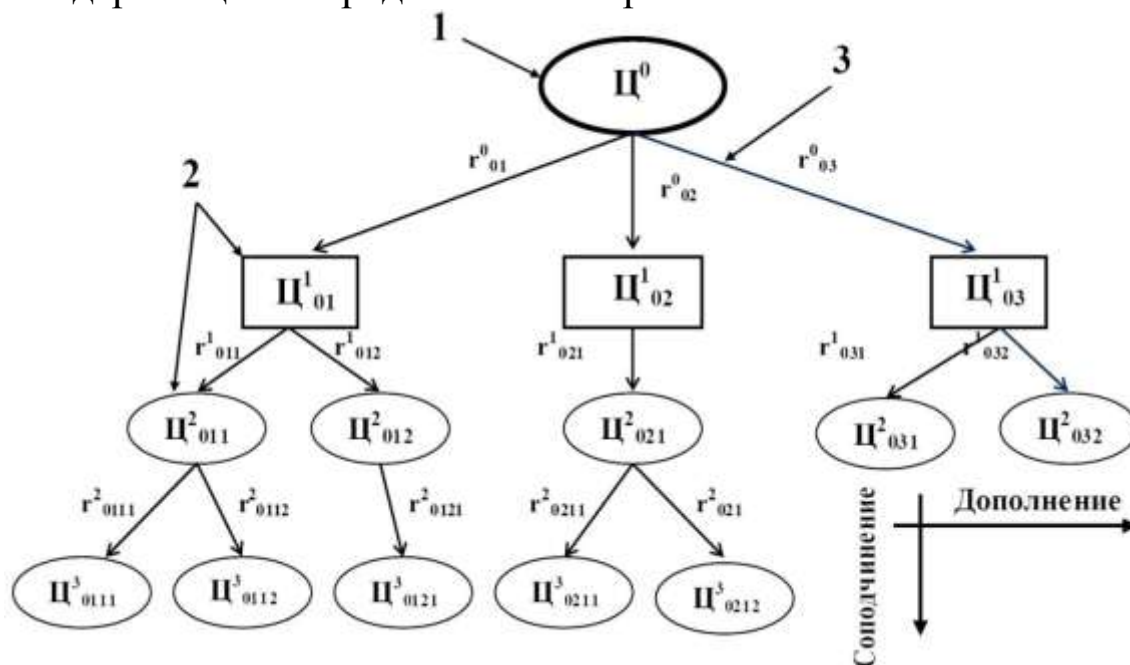


Рисунок 12 – Схема дерева целей: 1 – корень дерева целей (генеральная цель системы); 2 – вершины ДЦ; 3 – дуги ДЦ

Обычно ДЦ имеет одну вершину, называемую корнем (1, рис. 12), который характеризует генеральную цель системы Ц, располагаемую на высшем уровне. Далее цель высшего уровня разлагается на цели первого уровня $\text{Ц}_{01}^1, \text{Ц}_{01}^1 \dots \text{Ц}_{0n}^1$, которые, в свою очередь, – на цели второго уровня и т. д. Декомпозиция продолжается до так называемых элементарных целей, которые дальнейшему разложению не подлежат. Например, для персонала предприятия, фирмы – это цели, которых должен добиваться конкретный исполнитель.

Пожалуй, впервые попытку иерархического подхода к анализу сложных и запутанных систем мы находим в греческой мифологии на примере взаимоотношений многочисленных богов разных поколений, которые сначала воевали и враждовали, добиваясь главенства. Затем их взаимоотношения были упорядочены. В верхней части пирамиды власти расположились титаны. Наиболее известные из них – Прометей, вылепивший людей из глины, давший им знание и огонь, и Кронос, пожиравший своих детей. Далее следовали боги-дети (или олимпийцы), среди которых был Зевс. Среди двенадцати богов олимпийцев были покровитель дорог, путников и торговцев, бог-вестник (т. е. по сути «министр» наземного транспорта, связи и торговли) – Гермес, а также Минос, давший людям первые законы, т. е. своего рода методы управления и принятия решений.

На следующем уровне располагались боги-внуки (или гиганты), которые пытались свергнуть олимпийцев. Следующую иерархическую ступень занимали герои – дети богов и простых женщин. Главным героем был сын Зевса Геракл, победивший мятежных гигантов. Среди героев мы находим еще нескольких покровителей транспортной системы: Ясон («морской транспорт»), Дедал (а не погибший Икар), перелетевший на крыльях из критского плена в Афины – «воздушный транспорт».

Итак, в ДЦ отношение целей низшего уровня к целям высшего – соподчинение. Одна из форм соподчинения – это определение конкретного вклада (весомости) цели нижнего уровня в достижение цели высшего. Цели же одного уровня дополняют друг друга.

Иногда вклад может быть и негативным, а цели превращаются в «антицели». Но принципы анализа системы с помощью ДЦ сохраняют свое значение.

Например, структурный анализ загрязнения окружающей среды от автомобильного транспорта, позволяет выявлять наиболее крупные источники, на которые необходимо прежде всего воздействовать. Так, суммарное загрязнение от движущихся в Москве автомобилях распределяется следующим образом:

- легковые автомобили – 65 %;
- грузовые автомобили – 23 %, в том числе бензиновые – 18 %, дизельные – 5 %.
- автобусы – 12 %, в том числе маршрутные – 9 %, прочие – 3%.

3. Цели более высокого уровня соединены с целями следующего (более низкого) уровня линиями, называемыми дугами (3, рис. 12). Дуги характеризуют отношение между целями разных уровней (рангов). Как правило, это отношение типа $\Pi^i > \Pi^{i+1}$, которое означает, что цель i -го ранга доминирует над целью следующего ранга $i+1$, включая ее в себя. Одним из видов отношений может быть значимость (вклад) подцели нижнего уровня $i+1$ в достижение цели верхнего уровня i .

При формировании структуры предприятия, фирмы такие цепочки позволяют четко определить:

- 1) подчиненность отдельных подразделений,
- 2) их обязанности по отношению к вышестоящим подразделениям и права – по отношению к нижестоящим,
- 3) траектории и время прохождения информации, решений, распоряжений,
- 4) слабые и тупиковые звенья,
- 5) эффективность работы подразделения и исполнителей и т. п.

Таким образом, определение взаимосвязей и весомости целей и подцелей является одной из важнейших задач любого управления, которую наиболее целесообразно решать построением дерева целей.

4.6. Дерево систем и его роль при управлении производством

После того, как установлены конкретно цели системы, необходимо определить наиболее эффективные способы достижения этих целей. При этом очевидно, и это неоднократно отмечалось, что цели, как правило, можно достигать несколькими способами или их комбинацией. Например, сократить число отказов автобусов на линии можно: обновив парк, приобретая более надежные автобусы, улучшив обслуживание и ремонт существующего парка, подняв за-

интересованность водителей и ремонтных рабочих в безотказной работе автобусов на линии и т. д.

Поэтому следует указать еще на одно важное условие управления: обязательность анализа и сравнения нескольких путей достижения поставленных целей, т. е. их *состязательность и альтернативность*. Отсюда следует еще одно правило разумного управления.

Правило. Целесообразна, а вернее, обязательна альтернативность при выборе решений, т. е. избыточность банка решений при выборе методов достижения поставленных целей.

При управлении и принятии решений важна альтернативность, так как:

1) при выборе альтернатив рассматриваются многие варианты достижения цели, т. е. вероятность пропуска хороших, но сразу не видимых решений, сокращается;

2) появляется состязательность вариантов;

3) при защите своих вариантов в ходе дискуссии их авторы выявляют слабые стороны и могут улучшать свое предложение, *совершенствуя* его;

4) руководитель, принимая окончательное решение, может взять лучшие блоки из разных альтернатив (морфологический метод).

Правило. Грамотный и умный руководитель должен не только позволять, но и стимулировать подчиненных к поиску и обоснованию различных альтернативных решений, применяя для этого определенные механизмы и процедуры (которые будут рассмотрены ниже).

Во всяком случае, начинать руководителю процесс выработки и принятия решений с изложения своих собственных взглядов и тем более декларировать сразу решение нельзя.

