

ЛЕКЦИЯ 1

КИБЕРНЕТИКА КАК НАУКА И ЕЕ СВЯЗЬ С ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТЕОРИЕЙ И ПРАКТИКОЙ

1. Предпосылки возникновения науки «кибернетика», история и этапы ее возникновения.
2. Кибернетика: объект, предмет, задачи, метод исследования.
3. Структура и состав кибернетики. Связь кибернетики с другими науками. Прикладные и функциональные области кибернетики.
4. Экономическая кибернетика: объект, предмет, решаемые задачи. Специфическая роль кибернетики в системе экономических наук.

1. Предпосылки возникновения науки «кибернетика», история и этапы ее возникновения

Возникновение любой науки предопределяется наличием объективных и субъективных предпосылок. Объективными условиями возникновения новой науки являются:

- наличие предмета исследования;
- необходимость исследования, возникшая в общественной практике;
- возможность науки осуществить такое исследование.

Предмет исследования кибернетики – процессы управления в живой и неживой природе – существовал задолго до возникновения науки: процессы управления людьми возникли одновременно с появлением общества, возникновение государства привело к становлению процессов государственного управления. В ходе своего развития наука способна продуцировать некоторые новые объекты исследования: так появились автоматы, управляющие системы и машины, автоматизированные системы управления. Таким образом, первое условие –

наличие предмета исследования характеризует необходимость объективного существования объекта исследования – систем и процессов управления различной природы, но еще не предопределяет конкретного момента появления новой науки. Второе условие – потребность в выполнении исследования – возникает в недрах общественной практики, когда проявляется острая необходимость в познании объективных законов управления, заполняющих пробелы в сложившейся системе уже известных законов природы, общества, мышления.

Необходимость исследования систем и процессов управления достаточно остро проявилась сразу в нескольких областях:

- возникла потребность исследования орудий труда с целью автоматизации управления ими;
- назрела необходимость в осуществлении оптимального синтеза человеко-машинных систем;
- появилось научное направление, изучающее структуры и функции биологических систем и имеющее целью как их копирование в технике, так и собственно управление ими;
- возникла необходимость исследования сложных социально-экономических систем: управления промышленностью, наукой, финансами, государством и др.

Однако направление и развитие кибернетики определялось не только ее необходимостью для общественной практики, но и закономерностями, внутренней логикой развития науки. Кибернетика возникла в результате одновременного действия тенденций к дифференциации и интеграции научных знаний при преобладании второй тенденции над первой. Дифференциация науки обусловлена тем, что постепенное накопление и непрерывное увеличение объемов информации в каждой из наук закономерно приводит к сужению предмета исследования. Это закономерный процесс эволюционного развития, в большей степени стихийный, нежели творческий. По мере развития различных наук и теорий в них все заметнее выделялись разделы, которые специально изучали системы и

процессы управления. С другой стороны, накопление знаний о сходстве исследуемых различными науками процессов, законов приводит к качественному скачку – широкому теоретическому обобщению, рассматривающему различные явления природы, общества, мышления с единых мировоззренческих позиций, с помощью единой терминологии и общих методов, - происходит процесс интеграции наук. Так основой возникновения кибернетики как науки стала идея Норберта Винера о сходстве процессов управления в живой и неживой природе, в живом организме и машине.

Творческий характер содержательных аналогий между различными по своей природе процессами и системами управления прослеживается в истории человеческой мысли задолго до Н. Винера. Еще до нашей эры появляются образные сравнения государственных правителей с кормчим на корабле. В поэме Платона «Горгий» впервые встречается и слово «кибернус» – оно означает искусство управления кораблем. В «Левиафане» Томаса Гоббса (XVII в.) государство сравнивается с живым человеческим организмом. Декарт и Ламетри проводят сравнение человека и машины. Франсуа Кенэ (1758 г.) строит модель экономики по аналогии с системой кровообращения. В 1834 г. знаменитый французский математик и физик Андре Мари Ампер в своей работе «Очерки по классификации наук» называет кибернетикой науку об управлении обществом. Однако появление кибернетики как самостоятельного научного направления, которое изучает общие закономерности строения сложных систем управления и протекания в них процессов управления, относят к 1948 г., когда американский ученый, профессор математики Массачусетского технологического института Норберт Винер (1894-1964 гг.) одновременно в США и Франции опубликовал книгу «Кибернетика или управление и связь в животном и машине». В этой книге Н. Винер обобщил закономерности, относящиеся к системам управления различной природы – биологическим и физическим. Вопросы управления в социальных системах были им рассмотрены в книге «Кибернетика и общество». Огромной заслугой Н. Винера явилось определение общности фунда-

ментальных принципов и законов управления в сложных системах самой различной природы.

Кибернетика как наука широких теоретических обобщений занимает определенное место в общей системе научных знаний, и четкое определение предмета ее исследования является важным методологическим вопросом. Как пишет академик А. Н. Колмогоров, «заслугой Н. Винера является установление того факта, что совокупность этих дисциплин: теория автоматов, теория алгоритмов, теория информации, – естественно объединяется в новую науку с достаточно определенным собственным предметом исследования».

Кибернетика как самостоятельная научная дисциплина оформилась в конце 40-х – начале 50-х гг. XX в. По сути, ей нет еще и 50-ти лет. И, все же, кибернетику можно назвать самой древней наукой. Еще трактаты Конфуция полны анализом самых разнообразных социальных и экономических ситуаций. Ветхий и Новый заветы – также полны описанием сугубо кибернетических задач. А, вообще-то, слово «кибернетика» встречается еще у Платона, и означает оно у него – искусство управления кораблем (конечно, с командой на борту), – у него есть даже использование этого слова в переносном смысле, как искусство управления людьми. Известный физик Анри Ампер в XIX столетии издал книгу, где слово «кибернетика» Можно сказать, что осознание того, что для анализа и управления обществом требуются весьма специфические методы, – такое осознание на уровне как отдельного человека, так и социальных структур, существовало всегда. По крайней мере – в рамках европейского пути развития общества.

Итак, возникновение кибернетики обычно связывают с Норбертом Винером и его одноименной книгой, изданной в 1948 г. одновременно в США и во Франции. В 1948 г. Норберт Винер опубликовал книгу «Кибернетика», где распространил описанный выше подход на исследование и описание биологических и социальных систем. В это время и сама его книга, и даже это слово в СССР были запрещены: способы описания живых и социальных систем диктовали

марксистско-ленинской философией. А поскольку сами философы были, как правило безграмотны в области математики, – вот они взяли и «запретили» это непонятное для них направление. Однако не следует забывать, что сам Винер неоднократно подчеркивал, что практически все те же самые результаты в области математического описания были получены Алексеем Колмогоровым, московским математиком. В СССР это направление называлось «автоматическим управлением», и основные математические результаты были получены зачастую даже раньше, чем за границей.

Почему же влияние советских ученых на развитие кибернетики не оказалось столь значительным?! Причина этого очевидна: закрытость советского общества, а также то обстоятельство, что практически все результаты были получены в рамках секретных, закрытых тем и научных разработок, – и поэтому они стали известны широким научным кругам со значительным опозданием. Наконец – большинство научных работ было написано по-русски, тогда как с середины XX века научным языком международного общения стал английский.

Кибернетика в бывшем СССР в начале 50-х годов была официально «под запретом», клеймилась «лженаукой» – и, вместе с тем, весьма бурно развивалась. Развивалась она в рамках технической кибернетики, – то есть как автоматизация управления техническими системами. Именно для этих целей в СССР, под Киевом, и была построена первая на Европейском континенте ЭЦВМ – электронная цифровая вычислительная машина!

А начиналось, как ни парадоксально все в том же, знаменитом для кибернетики, 1948 году. Именно тогда в Киеве, под руководством С.А. Лебедева, была построена знаменитая на весь мир МЭСМ – малая электронная счетная машина. А через несколько лет – была построена БЭСМ – большая электронная счетная машина, самая быстродействующая в Европе, с фантастическим на то время быстродействием – 8 тысяч операций в секунду.

Тогда же в Киеве, в начале 1960-х, были получены первоклассные результаты в области кибернетики, – и именно здесь, под руководством В. Глуш-

кова, выдающегося ученого-кибернетика, был создан Институт кибернетики. Отметим весьма важное обстоятельство, которое относится к организации научной и практической деятельности: научно-практические центры в то время создавали там, где были необходимые для этого выдающиеся исследователи.

В конце XX века кибернетика получила новое направление развития – перешла от технических систем к системам социальным и экономическим. В западных странах этот процесс стимулировался развитием изучения процессов самоорганизации и синергетики, и его источник лежал, собственно, вне кибернетики. Но в СССР моделирование социальных и экономических систем развивалось в рамках именно кибернетики. И сегодня кибернетика – это, прежде всего, кибернетика экономическая. Весь накопленный за 50 лет существования кибернетики понятийный, концептуальный и математический аппарат эффективно используется для описания, моделирования и прогноза социальных и экономических систем. Прежде всего, конечно с целью анализа ситуаций, событий, явлений и тенденций.

2. Кибернетика: объект, предмет, задачи, метод исследования

Кибернетика является самостоятельной наукой, законы ее специфичны, т.е. не являются предметом исследования никакой другой науки.

Объективной основой существования кибернетики как науки о законах управления в системах различной природы является материальное единство мира, проявляющееся в изоморфизме систем и процессов управления – сходстве формы при качественно различном содержании.

В качестве определения предмета кибернетики предлагается следующее: ***кибернетика*** – это наука о законах структурной организации и функционирования систем управления любой материальной природы и степени сложности, имеющая своей целью анализ, синтез и оптимизацию таких систем. Специфической целью кибернетики является ***гомеостазис***.

Существует несколько подходов к определению кибернетики как науки. Остановимся на нескольких из них.

Академик АН СССР А.И. Берг, 1961 год: «*Кибернетика* – это наука об управлении сложными динамическими системами. Термин «сложность» здесь применяется как философская категория. Динамические системы на производстве, в природе и в человеческом обществе – это системы, способные к развитию, к изменению своего состояния. Сложные динамические системы образуются множеством более простых или элементарных систем или элементов, взаимосвязанных и взаимодействующих. ...Целью советской кибернетики является разработка и реализация научных методов управления сложными процессами для повышения эффективности человеческого труда».

Академик АН СССР А.Н. Колмогоров, 1959 год: «*Кибернетика* занимается изучением систем любой природы, способных воспринимать, хранить и перерабатывать информацию и использовать ее для управления и регулирования. При этом кибернетика широко пользуется математическим методом и стремится к получению конкретных специальных результатов, позволяющих как анализировать такого рода системы (восстанавливать их устройство на основании опыта обращения с ними), так и синтезировать их (рассчитывать схемы систем, способных осуществлять заданные действия). Благодаря этому своему конкретному характеру кибернетика ни в какой мере не сводится к философскому обсуждению природы «целесообразности» в машинах и философскому анализу изучаемого ею круга явлений».

Сегодня дается, например, такое определение кибернетики: «*Кибернетика* изучает организацию систем в пространстве и времени, то есть то, каким образом связаны подсистемы в систему и как влияет изменение состояния одних подсистем на состояние других подсистем. Основной упор делается ...на организацию во времени, которая в случае, когда она целенаправленна, называется управлением». (Турчин В.Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. Изд. 2-е – М.: ЭТС, 2000. – 368 с.) Для описания процессов изменения со-

стояния системы используются такие термины, как «динамика системы» и «организация системы во времени», однако, по замечанию В.Ф. Турчина, более уместным здесь является именно «организация во времени». Это вызвано тем, что термины «динамическое» и «статическое» принято использовать по отношению к вариантам описания системы (ее моделям, учитывающим либо и пространство и время, либо только пространственную компоненту), будучи же примененным к системе слово «динамика» невольно вызывает представление об однородности устройства системы.

Можно в качестве «рабочего» определения принять такое: *«Кибернетика – это наука об управлении в системах разной природы и потоках связанной с управлением информации»*. Собственно, все данные выше определения и говорят именно об этом.

Управление – функция организованных систем различной природы (технических, биологических, социальных, экономической и т.п.), направленная на реализацию их целевых установок и поддержку внутренне присущей им структуры (целостности системы).

В рамках кибернетики обосновывается (и даже доказывается – для ряда частных случаев) следующее положение: *степень сложности системы управления должна соответствовать («быть равной» или же быть «более высокой») степени сложности объекта, которым управляет эта система*. Использование этого обстоятельства позволяет прогнозировать надежность и эффективность управления социальными и экономическими системами. *«Простые решения» - это часто миф, придуманный теми, кто не в состоянии управлять эффективно!*

Понятие *«система»* относится к одному из главнейших в кибернетике. Имеется много разных определений этого термина. Их выбор зависит от задач, которые предполагается решить. Поскольку нас интересуют кибернетические задачи – то есть задачи управления, то систему можно определить следующим образом. Термину *«система»* сопоставляется некоторый материальный объект,

состоящий из других объектов, называемых его подсистемами. По существу, когда речь идет о понятии «система», речь идет не только о реальных объектах, но и об отражении в сознании исследователя определенных фрагментов реального мира и условном разделении его на подсистемы в соответствии с задачами управления. Данное понятие адресовано, скорее, к интуиции исследователя, поскольку связано с понятием иерархии, обычно мыслимой в виде пирамиды.