В Японии в системе управления предприятиями применяется метод «внесения предложений» (идей, проектов, нововведений) персоналом среднего и нижнего звена управления. Эти предложения *обязательно* рассматриваются и частично или полностью *учитываются* руководством при принятии решений. Такой подход консолидирует персонал при выработке и реализации решений.

Итак, для выявления всех возможных технологических способов достижения поставленной цели (целей) определяется ряд альтернатив или их комбинаций, которые находятся в определенных иерархических связях и по-разному могут влиять на достижение целей системы. Таким образом, способы достижения поставленных целей требуют такой же систематизации, как и сами цели и подцели.

Правило. Систематизацию и упорядочение выявленных способов достижения поставленных перед системой целей рекомендуется осуществлять построением дерева систем – ДС.

Если дерево целей определяет, что необходимо сделать, каких показателей эффективности достичь, то ДС – с помощью каких мероприятий этого можно добиться.

Поэтому в ДЦ вершины – это генеральная и частные цели или функции, а в ДС в вершинах указываются объекты или системы, которые реализуют эти функции (целереализующие системы). Иногда их называют факторами, а задача управления определяется следующим образом: выбрать из ДС ряд факторов (подсистем), влияя на которые можно наиболее эффективно добиться достижения поставленных целей. ДС может воспроизводить или не совпадать с ДЦ.

Дерево систем строится по тем же законам, как и дерево целей, т. е. определяется генеральная система C^0 , которая структурируется на подсистемы первого ($C_{01}^1, C_{02}^1, \dots, C_{0n}^1$), второго и последующих уровней.

Значение для управления построения ДЦ и ДС

1. Выявляются все факторы и подфакторы, влияющие на достижение поставленной цели.

2. Имеется возможность оценить, взвесить, уровень влияния, т. е. установить наиболее действующие подсистемы.

3. Исключается реализация целей низшего уровня за счет высшего, т. е. сохраняется иерархия целей и систем.

4. Выявляются факторы или подфакторы одного уровня, влияя на которые в рамках ограниченных ресурсов, можно наиболее эффективно достичь поставленной цели.

5. По мере декомпозиции (разложения целей и систем), увеличивается их адресность, т. е. возможность их делегирования конкретным подразделениям и службам АТП или фирмы. Это обеспечивает персонализацию ответственности за их реализацию и установление обоснованных показателей эффективности служб, цехов, участков, а при необходимости – и исполнителей.

6. Разложение целей и систем на частные позволяет более конкретно их проанализировать и сократить при принятии решений вероятность серьезных ошибок, свойственную глобальным решениям.

7. Методология построения и анализа ДЦ и ДС обычно используется при разработке сложных программ совершенствования больших систем.

4.7. Взаимодействие дерева целей и дерева систем.

Количественная оценка вклада конкретных подсистем в достижение цели системы

При принятии решений, их сравнении необходимо определить, как конкретное мероприятие ДС может повлиять на изменение целевого показателя, т. е. достижение поставленной перед системой цели $Ц^0$. Речь идет о вкладе этого мероприятия (подсистемы) в достижение цели. Например, как новое диагностическое оборудование повлияет на коэффициент технической готовности автомобилей и получаемую предприятием прибыль.

Рассмотрим этот пример на рис. 13, на котором показано взаимодействие двухуровневых дерева целей и дерева систем, где $Ц^0$ – цель высшего уровня; $Ц_{01-03}^1$ – цели первого уровня; $С^0$ – система высшего уровня; $С_{01-04}^1$ – системы первого уровня. А – дуги (r) ДЦ – вклад подцелей в генеральную цель $Ц^0$; Б – дуги (a) – вклад подсистем в подцели; В – дуги (p) – вклад подсистем в реализацию $Ц^0$ ($С^0$); а – вклад подсистем ДС в реализацию подцелей ДЦ; r – веса подцелей 1-го уровня или их вклад в достижение целей высшего уровня.

Необходимо оценивать вклад подсистем $С_{01}^1$, $С_{02}^1$, $С_{03}^1$ и $С_{04}^1$ в достижение генеральной цели дерева целей ($Ц^0$).

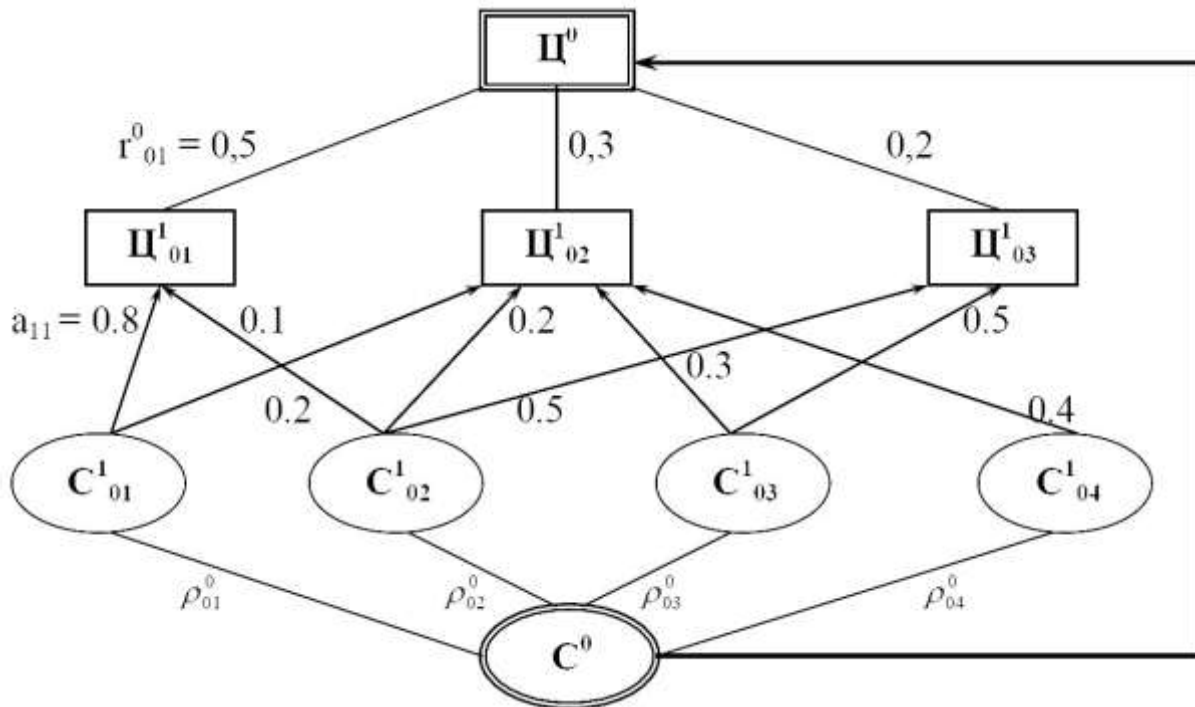


Рисунок 13 – Схема взаимодействия дерева целей (ДЦ) и дерева систем (ДС)

4.8. Классификация подсистем и факторов дерева систем

Для конкретного АТП или СТО из всего поля ДС, которое пригодно для любого предприятия или организации автомобильного транспорта, следует выбрать несколько. Число таких факторов можно предварительно наметить, руководствуясь следующим правилом управления.

Правило. В системах реально и эффективно управлять и отслеживать можно только за 7 ± 2 (число Мюллера) подсистемами или исполнителями.

Поэтому факторы и подфакторы необходимо до принятия решения описать, оценить и классифицировать по следующим главным признакам.

1. В процессе управления при выборе подсистем мы прежде всего оперируем понятием *уровня влияния данной подсистемы* (или веса) на достижение цели. Это первый важный классификационный признак.

Чем больше эти величины, тем предпочтительнее выбор соответствующей подсистемы.