Сложной системой называется система, для рассмотрения которой в контексте конкретной задачи необходимо использовать прием иерархического упорядочивания ее элементов в интересах снижения размерности решаемых задач.

Основным методом кибернетики является моделирование.

Моделирование – основной специфический метод кибернетики, применяемый для анализа и синтеза систем управления. Это особый познавательный прием, когда субъект вместо непосредственного исследования объекта познания выбирает или создает сходный с ним «вспомогательный объект – образ, или модель, исследует его, а полученные новые знания переносит на объект – оригинал. В силу активной роли субъекта сам процесс моделирования носит творческий, активный характер.

По способу своего осуществления моделирование можно разделить на:

- моделирование функции того или иного объекта, системы, явления, события, – с надеждой, что, тем самым, удастся адекватно описать будущее поведение самого исследуемого объекта. Например – моделирование ролевой функции «продавец» или «покупатель» при описании процесса покупки.
- моделирование собственно объекта исследования – с надеждой, что при этом удастся получить адекватное представление также и о его функции. Например, – моделирование принятия решения человеком с последующим применением полученных результатов при описании интерьера «процесс продажи» к каждой участвующей стороне.

При *моделировании функции объектов* исследователем не выдвигается в

качестве обязательного требования о том, чтобы наша модель «была похожей» на сам исследуемый объект. При таком подходе для нас вполне достаточно, когда модель позволит предсказать особенности выполнения интересующей нас функции только в этом интерьере социальной или экономической системы. В этом, собственно, и состоит причина, по которой разные объекты (процессы, явления, системы и т.п.) часто описываются одинаковыми моделями – включая сюда также и математические модели.

При *моделировании собственно исследуемого объекта* обязательным условием является достижение «похожести» модели на сам объект. Собственно, при этом получается модель, которая вполне может быть пригодной к большому количеству разных интерьеров, – тем самым, область применимости таких моделей является весьма широкой.

Какой способ моделирования выбрать в каждом конкретном случае – это определяется уже самим исследователем. При этом не последнюю роль играет знание исследователя, наличие у него опыта, уровень владения им специфического аппарата и методологии моделирования, – и, конечно, его владение математическим аппаратом.

Основными методами исследования в кибернетике являются *анализ и синтез*. По сути, это просто классическое деление этапов решения задач.

В классической логике *анализ* рассматривается как способ решения «снизу вверх»: от формулы к аксиомам, своего рода «разложить рассматриваемый объект на составляющие части». Можно сказать, что этот метод применяется для снижения сложности задачи, когда производится декомпозиция исследуемого объекта на составные части, и каждая часть исследуется уже по отдельности. Это позволяет повысить уровень детализации и достичь более высокого качества прогноза. Конечно, при этом начинают сказываться проблемы, связанные с функционированием объекта как целого, – однако это уже зависит от опыта и удачливости исследователя. *Синтез* рассматривается как способ решения задачи «сверху вниз»: от аксиом к выводимой формуле. На этом этапе «все склады-

вается вместе», в единый комплекс. Процессы анализа и синтеза – это своего рода процессы «взаимно-обратные», и поэтому часто на практике рассматриваются как естественные последовательные этапы в решении конкретной задачи. На этапе анализа происходит разложение исследуемого объекта на составные части, которые исследуются затем по отдельности. После этого производится складывание этих частей. На этом же этапе производится попытка описать (точнее – восстановить) те специфические особенности, которые определяют целостность, неразложимость исследуемого объекта.

В процессе моделирования используются различные общелогические и общенаучные методы, что позволяет отнести метод моделирования к классу синтетических общенаучных методов познания. Моделирование – не единственный метод кибернетики. Существуют методы исследования и оптимизации систем, не связанные с моделированием (натурные эксперименты, др.) Для анализа и синтеза систем управления используются различные экономико-математические методы и модели.

В связи с вышеизложенным, к *основным задачам кибернетики* можно отнести:

- установление общих фактов для управляемых систем и для некоторых их совокупностей;
- выявление ограничений, связанных с управляемыми системами и установлением их происхождения;
- нахождение общих законов, которым подчиняются управляемые системы;
- определение путей практического использования установленных фактов и найденных закономерностей.

Таким образом, *основной идеей кибернетики* является идея сходства структуры и функций систем управления различной природы. Кибернетика как наука об общих законах управления возникла потому, что в системах самой разной природы оказались изоморфными структура причинно-следственных связей, алгоритмы управления, правила преобразования информации и т.д. Поэто-

му одновременно с кибернетикой родилась гипотеза о возможности моделирования систем и процессов управления одной природы с помощью аналогичных систем и процессов другой природы.

3. Структура и состав кибернетики. Связь кибернетики с другими науками.

Прикладные и функциональные области кибернетики

Структура и состав кибернетики определяется (рис.1.1.) объективными особенностями исследуемых систем и процессов управления, характером целей и задач исследования и современным уровнем развития науки.

Состав кибернетики в целом определяется общими свойствами систем управления, а состав ее разделов зависит от специфических особенностей конкретных систем. Применимость аппарата, методов и средств кибернетики зависит от характера решаемой задачи, то есть – целей исследования. Как научное направление, кибернетика использует методологию теории систем, теории управления и теории информации, основывается на методологической базе теории автоматного регулирования, теории автоматов, теории алгоритмов, теории исследования операций, теории игр и т.д.

<i>Методология кибернетики</i>		<i>Методическая база кибернетики</i>		
Теория систем	КИБЕРНЕТИКА – наука об управлении сложными динамиче- скими системами. <i>Академик А. Берг</i>	Теория автоматического регулирования		
Теория моделей		Теория автоматов		
Теория управления		Теория алгоритмов		
Теория информации		Теория исследования операций		
		Теория множеств		
		Теория графов		
			
		Теория игр		
ПРИКЛАДНАЯ КИБЕРНЕТИКА				
Экономическая кибернетика	Биоки-бернетика	Медицинская кибернетика	Военная кибернетика

Рис.1.1. Комплекс теорий и дисциплин, входящих в кибернетику

По характеру взаимодействия с кибернетикой все науки условно могут быть подразделены на две группы:

- первую группу составляют науки, изучающие более общие формы связей и отношений, чем кибернетика. К таким наукам относятся, прежде всего, философия, математика и логика;
- вторую группу образуют науки, исследующие такие объекты, которые с точки зрения кибернетики являются частными видами систем управления: си-

стема управления производством, система кровообращения и др. Для этой группы наук кибернетика формирует общетеоретическую основу.

На сегодняшний день выделяют *общую* и *прикладные кибернетики*, которые отличаются одна от другой собственно конкретными объектами исследования со своими специфическими особенностями. В общую кибернетику включаются: теория информации, теория алгоритмов, теория игр, теория автоматов и техническая кибернетика. *Техническая кибернетика* – отрасль науки, изучающая системы управления. В ее заслуги входят разработка и создание автоматических и автоматизированных систем управления и автоматических устройств и комплексов для передачи, переработки информации. К *прикладным направлениям кибернетики* можно отнести: военную, медицинскую, биокибернетику, математическую, экономическую и т.д. Все они подразделяются по объекту управления.

4. Экономическая кибернетика: объект, предмет, решаемые задачи.

Специфическая роль кибернетики в системе экономических наук

При всей общности своих идей кибернетика – конкретная наука. Ее конкретность проявляется в том, что качественные черты, присущие сложным динамическим системам любой природы, определяют конкретные приложения кибернетики, в частности, в экономике (*экономическая кибернетика*).

Как самостоятельное научное направление экономики, *экономическая кибернетика* возникает в начале 60-х годов, что было предопределено серьезными системными исследованиями экономических процессов и явлений, достижениями в области экономико-математического моделирования, математических методов решения экономических задач на ПК.

Термин «экономическая кибернетика» появляется в работах английского ученого Ст. Бира, отечественного ученого-экономиста В.С. Немчинова, польских ученых – О. Ланге и Г. Грневского.

Экономическая кибернетика исследует экономику, ее структурные и функциональные звенья как сложные динамические системы, в которых протекают процессы управления, информационные по своему содержанию.

Объект экономической кибернетики – экономическая система (предприятие, отрасль, регион, страна, др.) - является общим с другими экономическими науками: политической экономией, экономикой промышленности, региональной экономикой и т.д.

Предмет исследования экономической кибернетики – процессы и закономерности структурной организации и функционирования экономики как системы управления, и, прежде всего, – информационные по всему содержанию механизмы управления экономическими процессами.

Экономическая кибернетика является весьма специфической дисциплиной в системе социальных и экономических наук. Прежде всего, она опирается на весьма мощный понятийный, терминологический и математический аппарат. От многих лет успешного существования технической кибернетики она унаследовала совокупность методологических приемов для описания реальности, характерных для естественнонаучных дисциплин. Здесь разработаны эффективные приемы анализа ситуаций и постановки задач, их решения и анализа результатов. Этим экономическая кибернетика выгодно отличается от многих социальных и экономических наук, где в качестве обязательного методологического элемента присутствует совокупность гипотез о свойствах либо человека, либо социально-экономических объектов. Поэтому она может использоваться для проверки и верификации ряда решений социальных и экономических задач, полученных в рамках других дисциплин социально-экономического профиля. В этих случаях экономическая кибернетика выступает в качестве своеобразного «интерфейса» между социально-экономическими науками и реальностью, помогая лицу, принимающему решения – менеджеру, управленцу – выбрать правильное решение. То решение, которое адекватно поставленной им задаче, то решение, выводы из которого могут быть проверены и которые описываются в

объективных, а не субъективных терминах. Экономическая кибернетика является весьма мощным средством, аппаратом, инструментом и технологией для анализа социальных и экономических объектов, процессов, явлений и систем. Она же – одновременно является также и мощным средством для разработки систем управления такими объектами, системами, процессами и явлениями. Наконец, экономическая кибернетика позволяет в результате моделирования разработать и апробировать объективные критерии эффективности управления социальными и экономическими системами.

Таким образом, экономическая кибернетика использует результаты экономической науки и формирует целостное представление об экономике как о сложной динамической системе, изучает взаимодействие ее производственной и организационно-хозяйственной структур в процессе управления ее функционированием и развитием.

ЛЕКЦИЯ 2

СИСТЕМЫ, ИХ КЛАССИФИКАЦИИ. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ: МОДЕЛИ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

1. Понятие системы. Основные подходы к определению систем. Основные определения, применяемые при исследовании систем.
2. Функции и цели системы как главные системообразующие факторы.
3. Уровни абстрактного описания систем.
4. Классификация систем.
5. Сложные системы и их свойства
6. Системный подход. Основные задания, принципы и этапы системного исследования.
7. Исследование сложных систем на основе системного подхода.
8. Формализация поведения систем.
9. Изоморфизм и гомоморфизм. Изоморфные и гомоморфные модели.
10. Моделирование сложных систем. Основные этапы моделирования. Классификация моделей. Моделирование методом «черного ящика».

1. Понятие системы. Основные подходы к определению систем. Основные определения, применяемые при исследовании систем.

Фундаментальным понятием кибернетики является понятие «*система*». Понятие «система» играет чрезвычайно важную роль в кибернетике. Эта роль настолько важна, что часто даже саму кибернетику отождествляют с системным анализом, подчеркивая тем самым то обстоятельство, что кибернетика занимается моделированием, а изучение объекта начинается всегда с рассмотрения его именно как системы.

Несмотря на интуитивное понимание и большую важность этого термина

для научных исследований, доныне не существует общепринятого его определения.

Анализ различных трактовок понятия «*система*» показывает, что можно выделить такие основные связанные с ним содержательные аспекты:

- самым распространенным, но и самым узким является «инженерное» понятие системы как взаимосвязанного набора элементов и способов их соединения, которые служат определенной цели;
- в «конструкторском» понимании «система» подается как проектирование и создание определенного комплекса методов и способов, которые исследователь или разработчик применяет для достижения определенной цели, для выполнения своего задания;
- в научно-исследовательской трактовке «система» представляется как общая методология исследования процессов и явлений, которые относятся к определенной отрасли человеческих знаний;
- в теоретико-познавательном аспекте «система» понимается как способ мышления.

В научной литературе есть много определений понятия «система», которые относятся как к общим, так и к конкретным системам разных видов.

В первых определениях в той или другой форме отмечалось, что система – это элементы и связи между ними. Так, первоначально «*систему*» определяли как комплекс элементов, находящихся во взаимодействии (австрийский биолог-теоретик Людвиг фон Бергаланфи, основоположник общей теории систем, 1950 г.), или как множество объектов вместе с отношениями между объектами и их атрибутами (А. Холл и Р.-Ф. Фейджин). Во всех определениях такого рода подчеркивалось, что система представляет собой целостный комплекс взаимосвязанных элементов и что она имеет определенную структуру и взаимодействует с внешней средой.

Позднее при определении этого термина стало появляться понятие цели. Так, в философском словаре система определяется как «совокупность элемен-

тов», которые относятся в отношениях и связях между собой определенным образом и создают определенное единство целей. В последнее время при определении системы рядом с элементами, связями и их свойствами и целью начали включать наблюдателя, хотя необходимость учета взаимодействия между исследователем и исследуемой системой указывал еще один из основоположников кибернетики У.Р. Эшби.

Заметим, что в разных определениях понятие «*система*» есть много общего и взаимно дополняемого, поэтому лучше использовать наиболее широкое из них:

- наличие объекта, который является множеством подобъектов (или наличие множества объектов, которые могут рассматриваться как один сложный объект);
- наличие субъекта исследования, который называется наблюдателем;
- наличие задания, которое определяет отношение наблюдателя к объекту и является критерием, по которому осуществляется отбор объектов и их свойств;
- наличие связи между объектом, наблюдателем и заданием, что выражается в наличие определенного языка описания.

Первые три условия создают единство, которое обеспечивается наличием языка, в котором проявляется их связь. Это схематически показано на рис. 2.1.

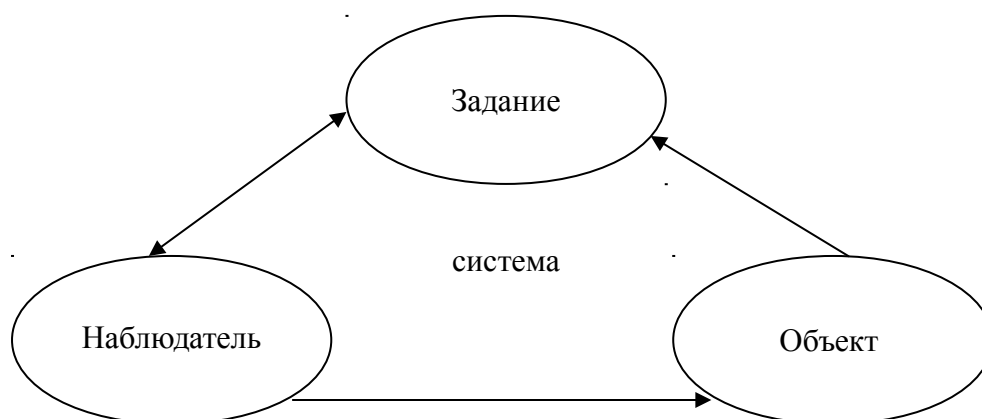


Рис.2.1. Условие существования системы

Тогда формально определение системы можно выразить символами:

$$S \rightarrow_1^n \Omega(e, r)^P$$

где: S – система;

n – наблюдатель;

I – язык описания;

P – задание;

e – множество подобъектов;

Γ – множество отношений между ними;

Ω – оператор отображения.

Таким способом, система S будет являться отображением свойств подобъектов e и их отношений Γ для n по P в I .

В *теоретико-познавательном аспекте* можно выделить три возможные аспекта рассмотрения систем. Каждый из этих подходов требует соответствующего специфического инструментария для решения трех разных видов заданий.

1. Система рассматривается как взаимосвязанный комплекс материальных объектов (такой подход удобен при исследовании природных объектов или процессов материального производства).
2. Система включает, с одной стороны, набор материальных объектов, а с другой – информацию об их состоянии (такой подход применяется при описании процессов управления материальным производством).
3. Система рассматривается чисто в информационном аспекте как комплекс отношений, связей, информации (такой подход принят в теоретических исследованиях, для описания социальных отношений и процессов управления).

Современное определение термина «*система*» связано с развитием общей теории систем и принятым уровнем абстрагирования при построении математической модели реальной системы. А поскольку математических моделей, применимых для описания реального объекта, может быть сколь угодно много, и все они определяются принятым уровнем абстрагирования, то нет и единой формулировки понятия «система», так как определение этого термина в зависимости от принятого исследователем уровня абстрагирования является различ-

ным.

Системы окружают нас повсюду: каждый предмет, явление, процесс – это системы. Например, системами являются живые организмы, технические устройства и т.д. Безусловно, системами являются фирмы, корпорации, организации, банки, отрасли экономики и вся экономика в целом.

Рассмотрим другие основные понятия, которые применяются при исследовании систем.

Компоненты системы – множество относительно однородных элементов, которые объединены общими функциями при обеспечении выполнения общих задач развития системы (для социальных и экономических систем – еще и целей такого развития).

Подсистемой называют совокупность элементов, которые объединены процессом функционирования и при взаимодействии реализуют определенную операцию, которая необходима для достижения поставленной перед системой в целом цели. Надсистемой называют более широкую систему, в которую входит исследуемая система как составная часть.

Элементом системы называют ее часть, которая выполняет специфическую функцию и является нераздельной с точки зрения задания, которое решается. Внутренняя структура элементов не является предметом системного анализа. Важны лишь свойства элемента, которые определяются его взаимодействием с другими элементами системы и оказывают влияние на поведение системы.

Следует заметить, что разделение системы на элементы и именно понятие элемента являются в определенной мере относительными и условными.

Между элементами произвольной системы и между разными системами существуют **связи**, с помощью которых они взаимодействуют между собой. Эти связи могут выражаться в обмене веществ, энергией или информацией между взаимодействующими системами или элементами. Система может иметь **внешние** и **внутренние связи**. Связи могут быть как **прямыми**, так и **обратными**.

Системы имеют совсем новые качества, которые отсутствуют у ее элементов. Эти качества появляются именно благодаря наличию связей между элементами. Именно с помощью связей осуществляется перенесение свойств каждого элемента к другим элементам.

Обратные связи являются сложной системой причинной зависимости и заключаются в том, что результат предыдущего действия влияет на следующий ход процесса в системе: причина подвергается влиянию обратного влияния следствия. Если обратная связь усиливает результат влияния следствия, то его называют позитивным, а если ослабляет – негативным. Негативные обратные связи содействуют сохранению стойкости системы. Только благодаря наличию обратных связей в системах могут происходить процессы целенаправленной деятельности и регулирования. Связи преобразуют систему из простого набора компонентов в единое целое и вместе с компонентами определяют состояние и структуру системы, безусловно, при определяющем влиянии функций.

Важными для описания систем является понятия **структуры** и **иерархии**.

Структура системы – это совокупность «ключевых» элементов, которые находятся между собой в «сильных» связях, по которым обеспечивается обмен энергией, массой и информацией между элементами системы, определяющий функционирование системы в целом и способы ее взаимодействия с внешней средой. Такие «структурозадающие» элементы являются своего рода «уникальными», выделенными, - но выделенными не по своей индивидуальной (например, для социальных или экономических систем – личностной) специфике, а по месту и роли их в функционировании системы.

Благодаря **иерархичности** структура сложных систем может быть представлена в виде структуры ее частей – от подсистем до элементов. Под **иерархией** системы понимают размещение ее подсистем или элементов по определенному порядку от высшего к низшему.

На базе одной и той же совокупности объектов можно построить много разных систем. Задавая разным образом «структурообразующие» признаки, эти

элементы будут группироваться по разному, между ними будут устанавливаться разные связи, - и, в результате, получим разные системы.

Таким образом, чтобы задать и изучить систему, необходимо описать (задать) следующие сведения:

- универсальные составные единицы – (функциональные) элементы системы;
- связи, которые существуют между этими элементами;
- особо выделить структуру системы (как совокупность «специфических мест», попадая в которые элементы приобретают «особый вес и значение», а также систему связей между такими «выделенными» местами)
- совокупность «пограничных» элементов (скорее даже – тех «мест», тех положений элементов в системе, нахождение в которых придает этим элементам способность «отграничивать» внутренность системы от окружающей среды.

2. Функции системы как главный системообразующий фактор

Главным системообразующим фактором является ***функции системы***. Существует несколько взглядов по поводу того, что является собой функция системы. Так, под функцией системы можно понимать преобразование ее входов и выходов. С другой точки зрения, функция системы может заключаться в сохранении ее существования, поддержке ее структуры и упорядоченности. Иногда функцию системы отождествляют с функционированием этой же системы, определяя ее как способ, средство или действие для достижения ***цели системы***.

Граница системы – это совокупность связанных между собой элементов, которые – взятые в своей совокупности – позволяют производить разделение на «внутреннюю» (например, функциональную среду системы) и «внешнюю» среды для рассматриваемой системы. Такие «пограничные» элементы – а, точнее, «места», которые они занимают, и происходит весь обмен массой, энергией и информацией между системой и ее окружением.

Последнее обстоятельство чрезвычайно важно при описании социальных

и экономических систем, и может быть использовано при математической формулировке ряда целевых функций.

Например, задача любой службы безопасности на фирме – это уменьшить общую границу фирмы, понимаемую, конечно, в смысле обмена информацией «с посторонними». Тогда как задача промышленного шпионажа – она-то как раз и состоит в том, чтобы увеличить эту границу, привлекая в нее все новые «места» и все новые элементы – то есть все новых сотрудников фирмы.

Следовательно, системы функционируют в определенной внешней среде. **Внешняя среда** – это все то, что находится вне системы, включая необходимые условия для существования и развития системы. Внешняя среда состоит из ряда природных, общественных, информационных, экономических, производственных и других факторов, которые влияют на систему и сами в определенной мере находятся под влиянием этой системы.

Взаимодействие системы с внешней средой свидетельствует, что среда предоставляет системе ресурсы, а получает от нее и потребляет продукты конечной деятельности системы (ПКД). ПКД не могут быть созданы в среде (по крайней мере, в достаточном количестве), поскольку из-за этих условий нет необходимости выделять систему из среды. Система необходима среде для удовлетворения некоторых своих потребностей в ее конечных продуктах. Поэтому можно сделать вывод, что к созданию новых систем побуждает наличие неудовлетворенных потребностей, или, иначе говоря, система создается для решения некоторой проблемной ситуации.

Взаимодействие между системой и внешней средой осуществляется с помощью **входов** и **выходов**. **Вход системы** – это действие на нее внешней среды. **Выход системы** – результат функционирования системы для достижения определенной цели или ее реакции на влияние внешней среды. Общее количество взаимодействий системы с окружающей средой очень большое, поэтому на практике ограничиваются анализом наиболее существенных связей, выбор которых определяется конкретными условиями управления тем или иным объектом.

Кроме *функции*, система может иметь *цель*. *Цель системы* – это желаемое состояние ее выходов. Системы, которые имеют цель, называют *целенаправленными*. Любые социально-экономические системы являются целенаправленными, поскольку их элементами являются люди. Следовательно, в общем виде систему (с контуром обратной связи) можно отобразить графически таким образом (рис. 2.2):