2. По управляемости факторы подразделяются на *управляемые, частично управляемые и учитываемые* (неуправляемые) для данно-

го уровня управления. Например, дорожные и климатические условия необходимо учитывать при определении эффективности ТЭ, но они практически неуправляемые для конкретного АТП, работающего в соответствующем регионе. Система ТО и ремонта и ее основные нормативы разрабатываются на основе исследований и обобщения передового опыта и рекомендуются для предприятий и организаций автомобильного транспорта соответствующими организациями, независимо от формы собственности. Но обеспечение выполнения рекомендаций системы и корректирование ее нормативов является управляемым подфактором для АТП.

Ряд факторов может со временем изменять уровень управляемости. Так, ранее для уровня АТП возраст и состав парка определялись решениями вышестоящей организации, планами поставки и списания автомобилей. Однако использование автомобилей разного возраста на маршрутах разной сложности и тогда являлось компетенцией АТП. В рыночных условиях регулирование возраста и обновление парка является компетенцией предприятия и ограничивается его финансовыми возможностями.

3. Необходимо различать факторы *подвижные и консервативные*. Требуется значительное время для создания новой или реконструкции существующей производственной базы (3–5 лет), хотя ее влияние на эффективность технической эксплуатации значительно. К консервативным, хотя и важным факторам, следует отнести и исходный уровень новых и капитально отремонтированных автомобилей и агрегатов при отсутствии реальной конкуренции между производителями. Лишь через 3–5 лет накапливаются такие конструктивные изменения у производимых автомобилей, которые могут быть зафиксированы нормативами. В рыночных конкурентных условиях приобретение предприятием автомобилей различных технико-эксплуатационных уровней становится подвижным фактором, особенно при лизинге, и лимитируется только наличием средств у предприятия. Квалификация персонала, его заинтересованность в качестве выполняемых работ, совершенствование технологических процессов также являются подвижными факторами.

4. Факторы могут быть *ресурсоемкие и ресурсосберегающие*. Реконструкция и тем более строительство новой производственной базы, приобретение нового подвижного состава требуют значительных инвестиций, а реконструкция ПТБ – и времени. С другой стороны, введение рациональной системы материального поощрения,

основанной на строгом и оперативном учете количества и качества труда, как показывает практика, может дать быструю и значительную экономию ресурсов и повысить качество труда. Использование квалифицированной рабочей силы при одновременном создании условий для ее реализации также относится к ресурсосберегающему фактору.

5. Наконец, факторы подразделяются на создающие предпосылки для *экстенсивного и интенсивного* развития производства. Применение последних основано на использовании достижений научно-технического прогресса (НТП).

На основании изложенного можно сформулировать очередное практическое правило управления.

Правило. Проводя качественный анализ дерева систем на уровне конкретного предприятия, можно существенно сузить перечень подсистем, на которые следует воздействовать в процессе управления для достижения поставленных целей. К ним прежде всего относятся управляемые на данном уровне подвижные, ресурсосберегающие и обеспечивающие интенсивное развитие предприятия подсистемы и методы.

Используя предыдущее правило, следует стремиться, чтобы выбранных факторов подсистем было не более 7–10.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМ

5.1. Кибернетические принципы построения систем

Кибернетика (в переводе с греческого – искусство управления) – наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в различных организованных системах биологических, технических, экономических, социальных.

Использование кибернетического подхода к построению систем предполагает соблюдение следующих основных принципов.

Принцип оптимальности. Он заключается в выборе наилучшего варианта воздействия на управляемый объект путем сравнения вариантов решения задач управления по показателю качества или критерию оптимальности.

Различают *общие* критерии оптимальности для всей системы управления и *локальные* – для ее отдельных подсистем. При этом локальные критерии должны соответствовать общему критерию всей системы, в противном случае функционирование последней столкнется с противоречием в интересах отдельных подсистем.

Выработка оптимального решения осуществляется с помощью экономико-математических методов и вычислительной техники.

Принцип черного ящика. Под «черным ящиком» понимается система, в которой доступны наблюдению лишь входные и выходные величины, а внутренние связи неизвестны. О поведении системы судят по реакции выходных величин на изменение входных. Этот принцип лежит в основе построения упрощенных математических моделей, связывающих входные и выходные величины. Этот принцип особенно важен для изучения сложных экономических систем, внутренние процессы которых формализовать невозможно.

Принцип внешнего дополнения. Данный принцип предполагает рассмотрение любой системы не изолировано, а с учетом взаимосвязей с внешней средой. Например, система управления автотранспортным предприятием (АТП) анализируется с двух сторон: как относительно обособленная (сложная) система и как элемент системы управления отраслью.

Принцип моделирования, т. е. **отображения** с помощью моделей информационных процессов, протекающих в сложных динамических системах в виде математических моделей, графов, сетевых

графиков и т. п. Моделирование реализуется с помощью процедур на ЭВМ.

Принцип обратной связи, т. е. связи между выходом управляющей системы и ее входом, осуществляемой через управляемую систему. Обратная информационная связь является условием устойчивого функционирования системы, ее противодействия внешним возмущениям. Примером обратной связи может служить информация, поступающая на АТП о работе подвижного состава на линии при выполнении перевозок грузов или пассажиров.

Принцип необходимого и достаточного разнообразия системы (принцип Эшби). Согласно этому принципу сложность управляющей системы должна быть не меньше сложности управляемого объекта. Этот принцип реализуется при построении организационной структуры управления в соответствии с составом и сложностью функций управления.

Кибернетика дала принципиально новые методы научного анализа систем:

- системный анализ;
- математическое моделирование;
- мощное техническое средство ЭВМ.

5.2. Системный анализ и системный подход

Согласно общей теории систем основная задача ее концепции состоит в отыскании совокупности законов, объясняющих поведение, функционирование и динамическое развитие систем разных классов. Инструментарием общей теории систем являются: системные исследования, системный подход и системный анализ.

Системные исследования – это совокупность научно-технических проблем, которые сходны в понимании и рассмотрении исследуемых объектов с точки зрения систем, выступающих как единое целое.

Системный подход – комплексное изучение объекта исследования как единого целого с позиции системного анализа.

Системный анализ – методология исследования любых объектов посредством представления их в качестве систем и анализа этих систем.

Системный анализ является основой исследования динамических систем. Он базируется на комплексном (системном) подходе

к решению проблем, что в случае сложных систем большого масштаба является единственной гарантией принятия решения, близкого к оптимальному. *Сущность системного подхода состоит* в учете взаимосвязей между элементами системы, между системой и внешней средой, в учете развития системы в настоящем и перспектив развития в будущем.

При системном подходе решение частных проблем подчиняется решению проблем, общих для всей системы в целом.

Основными категориями (понятиями) системного анализа являются:

- цели функционирования системы;
- варианты способов достижения этих целей;
- средства, затрачиваемые на реализацию целей;
- математические и другие модели, т. е. система связей между целями, вариантами способов, средой и требованиями, предъявляемыми к ресурсам;
- критерии выбора вариантов, которым должно быть отдано предпочтение.

Суть системного анализа заключается в методологии, которую можно определить как методологию исследования ситуации, подготавливающую принятие сложного решения и основывающуюся на описании, чтоб ситуации в виде некоторой системы.

Центральным звеном системного анализа является понятие системы и ее структуры, о которых было сказано выше.

К важнейшим принципам системного анализа относятся:

1. Тщательное и всестороннее изучение задач (проблем) управления. Этот принцип вытекает из необходимости специализации функций в системе управления, при которой одна из подсистем (объект управления) должна лишь создать принципиальную возможность решения задач, а другая (аппарат управления) – обеспечить эффективность этого решения.

2. Четкое разграничение постановки задачи (проблемы) от методов ее решения. Задача (проблема) считается сформулированной корректно только тогда, когда изменение способа ее решения не требует пересмотра ее постановки.

3. Все альтернативные решения подвергаются тщательному анализу. Отбраковка (отбрасывание) тех или иных решений задачи

(проблемы) возможна только после анализа причин, по которым их не следует рассматривать.

В системном анализе используются различные критерии или, точнее говоря, показатели качества отдельных альтернатив решения проблемы. Однако любой показатель качества не может в полной мере характеризовать все многообразие отношений к рассматриваемой альтернативе. Поэтому возникает необходимость использования **векторного критерия качества**, содержащего как *различные оценки эффективности решения*, так и *оценки затрат на его достижения*. Использование векторных показателей качества повлекло за собой и определенные сдвиги в отношениях к проблеме поиска решения. В отличие от **принципа оптимальности**, требующего поиска *наилучшей альтернативы*, часто используется **принцип удовлетворения**, требующий лишь *поиска альтернативы, удовлетворяющей всем ограничениям на различные показатели качества*.

5.2.1. Познавательная и конструктивная составляющие системного подхода

В системном подходе обычно выделяют две стороны: познавательную и конструктивную.

Познавательный подход позволяет объяснить функции выполняемые системой, т. е. ее взаимодействие с внешней средой.

Функции системы обычно рассматриваются тогда, когда система изучается извне.

Работа и внутреннее устройство системы тесно связаны, поэтому с понятием функции также тесно связано другое понятие - структура.

Если понятие ФУНКЦИЯ вводится для объяснения поведения системы извне, то понятие СТРУКТУРА – для объяснения поведения системы изнутри, т. е. описания (определения) ее устройства.

Изучение функций или структуры системы приводит к двум подходам при познании системы:

- 1) функциональному;
- 2) структурному.

При одновременном анализе устройства системы и ее взаимодействия с внешней средой используются сразу оба вышеназванных подхода. Сочетание структурного и функционального подхода приводит к возникновению *структурно-функционального подхода*.

Таким образом, *познавательный подход* в описании систем применяется для изучения уже созданных систем. Прежде всего, естественных, возникших вне человека, и человек с использованием данного подхода объясняет окружающую действительность.

В технических системах, созданных искусственно, человеком, кроме познавательного важен *конструктивный подход*, т. е. такой подход, который бы ответил на вопрос как построить такую систему, чтобы она удовлетворяла поставленной цели и обеспечивала выполнение требуемых от нее функций.

При конструктивном подходе обычно известны *требуемые свойства системы*, т. е. функции, по которым необходимо получить (создать, сконструировать) структуру системы.

Очевидно, что использование познавательного и конструктивного подхода к изучению и построению систем является взаимодополняющим.

Познавательный – обучает проектировщика.

Конструктивный – позволяет ответить на вопрос: как задать цель, под которую нужно построить систему и как построить систему, которая реализует требуемую цель:

Для разработчика системы в основе ее создания лежит некоторая *цель*. *Цель возникает только тогда, когда ставится проблема*. Цель обуславливает критерий, который позволяет отобрать из окружающей среды элементы, которые входят в систему. Отсюда возникает несколько субъективный подход к понятию «система». В систему надо включать конечное число элементов, которые необходимы для решения поставленной проблемы т. е. *система – есть средство решения проблемы*. Таким образом, *конструктивное определение системы* будет следующим:

СИСТЕМА – есть конечное множество элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с конкретной целью в рамках требуемого интервала времени. Выделенная в конструктивном понимании система обладает свойственной только ей структурой. Схема образования структуры системы представляется в виде следующей последовательности (рис. 14):

1) возникает проблемная ситуация, по которой *формируется цель*.

2) по поставленной цели *определяются функции* системы (ФС).

3) по функциям строится *структура системы*. Структура системы (в философском понимании) может быть: *формальной и материальной*.

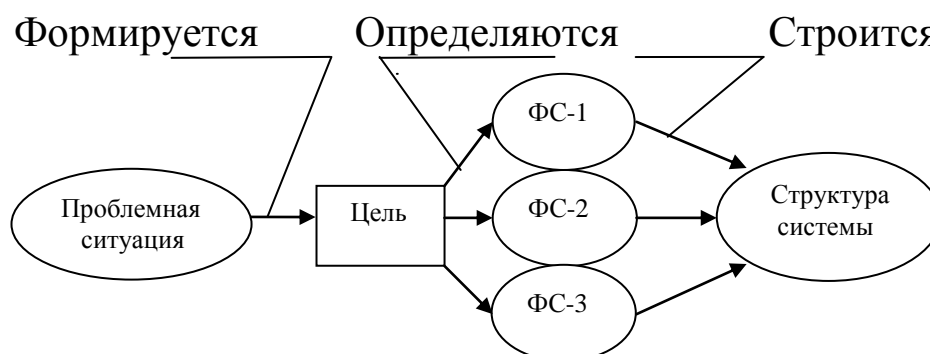


Рисунок 14 – Схема образования структуры системы

Под **формальной структурой** понимают *совокупность элементов и отношений между ними, необходимых и достаточных для достижения системой заданных целей*. Формальная структура существует независимо от нас, т. е. **формальная структура** является *идеальной*, и к ней должен стремиться исследователь.

Материальная структура – это реальное выполнение формальной структуры при ее реализации.

При создании технических систем различают два уровня: *логический* и *физический*.

Логический уровень – некоторый вариант формальной структуры системы.

Физический уровень – воплощение материальной структуры.

Считается, что одной и той же фиксированной цели системы соответствует одна формальная структура и множество материальных структур (рис. 15). Однако при проектировании технических систем инженер не ограничивается одной формальной структурой, а из предложенных множества структур по некоторым критериям качества выбирается одна наиболее целесообразная (рис. 16).

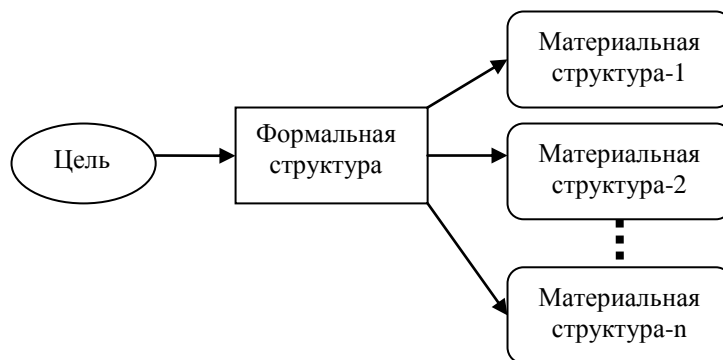


Рисунок 15 – Схема соответствия фиксированной цели формальной структуре

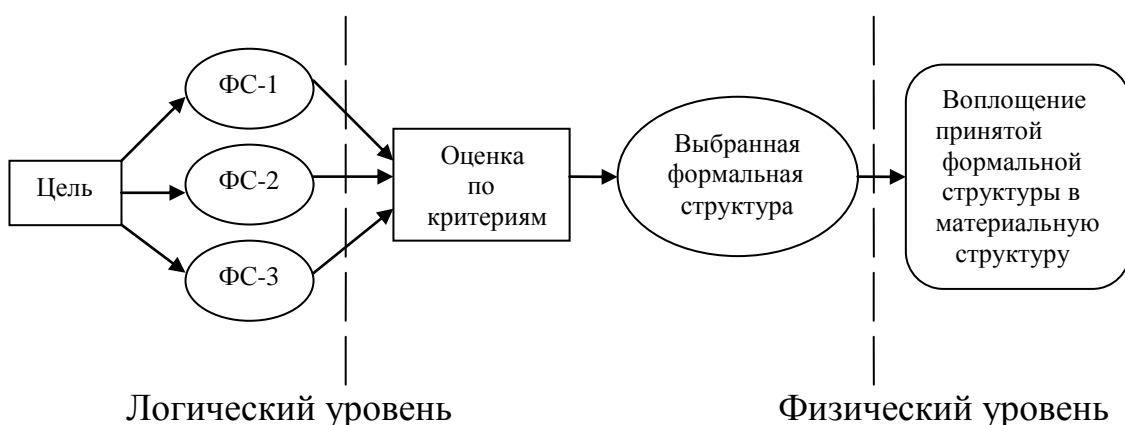


Рисунок 16 – Схема соответствия целесообразной цели формальной структуре

Выделенная в рамках заданной проблемы система взаимодействует с внешней средой. Эти взаимодействия сводятся к двум аспектам: *информационному* и *ресурсному*.

Чтобы система была создана – нужна цель (которая выражается в информации). Чтобы система была реализована, нужны ресурсы в виде вещества, энергии, людей, финансов и др.