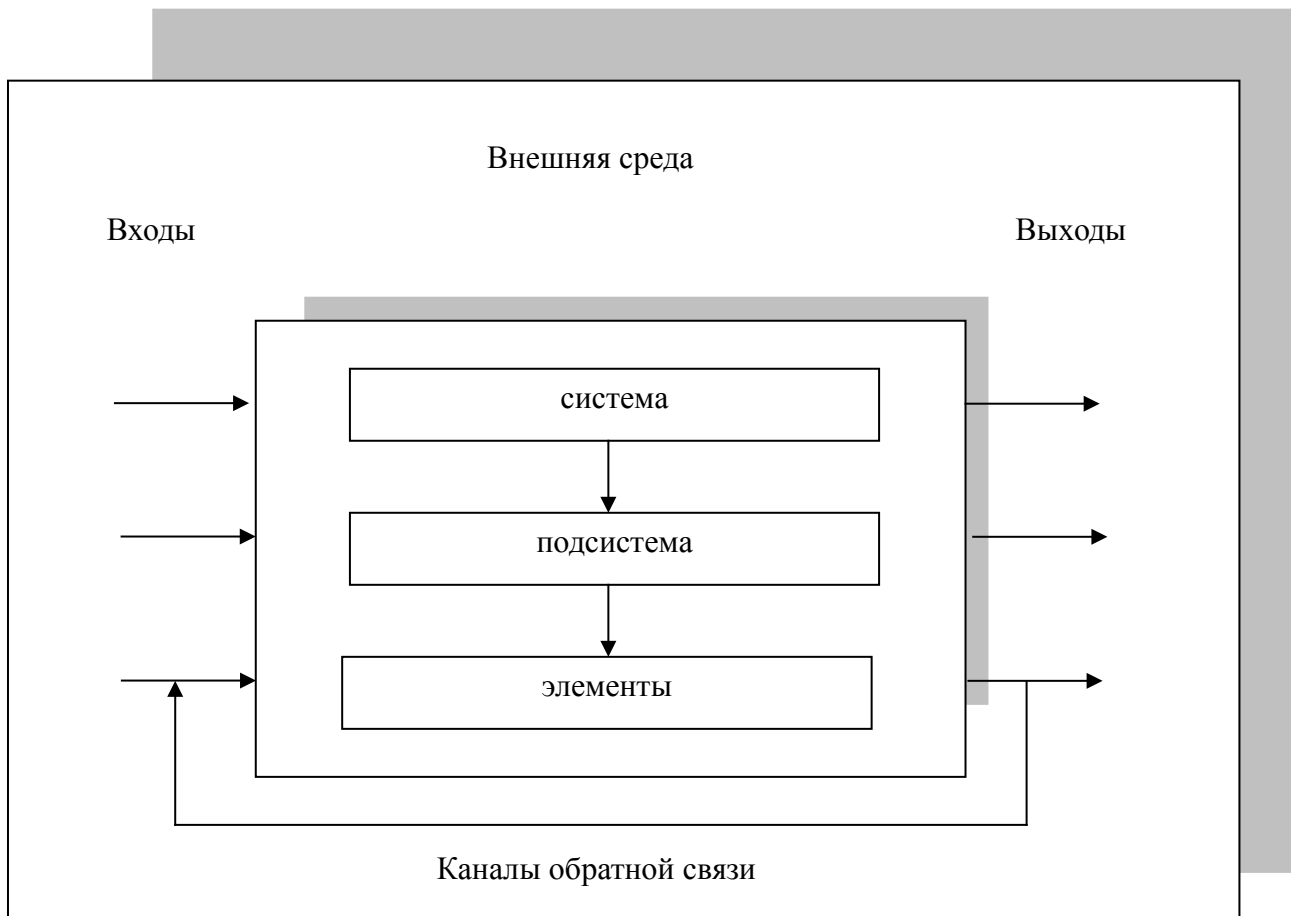


Рис. 2.2 Графическое изображение системы

Состояние системы характеризуется *количественными* и *качественными значениями внутренних параметров (переменных) системы* в данный момент. Функционирование системы или изменение состояний системы во времени называют *поведением* или *движением*. Следовательно, поведение системы – развернутая во времени последовательность реакций системы на внутренние изменения и внешнее влияние.

Равновесие – это способность системы сохранять свое состояние как можно дольше (как из-за отсутствия, так и вследствие наличия внешних возмущающих влияний).

Под **устойчивостью системы** понимают ее способность возвращаться в состояние равновесия после выведения ее из этого состояния влиянием внешних возмущений. Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют устойчивым состоянием системы.

Кибернетический подход – исследование системы на основе кибернетических принципов, в частности, с помощью выявления прямых и обратных связей рассмотрение элементов системы как некоторых «черных ящиков».

Таким образом, объективной основой формирования системы является проблемная ситуация, то есть такое неудовлетворительное состояние элементов внешней среды, которое среда собственными средствами (совокупностью систем внешней среды) на данном этапе не в состоянии нормализовать.

3. Уровни абстрактного описания систем

Наиболее применимыми в практике системного анализа являются следующие уровни абстрактного описания систем:

- символический, или лингвистический;
- теоретико-множественный;
- абстрактно-алгебраический;
- топологический;
- логико-математический;
- теоретико-информационный;
- динамический;
- эвристический.

Лингвистический уровень описания системы – наиболее общий уровень

абстрагирования. На лингвистическом уровне описания, по М. Месаровичу, системой называется множество правильных высказываний в некотором абстрактном языке, для которого определены грамматические правила построения высказываний. Все высказывания делятся на два класса: термы (объекты исследования) и функторы (отношения между термами). Для определения абстрактного языка вводится совокупность некоторых символов и задаются правила оперирования ими.

Теоретико-множественное определение системы: система есть собственное подмножество $X_s \subset X$, где X – прямое (декартово) произведение множеств X_i , $i = \overline{1, n}$:

$$X = X_1 \times X_2 \times X_3 \times \dots \times X_n$$

Декартовым произведением множеств называется множество конечных наборов элементов (x_1, x_1, \dots, x_n) , таких, что

$$x_1 \in X_1, x_2 \in X_2, \dots, x_n \in X_n.$$

Каждый элемент $x_i \in X_i$, в свою очередь, может быть множеством, что позволяет описывать иерархию достаточно сложных систем.

Примером реальной системы, исследованной на уровне теоретико-множественного подхода, является кибернетическая система управления предприятием, описанная Ст. Биром.

Абстрактно-алгебраическое определение понятия системы: системой S называется некоторое множество элементов $\{S_i\} \in S$, $i = \overline{1, n}$, на котором задано отношение R с фиксированными свойствами P . Следовательно, система определяется заданием $S = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n$ и семейством отношений $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$, например, бинарных, тернарных и т.д.

Важное значение в исследовании реальных систем имеет **динамическое определение сложной системы**. С позиций динамического подхода определение системы сводится к заданию восьмерки величин:

$$S = \{T, X, U, \Omega, Y, \Gamma, \eta, \Phi\},$$

где T – множество моментов времени;

X – множество допустимых входных воздействий, $X = \{x: T \rightarrow \Omega\}$;

Ω – множество мгновенных значений входных воздействий;

U – множество состояний, или внутренних характеристик системы;

Y – множество мгновенных значений выходных сигналов;

Γ – множество выходных величин, $\Gamma = \{y: T \rightarrow Y\}$;

η – выходное отображение, $\eta = T \times U \rightarrow Y$;

Φ – переходная функция состояния, $\Phi: T \times T \times U \times X \rightarrow U$.

Приведенное определение динамической системы является чрезвычайно общим. Такое определение имеет концептуальное значение, позволяет выработать общую терминологию, но не обеспечивает получения содержательных практических выводов, и поэтому требует дальнейшей конкретизации и введения дополнительных структур, что будет осуществлено ниже. Задачи, рассматриваемые в теории систем на основе приведенного определения, традиционны: это задачи устойчивости, управления, идентификации, оптимизации, эквивалентности, структуры, декомпозиции, синтеза и ряд других.

Для целей экономической кибернетики понятие динамической системы представляется особенно важным, поскольку экономические объекты относятся к классу динамических.

До сих пор предпосылкой описания сложной системы являлось представление о том, что взаимодействие системы с внешней средой осуществляется с помощью входов и выходов. Системы такого рода являются относительно обособленными. В реальной действительности абсолютно обособленных (замкнутых) систем не существует, хотя подобная абстракция иногда используется в целях исследования.

4. Классификация систем

Концептуализация систем в области их классификации определяется исследователем в ходе оценки закономерностей функционирования и поведения

объекта. Задать классификацию систем – это значит задать описание совокупности системообразующих признаков. Простейший способ это сделать – это задать общие различия по принадлежности исследуемого объекта к тому или иному более общему классу. Вид системы предопределяет выбор моделей, с помощью которых производится собственно их исследование.

Используя такой подход, можно выделить такие классы систем (рис. 2.3).

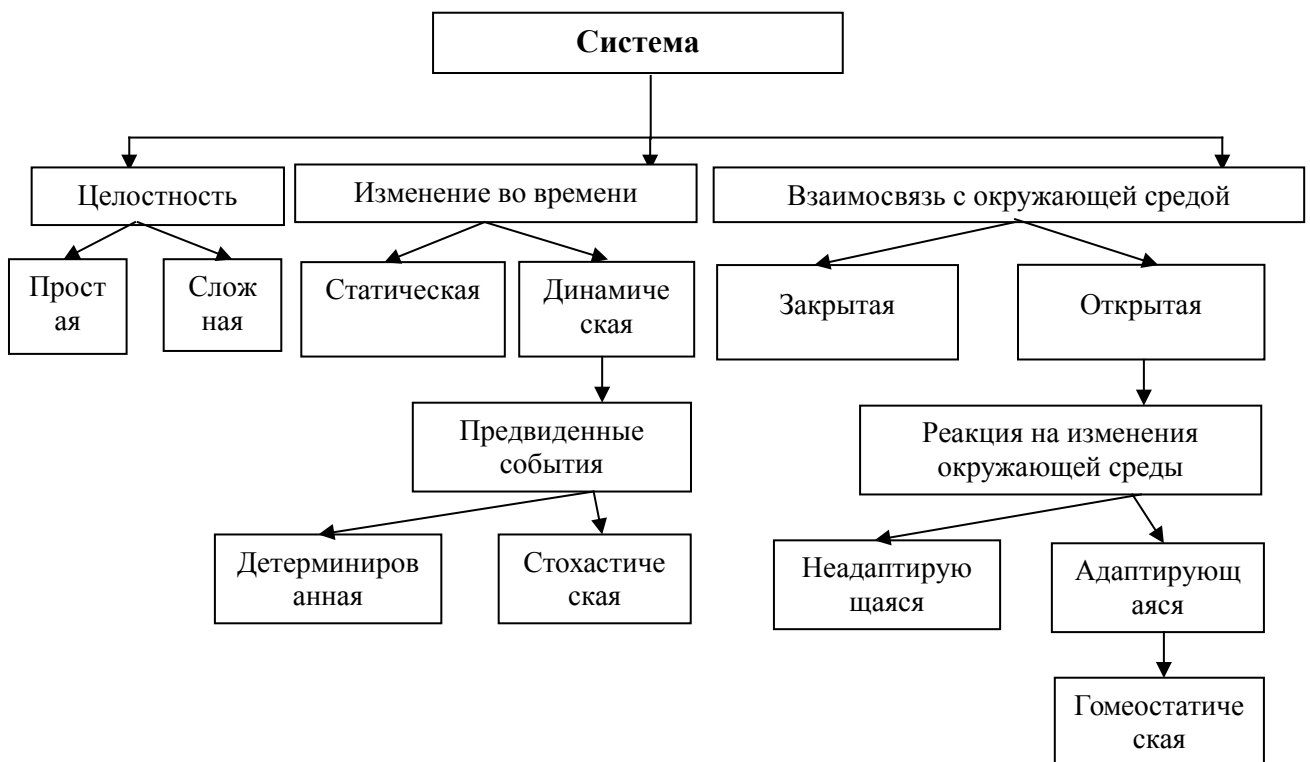


Рис. 2.3. Классификация систем

Основные классы систем:

- материальные и абстрактные;
- дискретные и непрерывные системы;
- статические и динамические;
- дискретные и непрерывные;
- детерминированные и стохастические;
- линейные и нелинейные;
- открытые и замкнутые;

– управляемые и неуправляемые.

Материальные системы – это системы материально мира, такие как физические, природные, биологические, экологические, технические, социальные или экономические. Они, в свою очередь, могут быть разделены на неорганические (физические, геологические, химические, технические, и т.п.) и на системы живые (биологические, экологические (уже своего рода – смешение, так как эти системы имеют как живую, так и неживую компоненты), а также большой класс систем, в которых присутствует человек – социальные, экономические, культурные, заканчивая ноосферой в целом).

Абстрактные системы – это такие системы, которые существуют только в результате мыслительной деятельности человека и возникли как следствие процесса описания реального мира. Сюда входят понятия – термины самого различного происхождения (научные, религиозные, и т.п.), гипотезы, теории, и даже научное знание как целое.

Статические системы – они могут быть охарактеризованы рядом параметров, которые сохраняют неизменность во времени. Если эти параметры являются важными характеристиками для описания системообразующих признаков – мы приходим к статической системе, которая характеризуется неким «состоянием». Наоборот, если системообразующие признаки выделяют в описываемом объекте изменчивые во времени параметры – то тогда говорим о том, задана **динамическая система**.

Один и тот же объект может быть описан и как динамическая, и как статическая система.

Закрытая система, часто называемая еще «**равновесной**», полагается не обменивающейся никакими потоками (энергии, вещества, ресурсов, финансов, информации и т.п.) со своим окружением. Конечно, это не более чем предположение. Однако это предположение сильно упрощает анализ. Для систем же **открытых**, часто называемые «**неравновесными**», обмен с окружающей средой представляется настолько важен, что именно он и определяет интересу-

ющее поведение исследуемого объекта.

В экономической кибернетике большое значение имеет исследование многоуровневых, или иерархических систем, а также адаптивных и самоорганизующихся систем.

Адаптивная система – система, которая может приспосабливаться к изменениям внутренних и внешних условий. Если воздействия внешней среды изменяются непредвиденным образом, то изменение характеристик управляемого объекта также происходит непредвиденным путем. Примечательно то обстоятельство, что понятие адаптации в теории управления тождественно соответствующему понятию в биологии, означающему приспособление организма к новой для него или изменяющейся среде. Разновидностями адаптивных систем являются *самонастраивающиеся, самообучающиеся, самоорганизующиеся, экстремальные*, а также *системы автоматического обучения*.

Одним из видов самонастраивающихся кибернетических систем является *гомеостат*. Первый гомеостат был создан английским ученым У.Р. Эшби. **Гомеостат** моделирует характерное свойство поведения живых организмов – гомеостазис, т.е. возможность поддержания некоторых величин, например, температуры тела, в физиологически допустимых границах путем реализации вероятностных процессов управления. В гомеостате управляемая переменная поддерживается на требуемом уровне механизмом саморегулирования. Примеров гомеостазиса в природе очень много. Например, это гомеостазис, управляющий численностью животных в природе: чем больше появляется зайцев, тем наблюдается большее количество рысей, которые поедают зайцев, ограничивая их рост, а следовательно, и рост численности самих рысей.

Важной классификационным признаком систем является их **сложность**. Но и до сих пор нет четкого критерия определения **сложности системы**. Поэтому различают **простые, сложные и очень сложные системы**. **Признаком простой системы** может быть сравнительно небольшой объем информации, необходимый для ее описания и управления. Под **очень сложными** пони-

мают системы, состояние которых невозможно достаточно исчерпывающе и точно описать. *Примеры очень сложных систем: человек, корпорация с численностью работников более 15 тысяч, экономическая система страны и т.д.*

Различают также **большие системы** – системы, моделирование которых усложнено вследствие их размерности, хотя часто в литературе понятия сложной и большой системы отождествляют.

Отдельно следует выделять **социально-экономические системы** – комплексные структуры, которые состоят из экономических, производственно-технических и социальных подсистем, которые выполняют разные цели (например, город, организация).

Важное значение в кибернетике при рассмотрении систем имеет понятие **управления**. **Управление системой** необходимо для обеспечения ее целенаправленного поведения при изменении условий внешней среды или условий ее функционирования. Управление достигается за счет соответствующей организации системы, под которой понимают ее структуру и способ функционирования. Системы с управлением называют **кибернетическими системами**.

Кибернетическая система – целенаправленная система, в отношении которой принято допущение об относительной изолированности в информационном отношении и абсолютной проницаемости в материально-энергетическом отношении.

5. Сложные системы и их свойства

При выделении системы, как правило, задается не одно, а множество отношений, или связей между элементами. Такая система характеризуется неоднородностью элементов и связей, структурным разнообразием, что свидетельствует о сложности системы.

Понятие сложной системы неоднозначно. Это собирательное название систем, состоящих из большого числа взаимосвязанных элементов. Часто

сложными называют системы, которые не поддаются корректному математическому описанию либо ввиду высокого уровня разнообразия, либо из-за неопознанных природы явлений, протекающих в системе.

Принципы выделения сложной системы:

- наличие управляющего центра;
- обладает общей целью;
- состоит из компонентов;
- система работает при взаимодействии с окружающей средой;
- система жизнеспособна при наличии достаточных ресурсов.

Следовательно, **сложная система** – комплекс подсистем, обладающих общими сложными свойствами.

Английский кибернетик Ст. Бир подразделяет все кибернетические системы на три группы – простые, сложные и очень сложные. Примеры систем, относящиеся к этим трем группам, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Классификация систем по Ст. Бире

Системы	Простые	Сложные	Очень сложные
Детерминированные	Оконная задвижка	Цифровая электронная вычислительная машина	–
	Проект механических мастерских	Автоматизация	–
Вероятностные	Подбрасывание монеты	Хранение запасов	Экономика
	Движение медузы	Условные рефлексy	Мозг
	Статистический контроль качества продукции	Прибыль промышленного предприятия	Фирма

Любая сложная система (техническая, биологическая, экономическая) работает в окружении среды, которая оказывает внешнее воздействие на систему с

параметрами возмущения, искажающими результаты управления (рис. 2.4).

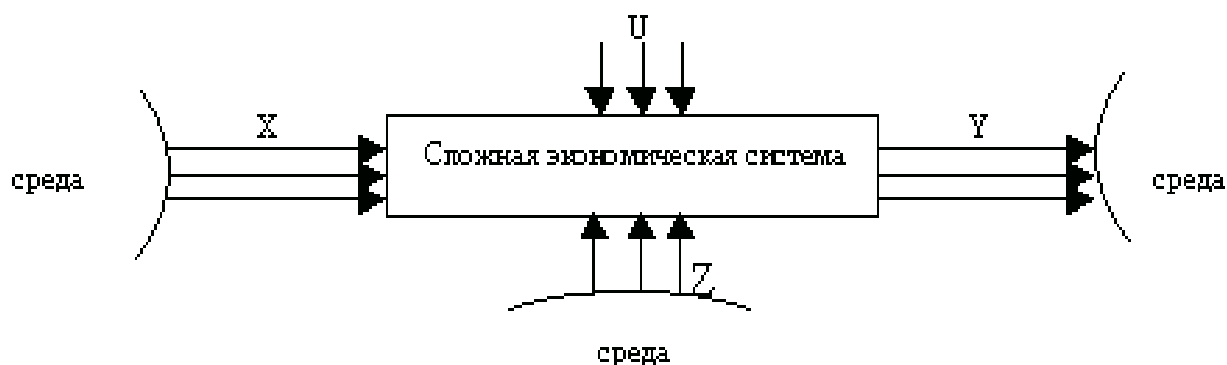


Рис. 2.4. Описание внешней среды сложной экономической системы

Параметры:

X – входные параметры, факторные признаки, экзогенные параметры;

Y – выходные параметры, результативные признаки, эндогенные параметры;

Z – параметры возмущения, случайные факторы, случайные составляющие;

U – параметры управления. Системы бывают открытые (взаимодействующие с внешней средой) и закрытые (не взаимодействующие с внешней средой).

Элемент системы при данном подходе – это тот объект, который не подлежит расчленению, и внутренняя структура которого не исследуется. Сложные системы, их структура и иерархия определяются целями исследования.

Подсистема – самостоятельно функционирующий объект, не подлежащий декомпозиции.

В связи с этим, **сложная система** – комплекс отдельных подсистем, функционирующих в тесном взаимодействии, решающих общую задачу.

Основные особенности сложных систем:

- наличие большого количества связанных между собой отдельных подсистем;
- наличие иерархической структуры управления, как по горизонтали, так и по вертикали;
- обязательность присутствия информационной сети;

– функционирование связано с воздействием случайных факторов.

Эффективность сложной системы определяется функционалом:

$$W = F_0 (f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_n))$$

Анализ разнообразных толкований термина «сложная система» свидетельствует, что можно выделить такие главные группы присущих системам свойств. Остановимся на важнейших из них.

Целостность и делимость. Система является, прежде всего, целостной совокупностью элементов. Это означает, что, с одной стороны, система – это целостное образование, а с другой – в ее составе четко могут быть выделены отдельные целостные объекты (элементы). Но не компоненты создают целое (систему), а наоборот, при делении целого выявляют компоненты системы. Первичность целого – главный постулат теории систем.

Неаддитивность системы (эмерджентность). Свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью. Функционирование системы не может быть сведено к функционированию отдельных ее компонентов. Совокупное функционирование взаимосвязанных элементов системы порождает качественно новые функциональные свойства системы. Отсюда следует важный вывод: система не сводится к простой совокупности элементов; разделяя систему на части, исследуя каждую из них отдельно, невозможно познать все свойства системы в целом. Это свойство еще называют системным, или интегративным. Эмерджентность является результатом возникновения между элементами системы так называемых синергетических связей, который обеспечивают общий эффект функционирования системы, больший, чем сумма эффектов элементов системы, действующих независимо.

Синергетика – (от греческого *synergeticos* – общий, согласованный, действующий), научное направление, которое изучает связи между элементами структуры (подсистемами), которые создаются в открытых системах (биологических, физико-химических, экономических и других) благодаря интенсивному (потокосому) обмену веществами и энергией с внешней средой из-за неравно-

весных условий. Теоретические основы синергетики – термодинамика неравновесных процессов, теория случайных процессов, теория нелинейных колебаний и волн.

В сложных системах наблюдается согласованное поведение подсистем, в результате чего возрастает *уровень ее упорядоченности* (явление самоорганизации), то есть уменьшается энтропия. Это, в частности, касается экономических систем. Результатом *самоорганизации* происхождения взаимодействия (например, кооперация) и, возможно, регенерация динамических объектов (подсистем), более сложных в информационном аспекте, чем элементы (объекты) среды, из каких они возникают. Направленность процессов самоорганизации обусловлена внутренними свойствами объектов (подсистем) в их индивидуальном и коллективном проявлении, а также влияниями со стороны среды, в которую «погружена» система. Но поведение элементов (подсистем) и системы в целом существенно характеризуется спонтанностью – акты поведения не являются строго детерминированными.

Иерархичность системы – это сложность структуры системы, которая характеризуется такими показателями: количеством уровней иерархии управления системой, разнообразием компонентов и связей, сложностью поведения и неаддитивностью свойств, сложностью описания и управления системой, количеством параметров и необходимым объемом информации для управления системой. Иерархичность системы также заключается в том, что систему можно рассматривать как элемент системы высшего порядка (надсистему), а ее элементы – как системы.

Взаимозависимость между системой и внешней средой. Система формирует и проявляет свои свойства при взаимодействии с внешней средой. Она развивается под влиянием внешней среды, но при этом пытается сберечь качественную определенность и свойства, которые обеспечивают относительную стойкость и адаптивность ее функционирования.

Уровень самостоятельности и открытости системы определяется та-

кими показателями: количеством связей системы с внешней средой в среднем на один ее элемент или другой параметр; интенсивностью обмена информацией или ресурсами между системой и внешней средой; степенью влияния других систем.

Целенаправленность системы определяет наличие у нее цели.

Надежность системы (например, организации) характеризуется, в частности: бесперебойностью функционирования системы при выходе из строя одного из компонентов; финансовой стойкостью и платежеспособностью организации; перспективностью внедрения экономической, технической, социальной политики.

Размерность системы – количество компонентов системы и связей между ними. Эти показатели характеризуют также сложность системы.

6. Системный подход. Основные задания, принципы и этапы системного исследования

Локальным решениям, полученным на основе охвата небольшого числа существенных факторов, кибернетика противопоставляет **системный подход**. Этот подход отличается от традиционного, предусматривающего расчленение изучаемого объекта на составные элементы и определение поведения сложного объекта как результата объединения свойств входящих в него систем.

Системный подход основывается на принципе целостности объекта исследования, т.е. исследование его свойств как единого целого, единой системы.

Системный подход для максимального использования качества целостности требует непрерывной интеграции представлений о системе с различных точек зрения, на каждом этапе ее исследования, а также – подчинения частных целей общей цели, стоящей перед всей системой.

Системный подход опирается на диалектический закон взаимозависимости и взаимообусловленности явлений в мире и обществе и требует

рассмотрения изучаемого явления или процесса не только как самостоятельной системы, но и как подсистемы некоторой суперсистемы более высокого уровня, требует прослеживания как можно большего числа связей, не только внутренних, но и внешних – с тем, чтобы не упустить действительно существенные связи и факторы и оценить их эффекты. Практически системный подход – это системный охват, системные представления, системная организация исследования.

Любой объект исследования, таким образом, может быть представлен как подсистема некоторой системы более высокого ранга, - и это приводит к *проблеме выделения системы*, установления ее границ, - и как система по отношению к некоторой совокупности подсистем более низкого ранга, которые, в свою очередь, образованы некоторыми элементами, дальнейшее дробление которых нецелесообразно с точки зрения конкретного исследования, - и это определяет необходимость постановки задачи выбора такого *первичного элемента*.

Выделение системы предполагает наличие ряда системообразующих признаков, которые определяются целями исследования и нолей исследователя, и в силу этого являются субъективными: объекта исследования; субъекта исследования; цели исследования. Не существует однозначного подхода к определению первичного элемента, выбор которого осуществляется субъективно, в соответствии с целями исследования.

Первичным элементом системы является элементарный объект, неделимый далее средствами данного метода декомпозиции в границах данного исследования; устойчивость которого выше, чем устойчивость системы в целом. Концепция первичного элемента системы позволяет производить структурный анализ системы, причем элементы выступают модулями структуры, *«черными ящиками»*, внутренняя структура которых не является предметом исследования. Взаимодействия элементов системы между собой и с внешней средой обеспечивается посредством системы связей, разнообразие которых так же велико, как и разнообразие свойств системы и среды. При этом в процессе анализа и

синтеза систем исследуются лишь существенные связи, а прочими пренебрегают, либо интерпретируют их как возмущения, или "шум".

В общем, *главное задание системных исследований* заключается в поиске простоты в сложном, а также эффективных методов и средств исследования и управления объектами. Детальнее, к основным заданиям, которые решаются с помощью системного анализа и теории систем, можно отнести такие:

- выявление и четкое формирование проблемы в условиях неопределенности;
- определение или выбор оптимальной структуры системы;
- выявление целей функционирования и развития систем;
- определение организации взаимодействия между подсистемами и элементами;
- учет влияния внешней среды;
- выбор оптимальных алгоритмов функционирования системы.

Принципы системного подхода – это положения общего характера, которые являются обобщением опыта исследования человеком сложных систем. Их часто считают ядром методологии. Известно около двух десятков таких принципов, но самыми важными базовыми принципами, на которые опирается общая теория систем и системный анализ, является принцип системности и принцип изоморфизма.