Поэтому систему можно рассматривать как в *информационном*, так и в *материальном* аспектах. На входе системы задаются цель и ресурсы. На выходе из системы формируются информация о результате функционирования системы и некоторый результат в виде потери ресурсов (рис. 17).

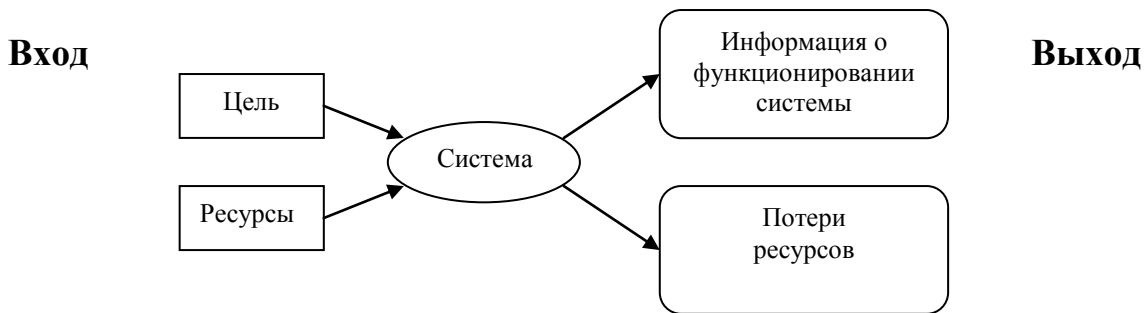


Рисунок 17 – Информационное и ресурсное взаимодействие системы и внешней среды

5.2.2. Технологии выполнения системного анализа

Под технологией системного анализа понимается последовательность основных действий, которые необходимо осуществлять при решении задач (проблем) управления. Основными, относительно самостоятельными этапами системного анализа являются:

- а) формулировка проблемы (постановка задачи, цели);
- б) анализ существующего положения (ситуации);
- в) разработка проекта системы или ее модели (структуризация системы);
- г) анализ предлагаемой системы (модели);
- д) подготовка разработанной системы (модели) к реализации;
- е) реализация системы (модели) и ее эксплуатация (проведение расчетов по модели);
- ж) оценка полученных результатов.

Формулировку проблемы можно рассматривать как предмет исследования, развивающийся в процессе системного анализа.

*Под **проблемой** понимаются отклонения действительного состояния системы (объекта управления) от желаемого состояния. С технологической точки зрения при анализе проблемы изучаются причины ее возникновения и*

возможные пути ее решения.

Первым шагом в исследовании системы является анализ складывающейся в ней ситуации. Под ситуацией понимается определенная совокупность состояния системы и внешней среды в один и тот же момент времени, характеризующуюся некоторым количеством связей и требующую осуществления определенных мероприятий.

Целью анализа существующего положения является определение недостатков системы, факторов и причин его возникновения.

При разработке проекта системы возможны две различные ситуации:

а) проектирование новой, еще не существующей системы;

б) разработка проекта улучшения деятельности существующей системы. Проектирование системы – это первый из этапов системного анализа, на котором операции аналитического характера (разложение целого на составные части) заменяются операциями; синтеза (соединение и обобщение отдельных частей системы)

Анализ предлагаемой системы заключается в нахождении ошибок и недостатков в ее проекте и устранении их.

На данном этапе анализируется возможность обеспечения требуемого поведения предлагаемой системы или ее модели.

Разработка системы (структуризация) является наиболее трудоемким этапом системного анализа. На этом этапе проводится определение границ системы и локализация ее внешней среды. Определяется набор элементов, связанных с поставленной на первом этапе задачей (целью). Структуризация самой системы заключается в разбиении ее на подсистемы в соответствии с поставленной задачей и определении связей, существующих между ними, а также связей между рассматриваемой системой и внешней средой.

Основной задачей этапа реализации является проверка эффективности решения системой поставленных перед ней задач и целей.

5.3. Моделирование систем

Одним из основных методов научного познания является эксперимент, а самой распространенной его разновидностью в настоящее время – метод моделирования систем.

5.3.1. Модели и моделирование

Под моделью понимается искусственная, созданная человеком система (объект) любой природы (умозрительная или материально реализованная), которая замещает или воспроизводит исследуемую систему (объект) так, что изучение ее природы способно давать новую информацию об этой системе (объекте). Модель должна частично или полностью воспроизводить структуру моделируемой системы и ее функции.

Под моделированием понимается процесс построения и исследования модели. Моделирование подразумевает наличие трех элементов:

- 1) субъекта, в качестве которого выступает человек;
- 2) объекта изучения (системы);
- 3) модели объекта (системы) как связующего звена между субъектом и объектом.

Процесс моделирования включает в себя следующие основные этапы

- 1) постановка проблемы (задачи), выработка цели исследования и исходных предпосылок;
- 2) переход от оригинала к модели, т. е. построение модели;
- 3) экспериментальное исследование модели;
- 4) перенесение результатов, полученных при исследовании модели, на моделируемую систему (оригинал).

Процесс моделирования обладает цикличностью, т. е. указанные этапы процесса, начиная с первого, могут быть неоднократно повторены. Каждый цикл расширяет и уточняет информацию об оригинале, приводит к постепенному совершенствованию модели.

Моделирование основано на переносе информации, полученной в результате построения и исследования модели, на моделируемую систему (оригинал). В связи с этим встает вопрос, на каком основании можно переносить данные, полученные в результате исследования модели на оригинал? Возможность переноса различных свойств модели на оригинал обоснована сходством (аналогией) оригинала и модели. Что же касается вида и полноты сходства оригинала и модели, то этот вопрос решается в зависимости от особенностей различных типов моделей.

Говоря о сходстве модели с оригиналом, нужно всегда помнить, что они не тождественны друг другу, т. е. между моделью и оригиналом наряду со сходством обязательно имеются более или менее существенные различия. Поэтому заключение о структуре или поведении оригинала, сделанные на основе изучения его модели, как и заключения по аналогии, носят не абсолютно достоверный, а более или менее приблизительный, гипотетический характер.

5.3.2. Классификация моделей

Все модели, используемые на практике, можно разделить на два больших класса: материальные и идеальные, которые в свою очередь могут быть статическими или динамическими, отражая соответственно состояние объекта в статике или динамике (рис. 18).