1. *Принцип системности* отображает всеобщность взгляда на объекты, явления и процессы мира как на системы со всеми свойственными им закономерностями. Этот принцип обуславливает необходимость общего рассмотрения системы как целого и как совокупности элементов, исследование любой части системы вместе с ее связями с другими частями и внешней средой. Этот принцип исходит из необходимости иерархичного, по крайней мере трех уровневое, исследования системы: необходимо исследовать именно систему, ее подсистемы и элементы, а также рассматривать систему как элемент системы высшего порядка.
2. *Принцип изоморфизма* исходит из однозначного (собственно изоморфизм)

или частичного (гомоморфизм) соответствия структуры одной системы структуре другой, что дает возможность моделировать одну систему с помощью другой, подобной в некотором отношении. Современные исследования как в общей теории систем, так и в тех отраслях знаний, которые, в основном, возникли на ее основе (синергетика, теория катастроф), свидетельствуют о наличии не только изоморфизма или строго соответствия структуры систем, а и общего в их развитии и функционировании.

Оба эти принципы подчеркивают наличие общих системных закономерностей, но они не исключают специфики построения, функционирования и движения систем разных типов. Общие закономерности и стремиться раскрыть общая теория систем, тогда как анализом общего и особого в конкретных системах занимаются другие отрасли науки.

Среди других важных принципов следует отметить такие:

1. Принцип иерархии: полезное введение иерархии элементов и (или) их ранжирование, полезное выделение модулей (подсистем) в системе и рассмотрение системы как совокупности подсистем.
2. Принцип функциональности: общее рассмотрение структуры и функции системы с приоритетом функций над структурой.
3. Принцип развития: учет динамичности системы, ее способности к развитию, расширение, накопление информации, учет неопределенности и случайности при функционировании системы.

Таким образом, *целью системного исследования* является отыскание принципов, общих для разных сложных объектов, на основе установления эмпирическими исследованиями их изоморфизма, функций и динамики.

Методики, реализующие принципы системного анализа в конкретных условиях, направлены на формализацию процесса исследования системы, процесса постановки и решения проблемы. Методика системного анализа разрабатывается и используется тогда, когда исследователю не хватает информации о системе, которая б дала возможность выбрать адекватный метод формального

представления системы (или решения проблемы). Общим для всех методик системного анализа является формирование вариантов представления системы (процесса решения задачи) и выбор лучшего варианта. На каждой стадии исследования, от интуитивной постановки проблемы до выбора оптимальных решений с помощью строгих математических методов, используются разнообразные научные методы и приемы, которые складываются из неодинакового количества этапов анализа, содержание которых зависит от сложности решаемых заданий.

В общем виде системное исследование проблемы состоит из таких этапов:

- формирование проблемы;
- выявление целей;
- формулировка критериев;
- определение имеющихся ресурсов для достижения целей;
- генерация альтернатив и сценариев.

Рассмотрим детальнее принципиальную последовательность этапов системного анализа (начиная с момента постановки проблемы) и методы исследования, которые чаще всего встречаются на практике (табл. 2.2):

Таблица 2.2

Основные этапы системного исследования

Название этапа	Содержание выполняемых работ
Анализ проблемы	Существует ли проблема? Точная формулировка проблемы. Анализ логической структуры проблемы. Развитие проблемы (в прошлом и в будущем). Внешние связи проблемы (с другими проблемами). Принципиальная возможность решения проблемы.
Определение системы	Формулировка заданий, исходя из проблемы. Определение позиций наблюдателя. Определение объекта исследования. Выделение элементов (определение границ деления системы). Определение внешней среды.
Анализ структуры системы	Определение уровней иерархии. Выделение подсистем. Определение функциональных и структурных связей.
Формулировка общей цели и критерия системы	Определение целей – требований над системы. Определение ограничений среды. Формулировка общей цели. Определение критериев. Декомпозиция критериев по подсистемам. Композиция общего критерия с критериями подсистем.

Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах	Формулировка целей высшего ранга. Формулировка целей подсистем. Выявление потребностей в ресурсах.
Выявление ресурсов, композиция целей	Оценивание существующей технологии и производственных мощностей. Оценивание настоящего состояния ресурсов. Оценка возможностей взаимодействия с другими системами. Оценивание социальных факторов. Композиция целей.
Прогноз и анализ будущих условий	Анализ стойких тенденций развития системы. Прогноз развития и изменения среды. Предусмотрение возникновения новых факторов, которые могут влиять на развитие системы. Анализ будущих возможностей и ресурсов.
Оценивание целей и средств	Вычисление оценок по критерию. Оценивание взаимозависимости целей. Оценивание относительной важности целей. Оценка дефицитности и стоимости ресурсов. Оценивание влияния внешних факторов. Вычисление комплексных расчетных оценок.
Выбор вариантов	Анализ целей на совместность. Проверка целей на полноту. Отсекание избыточных целей. Разработка вариантов достижения отдельных целей. Оценивание и сравнение вариантов. Синтез комплекса взаимозависимых вариантов.
Реализация вариантов	Моделирование экономического (технологического) процесса. Проектирование организационной структуры. Проектирование информационных механизмов. Выявление недостатков организации управления и производства. Выявление и анализ мероприятий по усовершенствованию организации.

7. Исследовании сложных систем на основе системного подхода

Любая кибернетическая система обладает всеми характерными признаками целостности. Универсальность симметрии, широко распространенной в природе и представляющей собой всеобщий закон природы, была выражена в принципе симметрии Пьером Кюри. Из принципа симметрии и полярности следуют важные заключения о свойствах структуры и процессов исследуемых кибернетической систем и моделей.

Целостность характеризуется рядом свойств и особенностей, ее многогранность выражается понятиями: дифференциация, интеграция, симметрия, полярность и др. Дифференциация отражает свойство расчлененности целого, проявление разнокачественности ее частей. Противоположное понятие – интеграция связано с объединением совокупности соподчиненных элементов в еди-

ное образование. Симметрия и асимметрия выражают степень соразмерности в пространственных и временных связях системы.

Системный подход, основанный на принципе целостности, в исследовании свойств объекта как единого целого, требует непрерывной интеграции представлений о системе на каждом этапе исследования – системного анализа, системного проектирования, системной оптимизации. Рассматриваемый подход проявляется в действии ряда общих принципов исследования:

- принцип максимума эффективности проектируемой и функционирующей системы;
- принцип субоптимизации – согласования локальных критериев между собой и с общим глобальным критерием функционирования системы;
- принцип декомпозиции, осуществляемый с учетом требования максимума эффективности. В результате декомпозиции может быть получена некоторая многоуровневая структура системы или процесса ее исследования.

Системный подход к исследованию объекта на определенном уровне абстракции позволяет решать вполне определенный, ограниченный круг задач, а для расширения (сужения) класса решаемых задач необходимо проводить исследование уже на другом уровне абстракции. Каждый из уровней представления системы располагает определенными возможностями и имеет свои ограничения. Системный подход сам системен. Для достижения максимальной полноты и глубины исследования необходимо исследовать систему на всех целесообразных для конкретного случая уровнях абстракции.

Использование системного подхода для целей исследования объекта носит дедуктивный характер. Выберем в качестве объекта исследования **функциональную систему S** .

Определение 2.1. Если S является функцией:

$$S: X \rightarrow Y \quad (2.3)$$

Где:

X – входной,

Y – выходной объект,

то соответствующая система называется *функциональной*.

Такая система иначе называется *системой «вход-выход»*. В кибернетической литературе ее называют *«черным ящиком»*. Этот термин предложил английский ученый-кибернетик У. Р. Эшби. В качестве «черного ящика» принимаются объекты исследования кибернетики, внутренняя структура (устройство) которых неизвестно или оно не является предметом изучения. Внешнему наблюдателю таких объектов доступны только воздействия на их входы и реакция на воздействия, проявляющаяся в изменении поведения объектов на выходе. Концепция «черного ящика» дает определенные возможности для объективного изучения систем, устройство которых либо недоступно исследователю, либо их поведение не зависит от структурных характеристик.

Наблюдая достаточно долго за поведением такой системы, можно достичь такого уровня знаний свойств системы, чтобы научиться предсказывать движение ее выходных координат при любом заданном изменении на входе. Очевидно, однако, что возможности исследования "черного ящика" достаточно ограничены. Заметим попутно, что в рамках данного подхода системы, характеризующиеся одинаковыми наборами входных и выходных величин и одинаково реагирующие на внешние возмущения, являются по определению изоморфными. Концепция «черного ящика» плодотворна на стадии исследования эмерджентных свойств, поскольку именно «черный ящик» олицетворяет систему как нечто целое, чье поведение необъяснимо со структурных позиций. Предсказание поведения целого, основанное на иной платформе (так называемый «белый ящик», «серый ящик»), часто не бывает исчерпывающим, так как сверх предсказанных свойств могут эмерджировать или внезапно проявляться новые свойства. Порождаемые свойства в полной мере присущи экономическим системам, что прибавляет трудностей их исследователям.

Аксиома 2.1. Любую систему преобразования входов в выходы можно представить как функциональную, и наоборот, просто опираясь на предположе-

ние о целесообразности ее функционирования.

Аксиома 2.2. Целесообразность существования функциональной системы S с точки зрения требований, предъявляемых к ней внешней средой, или супер-системой более высокого уровня, связана с выходными величинами Y , отражающими результаты функционирования системы S , или **функциональное назначение системы**.

Назовем представленный уровень исследования **системно-ориентированным**. В рамках данного подхода рассмотрим еще некоторые определения концептуального характера.

Определение 1.2. Функциональная система $S \subset X \times Y$ называется **управляемой** тогда и только тогда, когда:

$$(\forall y \in Y)(\exists x \in X)((x, y) \in S).$$

Определение 1.2 означает, что надлежащим выбором входного воздействия x можно добиться получения любого выходного сигнала $y \in Y$.

Определение 1.3. Функциональная система $S \subseteq X \times Y$ называется системой принятия решений, если имеется такое семейство задач $D(x)$, $x \in X$, решением которых является элемент множества Z , и такое отображение $R: Z \rightarrow Y$, что

$$(\forall x \in X)(\forall y \in Y)(\exists z \in Z)(D(x) = z)(R(z) = y) \Rightarrow ((x, y) \in S)$$

В терминах системно-ориентированного подхода могут быть осуществлены постановки задач управления, оптимизации, гомеостазиса и др.

Исчерпав возможности исследования функциональной системы S на данном уровне абстракции, переходят к рассмотрению системы с позиций **структурно-функционального подхода**, используя для этого следующее определение.

Определение 1.4. Функциональная система S с позиций структурно-функционального подхода задается пятеркой символов:

$$S = \{ X, Y, \Phi, G, R \},$$

где Φ – макрофункция системы,

G – структура системы,

R – отношение эмерджентности,

X, Y – множества входных и выходных объектов соответственно.

Макрофункция системы Φ является количественным выражением основной цели и зависит от управляющего воздействия $X_s \subset X$. Выбор макрофункции Φ обеспечивает достижение требуемого значения Y . Φ , таким образом, связана с решением глобальной задачи, стоящей перед системой.

$$\Phi: X_s \rightarrow Y, X_s \subset X, Y_0 \subset Y.$$

Соотношение между глобальной целью функционирования системы S и ее макрофункцией неоднозначен, обоснование выбора определенного вида производится экспериментатором в соответствии с некоторым эвристическим критерием u .

Пусть $\{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k\}$ – некоторый конечный набор функций, связанных с целью системы S .

$$\Phi = \text{extr}_{\psi} \{\Phi_i\}, i = \overline{1, k}.$$

Множество входных воздействий X разбивается на два подмножества – управляющих сигналов X_s и возмущающих – $(X - X_s) = \Omega$.

Тогда определение 1.4 можно пояснить следующим образом:

$$S = \langle X, Y, \Phi, G, R \rangle,$$

где $X = X_s \cup \Omega$,

$\Phi: X_s \rightarrow Y$,

$G = \langle \{S_i\}, \{S_i, S_j\} \rangle, i, j = \overline{1, n}$;

где $\{S_i\}$ – множество элементов системы,

$\{S_i, S_j\}, i \neq j$ – множество связей между ними, или, если заданы их количественные характеристики: ρ_i – количественные характеристики элементов, например: интенсивность, мощность, запас, др.;

$\rho_{(i,j)}$ – количественные характеристики связей, например: пропускная способность, ранг, др.

$$G = \langle \{S_i\}, \{\rho_i\}, \{S_i, S_j\}, \{\rho_{(i,j)}\} \rangle.$$

Отношение эмерджентности R задает соответствие между макрофункцией системы и реализующей ее структурой и изменяется всякий раз, когда это соответствие нарушается:

$$R : \Phi \rightarrow G .$$

Структурно-функциональный подход выводит на новый, более глубокий уровень исследования. При этом решаются некоторые проблемы методологического характера:

- выбор Φ на основе качественного критерия Ψ ;
- формирование множества управлений X_s ;
- выбор способа учета возмущающих воздействий Ω ;
- выбор первичного элемента системы $S_i \in S$;
- составление перечня подсистем и элементов на основе определенного метода структурной декомпозиции;
- определение системы существенных связей системы $\{(S_i, S_j)\}$;
- определение механизма реализации производственных целей:
- $\Phi \times X \times G \rightarrow Y$;
- определение механизма управления $X_s \rightarrow Y$.

Рассмотренное понятие является полезным при проведении анализа, синтеза или другого исследования.

Необходимость учета фактора времени при описании сложной системы, а также рассмотрения поведенческих аспектов в движении и развитии систем приводит к необходимости исследования динамической системы.

Определение 1.5. Динамической системой S называется сложное математическое понятие:

$$S = \langle T, \Phi, X, \Omega, U, Y, G, R \rangle ,$$

определяемое следующими аксиомами.

1. Заданы: множество моментов времени T , макрофункция системы Φ , множество входных воздействий X , множество возмущений Ω , множество со-

стояний U , множество значений выходных величин Y , структура системы G и отношение эмерджентности R .

2. Множество T есть некоторое упорядоченное подмножество множества вещественных чисел.

3. Макрофункция системы определяется с помощью двух функций:

$$S: X \rightarrow Y \text{ и } V: X \times Y \rightarrow C,$$

где S – функциональная модель объекта,

V – функция качества, или оценочная функция,

C – множество оценок.

Макрофункция системы определяется парой (S, V) .

4. Множество возмущений Ω или множество неопределенностей представляет собой множество всевозможных воздействий, которые сказываются на поведении системы. Если такое множество не пусто: Ω , функциональная модель объекта принимает вид $S: X \times \Omega \rightarrow Y$, а оценочная функция – $V: X \times \Omega \times Y \rightarrow C$.

5. Существует переходная функция состояния

$$\phi: T \times T \times U \times X \rightarrow U,$$

значениями которой служат состояния

$$u(t) = \phi(t, \tau, u, x) \in U,$$

в которых оказывается система в момент времени $t \in T$, если в начальный момент $\tau < t$ она находилась в состоянии $u(\tau) \in U$ и в течение отрезка $[\tau, t]$ на нее действовали входные воздействия $x \in X$.

6. Задано выходное отображение

$$\eta: T \times U \rightarrow Y,$$

определяющее выходные величины $y(t) = \eta(t, u(t))$.

Пару (τ, u) , где $\tau \in T$, $u \in U$ называют **событием системы S** , а множество $T \times U$ – **пространством состояний системы**.

Конечный набор состояний системы, задаваемый переходной функцией Φ и определенный на некотором временном отрезке $[t_1, t_2]$, $t_1, t_2 \in T$, называется **траекторией поведения** системы на интервале $[t_1, t_2]$.

Говоря о движении системы, мы будем иметь в виду траекторию поведения системы.

7. Структура системы G определяется в терминах теории графов: $G = \langle \{S_i\}, (S_i, S_j) \rangle$, $i, j = 1, n$; $i \neq j$, где S_i – вершины, (S_i, S_j) – дуги графа.

8. Отношение эмерджентности

$$R: \Phi \rightarrow G.$$

Данное понятие динамической системы позволяет выработать общую терминологию, уточнить концептуализацию и обеспечить единый подход в рассмотрении приложений, однако является недостаточно конкретным.

В рамках абстрактной теории систем последнее определение дополняется необходимыми доопределениями: конечномерности, линейности, стационарности и др. Однако теоретическое изложение этих вопросов в рамках данного учебника не производится: впредь по мере необходимости мы априорно будем задавать тип связей между исследуемыми величинами, или классами систем: линейная непрерывная система, конечный автомат и т.д. Задачи, рассматриваемые для динамической системы, традиционны: это вопросы устойчивости, идентификации, инвариантности, наблюдаемости, управляемости и оптимальности, реализуемости и др. Углубленное изучение теории вопроса позволяет грамотно и корректно ставить и решать задачи, связанные с управлением экономическими системами.

8. Формализация поведения систем

Если поведение системы рассматривать как цепь последовательных конечных изменений ее состояний, то переменные системы, изменяясь во времени, в каждый данный момент будут характеризоваться некоторыми значениями. Если одно определенное значение переменной u_1 в момент времени t_1 превращается в следующее значение u_2 в момент t_2 , то считается что произошел переход из (u_1, t_1) в (u_2, t_2) . Фактор, под действием которого происходит переход, называ-

ется оператором. Переменная, испытавшая воздействие оператора, называется операндом. Результат перехода – (u_2, t_2) называется образом. Если рассматривать некоторое множество всех переходов системы из состояния a в состояние b , состояния c в состояние d и т.д., то такое множество переходов для некоторого множества операндов называется *преобразованием*.

Преобразованиям можно дать математическое представление с помощью метода, предложенного У.Р. Эшби.

Речи некоторое множество состояний системы включает состояния a, b, c, d и на это множество операндов действует оператор P , то поведение системы можно описать следующим образом:

$$P \begin{array}{cccc} a & b & c & d \\ b & d & a & c \end{array}$$

В первой строке записи перечислены состояния системы, или операнды. Во второй строчке, под каждым операндом, находятся образы в которые система переходит из состояний, записанных в верхней строке, под действием оператора P . В этом преобразовании множество образов второй строки не содержит ни одного нового элемента Преобразование, которое не порождает новых элементов, называется замкнутым:

$$P \begin{array}{cccc} a & b & c & d \\ e & b & c & a \end{array}$$

В этом преобразовании множество образов содержит новый элемент e ; преобразование выходит за пределы системы, и поэтому называется незамкнутым.

Преобразование $P \begin{array}{cccc} a & b & c & d \\ b & a & d & c \end{array}$ является однозначным, взаимно однозначным, замкнутым.

Приведенное выше преобразование является неоднозначным.

Преобразование вида $P \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ a & b & c & d \end{pmatrix}$ является тождественным.

Можно использовать более компактные формы записи. Например, если операнды – суть положительные числа 1, 2, 3, 4, и действует оператор «прибавить к каждому числу 3», то преобразование можно записать:

$$P \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \end{pmatrix}$$

или в компактной форме:

$$n' \rightarrow n + 3 \quad (n = 1, 2, 3, 4).$$

Преобразование вида:

$$P \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ a & c & c & b \end{pmatrix}$$

Приведенный пример описывает изменение состояний системы с детерминированным действием, описанной однозначным преобразователем.

В матричной форме можно представить неоднозначное преобразование.

Дано преобразование:

$$P \cdot \begin{pmatrix} a & b & c \\ c+d & e+k+m & v \end{pmatrix} \text{ при вероятности } \begin{pmatrix} \frac{3}{4}, \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5} \end{pmatrix} \cdot (1).$$

Система событий может быть описана с привлечением аппарата символической логики. Логические функции отрицания, конъюнкции, дизъюнкции, импликации, эквиваленции (читаемой «тогда, и только тогда, когда», $x_1 \leftrightarrow x_2$) ши-

роко применяются в автоматических системах.

Переходным процессом называется процесс изменения во времени динамической системы, возникающий при переходе из одного установившегося режима работы в другой. В динамической системе он возникает под влиянием возмущающих воздействий, изменяющих ее состояние, структуру или параметры.

Важными характеристиками динамической системы являются **длительность** и **характер переходного процесса**.

В непрерывных системах, как правило, установившийся режим достигается за бесконечно большое время. В зависимости от характера в непрерывных системах различают **колебательный** и **монотонный переходный процесс**.

Для дискретных систем переходный процесс можно определить как последовательность состояний, вызванную внешним возмущающим воздействием, которую система проходит при постоянных условиях до возвращения в установившийся режим функционирования. Длительность переходного процесса определяется величиной этой последовательности и является конечной для дискретных систем. Детерминированная динамическая система ведет себя так же, как замкнутое однозначное преобразование. Однозначность преобразования определяется тем, что система не может сразу перейти в два других состояния.

Различают три типа, или режима поведения системы: **равновесный**, **переходный** и **периодический**.

Состояние равновесия системы может рассматриваться как некоторая тождественность происходящих в ней преобразований, определяющих одинаковое состояние системы на любом шаге ее развития. В равновесной системе каждая часть находится в состоянии равновесия в условиях, определяемых другими ее частями.

Состояние устойчивости не отождествимо с равновесием. Под **устойчивостью системы** понимается сохранение ею состояния независимо от внешних возмущений. Характеристика системы как устойчивой не всегда определяет положительную сторону с точки зрения управления: система не способна гибко

реагировать на управление.

Трактовка понятия устойчивости позволяет определить характеристику *инвариантности*. Инвариантность в последовательности состояний системы состоит в том, что, несмотря на изменения, претерпеваемые системой в целом, некоторые ее свойства остаются неизменными.

Таким образом, некоторые высказывания относительно системы, несмотря на ее непрерывное изменение, остаются истинными.

К понятиям равновесия и устойчивости примыкает понятие *цикла в преобразовании системы*.

Циклом называется такая последовательность состояний системы, при которой повторное изменение преобразований заставляет изображающую точку пробегать повторно эту последовательность. Это можно проиллюстрировать таким преобразованием:

$$P \begin{array}{cccccccc} a & b & c & d & e & f & g & h \\ c & h & b & h & a & c & c & g \end{array}$$

Начиная с a , получим последовательность:

$a \underbrace{c} \underbrace{b} \underbrace{h} \underbrace{g} \underbrace{c} \underbrace{b} \underbrace{h} \underbrace{g} \underbrace{c} \dots$ описывает цикл.

Если в системе преобразование имеет вид:

$$P \begin{array}{cccccc} a & b & d & e & g \\ c & b & e & e & f \end{array}$$

то в случаях состояний b и e система находилась в состоянии равновесия.

Если P имеет вид:

$$P \begin{array}{cccc} a & b & d & b \\ c & b & c & b \end{array}$$

период $d \rightarrow c$ является переходным периодом в режиме поведения системы.

Преобразование P вида

$$P \begin{array}{cccccc} a & b & d & b & f & b \\ c & b & c & b & c & b \end{array}$$

иллюстрирует случай периодического равновесного режима поведения

системы $b \rightarrow b$.

Использование комплекса идей, связанных с понятием устойчивости, равновесия в поведении систем, весьма полезно при изучении экономических систем, прежде всего, при анализе производственных систем.

Прежде всего, состояние системы изучается с позиций возможного его равновесия, т.е. изменяется ли оно, будучи подвергнутым каким-либо преобразованиям. Рассматривается, является ли это равновесие достаточно устойчивым, и если да, то каков режим поведения изучаемой системы.

Если дано такое состояние (или состояния) и конкретные возмущения, то анализируется, вернется ли система после смещения в свою исходную область. И если система непрерывна, то рассматривается, является ли она устойчивой против всех возмущений внутри определенной области значений. Настоящий метод рассмотрения состояния и поведения системы дает возможность решать вопросы анализа экономических систем и обеспечить предпосылки их функционирования в оптимальном с позиций некоторых требований режиме.

9. Изоморфизм и гомоморфизм. Изоморфные и гомоморфные модели

В кибернетическом моделировании доминирующую роль играет сходство поведения и/или структуры оригинала и модели, различие в содержании не играет определяющей роли, поскольку аналогичные зависимости между входами и выходами могут быть, по определению, реализованы объектами различной природы.

Модель – представление системы, объекта, понятия в некоторой форме, отличной от формы их реального существования.

Процесс познания человеком окружающего мира в значительной мере связан с созданием моделей, построенных по принципу аналогий с изучаемым объектами. Концепция модели использовалась людьми для выражения как реальных объектов (наскальная живопись, идолы), так и абстрактных понятий

(системы дифференциальных уравнений). Мир моделей беспредельно обширен и разнообразен. Многочисленны определения модели, используемые различными исследователями. Достаточно общим, но содержательным представляется следующее определение.

Под *отображением* ученый понимает процесс, который имеет место при попытках поставить в соответствие одной картине другую, одному элементу – другой. Если ничему ставится в соответствие что-то, то отображения нет. В то же время, если отображение достаточно совершенно, то получаемую умозрительную модель считают изоморфной по отношению к окружающей действительности. (Слово «изоморфный» взято из греческого языка и означает «одинаковый по форме»).

Изоморфная модель может быть отображена в любом предмете, если между моделью и предметом наблюдается полное поэлементное соответствие. Мы уже предположили возможность игр с неполной информацией и несовершенного отображения. В действительности получается, что полные комплексы предметов и событий запечатлется в модели, как одиночные сущности вместо сложного комплекса. Поэтому организатор может размышлять о части крупного предприятия (которое в действительности состоит из большого количества участков, причем, руководство каждым из них в отдельности может осуществляться неправильно и может быть осложнено), как о заводе А. Для того чтобы прийти к такому упрощенному пониманию, организатор пользуется некоторыми количественными оценками, такими, например, как средний выход продукции. Он стремится не обращать внимания на отклонения от среднего выпуска продукции и на виды выпускаемых изделий. Конечно же, упрощения подобного рода, которые делает организатор, зависят от его роли в управлении.