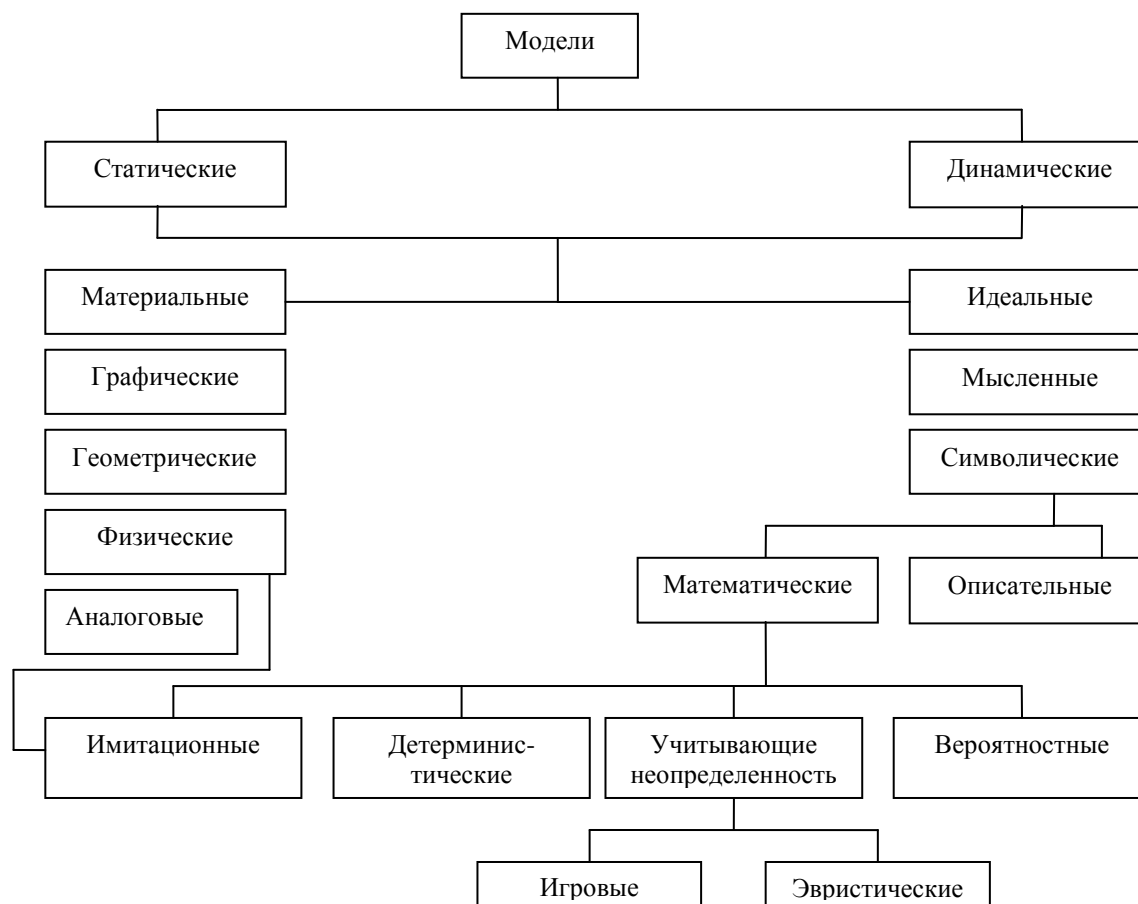


Рисунок 18 – Классификация моделей

Материальные модели, которые называют также вещественными, конкретными, представляют собой некоторые материальные объекты или совокупности объектов, отражающие в той или иной мере свойства объекта моделирования. В зависимости от полноты и способа отражения этих свойств различают четыре основных типа материальных моделей: графические, геометрические, физические, аналоговые.

Графические модели представляют собой изображение внешнего вида или внутреннего устройства объекта на чертеже, фотографии или рисунке – в статике, на кино- или магнитной ленте – в динамике. Происходящие в объекте процессы, их последователь-

ность, а также связи между элементами обычно изображаются в виде схем.

Геометрические модели представляют собой некоторый объект, структурно и геометрически подобный своему прототипу (оригиналу). Они дают внешнее представление об оригинале и служат в основном для демонстрационных целей. К этому виду моделей можно отнести выполненные в натуральную величину (или в другом масштабе) модели всевозможных машин, агрегатов или их деталей.

Физические модели имеют в технике большее значение, чем геометрические модели. Они отражают подобие между оригиналом и моделью не только с точки зрения их формы и геометрических соотношений, но и с позиций происходящих в них основных физических процессов.

При физическом моделировании модель и ее прототип всегда являются объектами, имеющими одинаковую физическую природу. Примерами использования методов физического моделирования могут служить определение аэродинамических свойств летательных аппаратов, автомобилей путем продувки их моделей в аэродинамической трубе; исследование на моделях особенностей работы атомных реакторов, радиопередающих антенн, линий электропередачи и многих других объектов.

Аналоговые модели (модели-аналоги) отражают физические процессы, протекающие в оригинале, с помощью некоторых других аналогичных процессов, описываются едиными математическими соотношениями с оригиналом, однако имеют другую физическую природу. Наиболее часто для изучения механических, гидродинамических, акустических и других явлений применяются электрические аналоговые модели, на которых легко воспроизводится динамика самых различных по природе процессов. Примером модели-аналога может служить логарифмическая линейка, отрезки на шкале которой являются аналогами чисел.

К идеальным моделям, которые называют также абстрактными, относятся модели двух типов: мысленные (умозрительные, интуитивные), существующие в мыслях, воображаемые человеком, и символические, представляющие собой воплощение мысленных моделей в виде системы различных символов и соотношений между ними, выражающие определенные зависимости, присущие оригина-

лу. К данному виду моделей относят описательные и математические модели.

Описательные модели представляют собой словесное описание исследуемого процесса или объекта в произвольной форме, в виде свободного рассказа. Описательные модели наиболее простые, но и наименее точные, дают приближенное представление об оригинале и используются на ранней стадии исследования или проектирования систем.

Важное место среди символических моделей занимают математические модели (уравнения, неравенства, функции, алгоритмы и т. д.), отражающие математические или логические зависимости.

Математическая модель представляет собой систему математических и логических соотношений, описывающих структуру и функции реальной системы. Математическая модель отличается по своей физической природе от оригинала. Исследование свойств оригинала с помощью математической модели значительно удобнее, дешевле и занимает меньше времени по сравнению с физическим моделированием. Многие математические модели являются универсальными, т. е. могут использоваться для исследования различных систем. Существенную роль в развитии математического моделирования сыграли современные ЭВМ, способные выполнять различные по сложности вычисления и логические операции с большой скоростью.

Математические модели разделяются на детерминистические, вероятностные и учитывающие неопределенности.

Детерминистическими или детерминированными (от латинского *determine* – определяю) называют модели, в которых все параметры и внешние переменные определены с вероятностью единицы. Эти модели лишь приближенно отражают действительность, так как любой реальный объект подвергается воздействию случайных факторов. Детерминированные модели используются в тех случаях, когда исследуемые процессы или объекты с достаточной точностью описываются средними значениями характеризующих параметров.

С помощью детерминированных моделей можно решать два основных вида задач: прямого счета и оптимизационные. У первых результат получают подстановкой исходных данных в некоторую формулу (систему уравнений.). К таким задачам можно отнести за-

дачи учета, расчета зарплаты и т. д. Отличительной особенностью оптимизационных задач является наличие условия нахождения оптимального решения (критерия оптимальности), которое записывается в виде некоторой функции.

В вероятностных моделях часть или все параметры и внешние переменные характеризуются соответствующим распределением вероятностей. Эти модели базируются на теории вероятностей.

Для определения исходных данных *моделей, учитывающих неопределенность*, законы теории вероятностей неприменимы. К такому виду моделей можно отнести игровые и эвристические модели.

Игровые модели используют для описания и исследования конфликтных ситуаций, которые возникают у двух и более участников, имеющих часто противоположные цели. Исследование и поиск оптимальных решений реализуются с помощью теории игр.

Эвристические модели (эвристика в переводе с греческого – нахожу, придумываю, открываю) – это совокупность неформальных методов решения задач, основанных на прошлом опыте, интуиции решающего. Эвристические модели не гарантируют получения наилучшего решения, поскольку они опираются не на доказательства, а на так называемые правдоподобные рассуждения.

За последние годы возникло новое направление в математическом моделировании – имитационное моделирование.

Имитационное моделирование – это метод исследования, заключающийся в имитации на ЭВМ (машинное имитирование) с помощью комплекса программ процесса функционирования системы или отдельных ее частей и элементов. Сущность метода имитационного моделирования заключается в разработке таких алгоритмов и программ, которые имитируют (подражают) поведение изучаемой системы, ее свойства и характеристики в необходимом для исследования системы составе, объеме и области изменения ее параметров.

Применение имитационного моделирования целесообразно в различных случаях. Например, если стандартная математическая модель системы слишком сложна и для нее не разработаны аналитические методы решения, но они настолько трудоемки в реализации, что имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи. Машинное имитирование – средство,

к которому прибегают в случаях, когда аналитические методы бессильны.

Имитационная модель воспроизводит сам процесс – оригинал функционирования во времени, причем имитируются элементарные явления, составляющие этот процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени. И если искать аналоги, то этот тип моделирования близок к натурному эксперименту. Однако при этом имитационная модель сохраняет все достоинства математических моделей: относительную дешевизну их создания и исследования, необходимость осмысленного алгоритмического описания правил действия и структур.

На автомобильном транспорте имитационные модели применяются для исследования организационной производственной структуры автотранспортных и авторемонтных предприятий, управления производством по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава, организации перевозок грузов и пассажиров; регулирования уличного движения; организации технической помощи автомобилям на линии; управления складскими запасами и др.

Главным свойством имитационного моделирования является возможность учета случайных факторов. Основным из преимуществ имитационных моделей по сравнению с аналитическими является возможность решения задач исключительной сложности. Это свойство позволяет рекомендовать их для преимущественного использования при изучении процессов перевозок автомобильным транспортом.

Метод имитационного моделирования удается реализовать только с помощью ЭВМ. Однако использование ЭВМ для целей имитационного моделирования требует умения разработки специального моделирующего алгоритма, который в определенной форме должен воспроизвести процессы, протекающие в сложной системе. Моделирующий алгоритм позволяет по исходным данным, содержащим сведения о начальном состоянии процесса (входной информации) и его параметрах, получить сведения о производственном процессе в произвольные моменты времени, т. е. предоставляется возможность делать как бы сечения потока информации, отражающего материальный процесс, в любой точке временной оси.

5.4. Информатика – теоретическая база создания систем

Термин «информатика» появился относительно недавно. Появление и широкое использование этого термина связаны с ошеломляющим прогрессом ряда научных направлений и их практических приложений, связанных прежде всего с компьютеризацией в различных социально-экономических сферах и с автоматизацией производства и управления.

Под информатикой понимают раздел знаний, связанных с процессом сбора, передачи, обработки и хранения информации с использованием современных аппаратно-программных средств вычислительной техники и техники связи. Информатика, как самостоятельная наука, прежде всего необходима при построении информационной модели объекта, так как она дает методологические основы построения модели. Развитие информатики привело к созданию новой информационной технологии, базирующейся на современных ЭВМ, интеллектуальных средствах доступа и других технических и программных средствах, что позволяет по-новому построить управление производством. С развитием ЭВМ информатика превращается в технологию различных способов переработки, передачи и использования информации.

Если кибернетика изучает общие законы движения информации в целенаправленных системах любой структуры и в основе кибернетики лежит моделирование, то информатика определяет информационное содержание моделей. Перспективы развития кибернетики связаны с передачей интеллектуальных функций техническим системам. Развитие информатики состоит в создании технологии использования интеллектуализированных машин и устройств, превращении «бумажной» домашней информатики в человеко-машинную.

Однако, несмотря на все преимущества математических методов, моделей и ЭВМ их не следует переоценивать. Математика сама по себе не может создать какую-либо теоретическую концепцию, она лишь ведет от предпосылок к выводам, а последние будут верны, если предпосылки правильны. Поэтому сами предпосылки должны существовать независимо от математики и вытекать из физической сущности изучаемых объектов и явлений.

6. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ КАК СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Рассматривая автомобильный транспорт как сложную систему, необходимо учитывать, с одной стороны, содержание объекта и происходящие в нем процессы и, с другой – экономические, организационные, научно-технические и другие внутренние и внешние факторы, оказывающие на него влияние.

Для достижения намеченных целей и определения эффективных методов деятельности отрасль должна располагать информацией об окружающей экономической обстановке и ее изменениях, а также информацией о структуре своей организации и ее функционировании.

Деятельность отрасли, ее реакция на изменения внешних и внутренних условий основываются на обработке, системном анализе и синтезе информации об изменениях внешней и внутренней среды.

Как объект управления автомобильный транспорт имеет ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при выработке управленческих решений. Особенности функционирования автомобильного транспорта определяются рядом факторов, которые можно разделить на две основные группы: внешние и внутренние.

Внешние факторы характеризуют состояние среды, в которой функционирует система автомобильного транспорта. К их числу относятся природно-климатические и экономико-географические условия. Данные факторы с трудом поддаются воздействию и в основном рассматриваются как заданные.

Природно-климатические условия являются объективными факторами, влияющими на организацию работы автомобильного транспорта, выбор типа подвижного состава, проведение технического обслуживания и ремонта, маршрутизацию, организацию труда и отдыха водителей и другого персонала АТП.

Экономико-географические условия влияют на расстояния и себестоимость перевозок, степень загрузки подвижного состава, следующего в прямом и обратном направлениях, характер перевозимых грузов, взаимодействие автомобильного и других видов транспорта, выбор подвижного состава и др.

Подвижной состав автомобильного транспорта обслуживает десятки тысяч предприятий и организаций, территориально разбросанных между собой. В осуществлении автомобильных перевозок задействовано значительное количество работающих. Для каждого водителя (или единицы подвижного состава) в течение рабочего дня меняются производственные ситуации, связанные с организацией перевозок грузов, времени их погрузки у грузоотправителей и разгрузки у грузополучателей. Кроме этого постоянно меняются условия движения (наличие осадков, распутицы, тумана, гололеда, пониженные или повышенные температуры окружающего воздуха, состояние дорог и др.).

Внутренние факторы в основном характеризуют особенности отдельных подсистем и элементов автомобильного транспорта. Они в большей степени поддаются видоизменениям и потому имеют большое значение при выработке способов активного воздействия на управляемый объект.

Для анализа внутренних факторов представим производственную систему автомобильного транспорта в виде четырех подсистем: подвижной состав и материально-техническая база; производственный коллектив; экономика и финансы, информационное обеспечение. Каждая из названных подсистем как объект управления имеет свои особенности, основные из которых будут рассмотрены ниже.

Подвижной состав и материально-техническая база. При управлении этой подсистемой необходимо учитывать характеристики подвижного состава, проходимость, маневренность, степень универсальности, зависимость от факторов внешней среды и т. д. Высокая проходимость позволяет автомобилям передвигаться практически во всех климатических зонах и по различным дорогам: в пустынях, горах, лесах и др. Это делает автомобиль незаменимым средством передвижения и доставки грузов при прокладке трубопроводов, железных и автомобильных дорог, строительстве разнообразных объектов, на сельскохозяйственных перевозках и т. д. В каждом из перечисленных выше применений автомобиля возникает определенная специфика в управлении перевозками.

Маневренность автомобиля способствует доставке грузов по принципу «от двери до двери». Этим обеспечивается малая доля перегрузочных операций по сравнению с перевозками другими видами транспорта. Универсальность позволяет перевозить на автомо-

биях любые грузы, в любом направлении и количествах. Качественные и количественные характеристики грузов, условия их перевозки и сохранности определяют требования к конструкции кузовов. Наличие автомобилей со специализированными кузовами создает дополнительные проблемы в управлении перевозками, так как возрастает число факторов, учитываемых при принятии управленческих решений.

Повышенная опасность автомобиля заключается в его воздействии на экологию окружающей среды (посредством ее загрязнения выбросами отработавших газов, повышением уровня шума и вибраций). Это приводит к большим социальным последствиям использования автомобилей, которые усугубляются еще и дорожно-транспортными происшествиями. Предупреждение и устранение этих нежелательных последствий требуют создания контрольных звеньев в аппарате управления (например, ГИБДД и др.).

Кроме перечисленных выше факторов следует особо отметить то обстоятельство, что эффективная работа автомобиля в большей степени зависит от обеспеченности автомобильными дорогами; наличия топливо-смазочных материалов и пунктов их заправки, запчастей и пунктов технического обслуживания (ТО) и ремонта. Все эти факторы необходимо учитывать при выборе рациональных маршрутов движения, организации ТО и ремонта.

Производственный коллектив. Управление производственными коллективами на автомобильном транспорте имеет свою специфику. Сюда относится высокая степень самостоятельности водителя, повышенная по сравнению с другими отраслями потребность в трудовых ресурсах, необходимость создания специальных условий для работы водителей на линии.

Высокая степень самостоятельности вызвана тем, что производственная деятельность основной категории работников – водителей – осуществляется вне территории АТП. При перевозках в течение рабочего дня происходит большое число непосредственных контактов работников автомобильного транспорта (водителей и инженерно-технических работников) с различными категориями работников обслуживаемых предприятий или пассажирами. Например, число таких контактов водителя грузового автомобиля составляет ежесуточно в среднем 25–30. Поэтому в управлении производственными коллективами автотранспортных предприятий особое

внимание необходимо уделять межличностным отношениям, учитывать социально-психологические закономерности, действующие в группах людей, и проводить организационные мероприятия, способствующие созданию в коллективе благоприятного морально-психологического климата.

Повышенная потребность в трудовых ресурсах связана с тем, что автомобильный транспорт обеспечивает больший объем перевозок, используя при этом транспортные средства меньшей грузоподъемности, чем другие виды транспорта.

Необходимость создания специальных условий для работы водителей на линии проявляется в требованиях к обустройству автомобильных дорог необходимыми сооружениями (кемпингами, мотелями, столовыми и кафе, пунктами медицинской помощи и т. д.).

Экономика и финансы. Особенности управления данной подсистемой являются сложность хозяйственного механизма, множественность факторов, специфика показателей и др. Подробно об этих особенностях будет изложено в соответствующих курсах, поэтому в настоящем пособии они рассматриваться не будут.

Информационное обеспечение. Управление информационной подсистемой на автомобильном транспорте также имеет ряд особенностей. При организации информационного обеспечения принимаемых решений необходимо учитывать растянутость и множественность коммуникаций, высокую оперативность обработки информации и ряд других факторов.

Растянутость коммуникаций связана с тем, что сфера деятельности автомобильного транспорта охватывает всю территорию нашей страны, территории ряда стран ближнего и дальнего зарубежья. Практически автомобили могут работать на очень большом удалении от своей основной базы. Отсутствие или же недостаточная связь с водителем, выполняющим перевозки, создают трудности в организации работы диспетчерской службы, обеспечении контроля за работой водителя на линии.

Множественность коммуникаций определяется большим количеством предприятий автомобильного транспорта. В услугах автомобильного транспорта нуждаются все, поэтому практически в каждом городе и районе приходится организовывать предприятия различного назначения. Чтобы повысить оперативность и качество

управления, необходимо создавать надежное техническое обеспечение АСУ.

Высокая оперативность обработки информации также является характерной особенностью автомобильного транспорта. Гибкость и оперативность в принятии решений требуют гибкости и оперативности информационного обеспечения.

Таким образом, система автотранспортного производства как объект управления характеризуется довольно сложной организационной структурой, специфические особенности которой необходимо учитывать при совершенствовании форм и методов управления, для достижения синхронности на всех стадиях транспортного процесса между автомобильным транспортом, с одной стороны, и грузоотправителями (грузополучателями) – с другой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии представлена и систематизирована самая актуальная на данный момент информация и последние тенденции в теории управления техническими системами.

Управленческая деятельность во все времена являлась сложной задачей для любого человека. Причем, чем система больше, тем сложность управления выше. Управление имеет информационный характер, а информация сегодня, во-первых, имеет очень большие объемы по всем вопросам, во-вторых, очень быстро устаревает и меняется. Таким образом, информация, которая была актуальна десять лет назад, на сегодняшний день во многом потеряла свою значимость. Поэтому авторы постарались дать не просто современную информацию по управлению, а методологию систем и управление ими, заложенную научно. Теория систем и кибернетика – это именно научная основа управления. Эти науки заложили классические принципы по управлению, которые с течением времени не теряют своей актуальности. Авторы постарались в максимально простой форме донести принципы теории систем и кибернетики до читателя. При этом методы и приемы управления были адаптированы именно к автомобильному транспорту с учетом его специфики и особенностей.

Изложенный в настоящем учебном пособии материал создает необходимую базу для расширения и углубления всех сведений, касающихся теории и практики процесса управления техническими системами. Кроме этого учебное пособие позволит развить у обучающихся способность к творческому, самостоятельному анализу учебной и нормативной литературы, выработать умение систематизировать материал, сформировать и укрепить навыки практического применения своих знаний.

Авторы надеются, что учебное пособие будет полезно будущим специалистам как в профессиональной деятельности, так и в бытовых вопросах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, В. В. Оптимальное управление движением [Электронный ресурс]. – Москва : Физматлит, 2005. – 375 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=82277
2. Балдин, К. В. Управленческие решения: учебник [Электронный ресурс]. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°» 2017. – 495 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=452520
3. Гитман, М. Б. Управление социально-техническими системами с учетом нечетких предпочтений [Текст] / М. Б. Гитман, В. Ю. Столбов, Р. Л. Гилязов; Перм. гос. техн. ун-т. – Москва : ЛЕНАНД, 2011. – 272 с.
4. Крайзмер Л. П. Информатика и вычислительная техника / Л. П. Крайзмер. – Ленинград : Лениздат, 1988. – 270 с.
5. Кузнецов, Е. С. Управление техническими системами [Текст] : учебное пособие по специальности 150200 «Автомобили и автомобильное хозяйство» / Е. С. Кузнецов; Моск. автомоб.-дорож. ин-т (гос. техн. ун-т). – Москва : МАДИ, 2001. – 250 с.
6. Мамиконов, А. Г. Проектирование АСУ : учебник для вузов / А. Г. Мамиконов. – Москва: Высш. шк., 1987. – 303 с.
7. Смоленцев, В. П. Управление системами и процессами [Текст] : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. П. Смоленцев, В. П. Мельников, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. П. Мельникова. – Москва : Академия, 2010. – 336 с.
8. Советов, Б. Я. АСУ. Введение в специальность / Б. Я. Советов. – Москва : Высш. шк. – 1989.–128с.
9. Управление машиностроительным предприятием /под ред. С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова. – Москва: Высш. шк., 1989. – 240 с.
10. Ханенко В.Н. Информационные системы / В. Н. Ханенко. – Ленинград : Машиностроение, 1988. – 127 с.
11. Хубка, В. Теория технических систем: пер. с нем / В. Хубка. – Москва : Мир, 1987. – 208 с.
12. Якубайтис, Э. А. Информатика-электроника-сета / Э. А. Якубайтис. – Москва : Финансы и статистика, 1989. – 200 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ.....	6
1.1. Понятие «система».....	6
1.2. Основные черты и свойства систем.....	18
1.3. Декомпозиция систем.....	23
1.4. Связи в системе и их классификация.....	24
1.5. Классификация систем.....	25
2. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ.....	28
2.1. История развития управления. Развитие управления в мире.....	28
2.2. Понятие об управлении.....	31
2.3. Структуризация методов исследования систем управления.....	32
2.4. Методы, основанные на использовании знаний и интуиции специалистов.....	35
2.5. Методы интеграции мнений специалистов.....	44
2.6. Управляющие и управляемые элементы системы.....	55
2.7. Жесткие и гибкие системы управления.....	56
2.8. Реактивность системы.....	57
2.9. Цели системы.....	58
3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	60
3.1. Информация и ее основные характеристики.....	60
3.2. Машины в управлении.....	60
3.3. Определение АСУ.....	64
3.4. Развитие управления в XX веке.....	69
3.5. Классификация АСУ.....	69
3.6. Состав и структура АСУ-автотранспорт.....	72
3.7. Особенности организационного управления.....	75
4. ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.....	77
4.1. Назначение, способ действия, структура и состояние технических систем.....	77
4.2. Организационная структура объекта управления.....	84
4.3. Уровни управления производством.....	88
4.4. Особенности автомобильного транспорта как объекта управления.....	88
4.5. Понятие дерева целей.....	89
4.6. Дерево систем и его роль при управлении производством....	92

4.7. Взаимодействие дерева целей и дерева систем. Количественная оценка вклада конкретных подсистем в достижение цели системы.....	95
4.8. Классификация подсистем и факторов дерева систем.....	96
5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМ.....	99
5.1. Кибернетические принципы построения систем.....	99
5.2. Системный анализ и системный подход.....	100
5.2.1. Познавательная и конструктивная составляющие системного подхода.....	102
5.2.2. Технологии выполнения системного анализа.....	106
5.3. Моделирование систем.....	107
5.3.1. Модели и моделирование.....	107
5.3.2. Классификация моделей.....	109
5.4. Информатика – теоретическая база создания систем.....	114
6. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ КАК СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ.....	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	121

Стенина Наталья Александровна
Цыганков Дмитрий Владимирович

**УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Учебное пособие

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 22.10.2018. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman
Уч.-изд. л. 7,7. Тираж 100 экз. Заказ.....
КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Издательский центр УИП КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а