Разновидность отображения, которая предполагает преобразования типа, «многое – в одном», мы будем в дальнейшем называть не изоморфным, а *гомоморфным отображением*. Хорошая модель всегда является *гомоморфной*. Гомоморфное отображение сохраняет определенные структурные зависимости

моделируемого предмета.

Оценка адекватности пары «оригинал-модель» может быть осуществлена с использованием понятий изоморфизма и гомоморфизма.

В строго математическом смысле изоморфизм двух систем: $S_1 : X_1 \rightarrow Y_1, S_2 : X_2 \rightarrow Y_2$ означает, что между входами и выходами обеих систем существует взаимно однозначное соответствие:

$$h_x : X_1 \rightarrow X_2, h_y : Y_1 \rightarrow Y_2 \wedge h_x : X_2 \rightarrow X_1, h_y : Y_2 \rightarrow Y_1,$$

где h_x, h_y – отношения изоморфизма, или

$$h_x(X_1, X_2) \wedge h_y(Y_1, Y_2)$$

такие, что

$$h = (h_x, h_y) : X_1 \times Y_1 \rightarrow X_2 \times Y_2 \wedge X_2 \times Y_2 \rightarrow X_1 \times Y_1.$$

Понятие изоморфизма систем распространяется и на структурные, и на поведенческие характеристики систем.

Пусть $G_1 = \langle \{G_{i1}\}, \rho_1 \rangle, G_2 = \langle \{G_{i2}\}, \rho_2 \rangle$ – структура систем S_1 и S_2 , $Z_2 = \{z_{i2}(t)\}$, $Z_1 = \{z_{i1}(t)\}$ – множество состояний систем S_1 и S_2 .

Изоморфизм структур систем S_1 и S_2 означает, что:

$$h = (h_{G_1}, h_{G_2}) : (\forall_i) \{G_{i_1} \rightarrow G_{i_2}\} \wedge \{G_{i_2} \rightarrow G_{i_1}\}.$$

Изоморфизм состояний:

$$h = (h_{Z_1}, h_{Z_2}) : (\forall_{Z_i, t}) \{z_{i_1}(t) \rightarrow z_{i_2}(t)\} \wedge \{z_{i_2}(t) \rightarrow z_{i_1}(t)\}.$$

Системы S_1 и S_2 , между которыми существует отношение изоморфизма, называются изоморфными.

Так, например, изоморфны местность и географическая карта, объект съемки и фотография, снимок и негатив и т.д.

Наличие изоморфизма между системой-оригиналом и системой-моделью характеризует весьма высокую степень адекватности, обеспечение которой при построении модели сопряжено с большими трудностями и, вообще говоря, не является необходимым. При построении моделей исследователь, руководствуясь конкретными целями, выделяет лишь наиболее существенные факторы, присущие реальной системе, которые в модели должны быть отражены с макси-

мальной полнотой и точностью, требуемой в данном исследовании. Остальные, несущественные факторы могут отражаться в модели либо с меньшей точностью, либо могут быть исключены. Это является преимуществом модели, поскольку позволяет проводить исследование на более простом, по сравнению с реальным, объекте. Отсутствие полного совпадения всех характеристик модели и оригинала, особенно в области экономико-математического моделирования, не позволяет утверждать наличие изоморфизма между реальной системой и ее моделью.

Важным частным случаем соотношения «оригинал-модель» является *отношение гомоморфизма*, при котором между системами S_1 и S_2 , существует однозначное прямое и неоднозначно-обратное соответствие. Так, модель, полученная из реальной системы путем ее упрощения (например, за счет уменьшения числа переменных путем их объединения) является гомоморфной моделью.

Пусть $S_1 : X_1 \rightarrow Y_1$, $S_2 : X_2 \rightarrow Y_2$ – система-оригинал и ее модель, а $h = (h_x, h_y)$ – гомоморфизм из $X_1 \times Y_1$ в $X_2 \times Y_2$ причем отображение h_x сюръективно. Отображение h_x называется *сюръективным (накрытием, или отображением на)*, если для каждого $x_2 \in X_2$ найдется такое $x_1 \in X_1$, что $h_x(x_1) = x_2$. Иначе $h_x(X_1) = X_2$. Тогда система S_2 называется *гомоморфной моделью* S_1 в том и только в том случае, когда

$$(\forall (x_i, y_i)) ((x_i, y_i) \in S_1 \Rightarrow h(x_i, y_i) \in S_2). \quad ($$

Аналогично определяется понятие гомоморфных моделей для структурированных и динамических систем.

10. Моделирование сложных систем. Основные этапы моделирования.

Классификация моделей

Моделирование является важнейшим и, вероятно, самым мощным методом и инструментом системного анализа и кибернетики. Этот метод обладает массой достоинств и характеризуется множеством различных подходов к моде-

лированию. Ниже приведен ряд определений, раскрывающих сущность этого понятия.

Модель – (от латинского *modulus* – мера, образец, норма) – это система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе. В данном определении отражена иерархическая организация процесса познания: во-первых, модель сама выступает в качестве системы, что является предпосылкой для дальнейшего развертывания системного подхода к моделированию, а, во-вторых, модель сама выступает как средство получения информации о некоторой системе (прототипе модели). **Модель** – это совокупность логических, математических или иных соотношений, отображающих с необходимой или достижимой степенью подобия некоторый фрагмент реальности, подлежащий изучению, а также описание всех существенных свойств моделируемого объекта.

Можно рассматривать различные аспекты подобия между моделью и моделируемыми ею фрагментами реального мира:

- физическое подобие, когда модель и объект имеют близкую физическую сущность;
- функциональное подобие, когда сходны их функции;
- динамическое подобие, проявляющееся в сходстве динамики изменения состояния объекта;
- топологическое подобие, проявляющееся в сходстве пространственной (в широком смысле, в том числе – организационной) структуры и др.

Соответственно, можно выделить физические, функциональные, динамические, топологические и иные виды моделей (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Типология моделирования СЭС

№ п/п	Признак типологии	Тип моделирования	Содержательная характеристика модели
1	2	3	4
1	Аспект моделирования	Функциональный	Описывает совокупность функций подсистем в СЭС, их взаимосвязи

		Информационный	Отражает состав и взаимосвязи между элементами системы
		Поведенческий (событийный)	Описывает динамику функционирования с помощью понятий: состояние системы, событие, переход из одного состояния в другое, последовательность событий
2	Соответствие оригиналу	Полное	Получают изоморфные модели, находящиеся в строгом соответствии с оригиналом, что позволяет получать о нем исчерпывающую информацию

Продолжение табл. 2.3

1	2	3	4
		Приближенное	Получают гомоморфные модели путем сознательного упрощения объекта, значительного сокращения числа факторов, отбора среди них наиболее существенных
3	Форма реализации	Реальная	Возможность исследования характеристик на реальном объекте или на его отдельной части
		Мнимая	Применяется, когда модели не реализованы в заданном интервале времени, или отсутствуют условия для их физического создания
4	Наличие управляемых переменных	Конструктивное	Включение в модель управляемых переменных, что позволяет находить эффективное управляющее влияние
		Дескриптивные (описательные, концептуальные)	Первоначальное содержательное описание исследуемого объекта, который не содержит управляемых переменных, играет вспомогательную роль, предшествует построению конструктивной модели (например, математической). Модели имеют вид схем, отражающие представления исследователя о том, какие переменные наиболее существенные и как они связаны между собой
5	Изменение во времени	Статическое	Служит для описания состояния объекта в фиксированный момент времени
		Динамическое	Служит для исследования объекта во времени
6	Степень определенности	Детерминированное	Отображение процессов, в которых все параметры и влияния предусматриваются не случайными, а причинно обусловленными
		Стохастическое	Учитываются вероятностные процессы и события
7	Способ реализации	Наглядное	Строятся модели геометрического подобия (изобразительные модели): чертеж, схемы, диаграммы, карты, макеты самолетов, модели солнечной системы, в планетариях, модели атома и тому подобное
		Математическое (символьное)	Процесс установления соответствия реальному объекту некоторого набора символов и выражений, например математических. Математические модели наиболее удобны для исследования и количественного анализа, позволяют не только получить решение для конкретного случая, но и определить влияние параметров системы на результат решения
		Натурное	Проведение исследования на реальном исследуемом объекте

		Имитационное	Воссоздание (с помощью ЭВМ) алгоритма функционирования сложных объектов во времени, поведение объекта. Имитируются элементарные явления, которые составляют процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания. Это искусственный эксперимент, при котором вместо проведения натуральных экзаменов с реальным объектом проводятся опыты на математических моделях
		Физическое	Исследования проводятся на установках, которые хранят физическую природу исследуемого объекта, но отличаются от него размерами, формой и другими характеристиками (аэродинамическая труба, в которой отрабатываются свойства летательного аппарата)

Продолжение табл. 2.3

1	2	3	4
		Аналоговое	Набор одних свойств используется для отображения свойств другой физической природы: гидравлическая система как аналог электрической или транспортный; электрическая система как аналог механической, транспортный систем

Степень формализации моделей может варьироваться в широких пределах: от моделей, не подвергнутых процедурам формализации, до моделей строгих и формальных. Выбор формальных средств, используемых для представления моделей, не является произвольным и определяется двумя аспектами-компонентами модели:

- моделью интерпретации или интерфейсным компонентом, который характеризует процесс двунаправленного взаимодействия с потребителем, в роли которого может выступать как человек, так и автоматизированная система, реализующая функции ввода и считывания данных;
- сущностным компонентом, который характеризует специфику моделируемого фрагмента реальности, закономерности его функционирования, структуры и т.п.

Традиционным представлением о *математической модели* является ее восприятие как инструмента для прогнозирования последствий альтернативных действий с целью выбора наиболее предпочтительного. Однако значительно важнее то, что *моделирование* - это метод, повышающий эффективность сужде-

ний и решений. **Математические модели** используются для формализации целей, присущих большинству экономических систем, и имеющихся ограничений, налагаемых действующими экономическими законами.

Следует, однако, отметить, что в последние годы математический аппарат и методология моделирования развились до такой степени, что позволили включить в себя также описание существенно недетерминированных систем. В частности, появились методы строгого описания неравновесных сред на основе вероятностного описания, нелинейного анализа, фрактальной геометрии, с привлечением стохастических понятий, таких как «странный аттрактор», «структура шума» и многие другие.

Важным достоинством математического моделирования является возможность получения на его основе фундаментальных результатов и инвариантных зависимостей, которые могут быть распространены как на различные случаи использования моделируемой системы в тех или иных ситуациях и распространены на случаи рассмотрения других систем данного класса. Основным же недостатком моделирования является то, его применение к сложным системам необходимой требует существенной идеализации описания системы. Это связано с разрастанием объемов вычислений даже при несущественном усложнении описаний. Такая идеализация может приводить к неполной адекватности получаемых результатов, к тому, что эти результаты могут использоваться лишь в качестве первого приближения.

В самом низу пирамиды могут быть помещены модели имитационные - комплексное логико-математическое представление системы, реализованное в виде программы, предназначенной для решения на ЭВМ, включающее в себя модели различного типа, и рассматривающее аспект функционирования динамической системы во времени. Эти модели применяются при невозможности строгого аналитического решения задачи или проведения натурального эксперимента. Имитационные модели служат для изучения поведения во времени сложной неоднородной динамической системы, о структуре которой существуют

точные знания или детализированные гипотезы. Для каждого элемента моделируемой системы в памяти ЭВМ формируется блок данных, характеризующих ее текущее и предшествующие состояния, блок логических и вычислительных процедур, описывающих изменения критических параметров во времени, а также производить вычисления этих параметров на основе заданных значений.

Однако, имеется большое количество проблем, не поддающихся адекватному моделированию, например: защита окружающей среды от загрязнений, предотвращение преступности, управление развитием и ростом городов, и т.п., - они характеризуются неясностью и противоречивостью целей, альтернатив развития, диктуемых нестабильными политическими и социальными факторами.

Математические модели многофункциональны, их основные функции характеризуют широту области их применения:

- Модели являются важным средством осмысления действительности (графические, масштабные, сетевые модели).
- Модели выступают своеобразным средством общения, поскольку в сжатой, точной форме позволяют организовать диалог.
- Модели выполняют функцию обучения и тренажа (обучающие программы, имитационные игры на ЭВМ, использующие принципиально отличные от реальных стимулы и мотивы принятия решений).
- Модели широко используются как инструмент прогнозирования и планирования, позволяя рассмотреть значительное число альтернатив и оценить возможные последствия от принятия того или иного решения.
- Моделирование является основным методом оптимизации управленческих решений, отображая или воспроизводя условия развития исследуемого процесса.
- Применение моделей как средства построения экспериментов Позволяет осуществлять управление процессом экспериментирования с большей простотой и меньшими затратами, чем если бы эксперимент проводился с реальной системой, получая, зачастую, больше полезной информации о поведении

системы в условиях широкого спектра изменяющихся факторов внешней среды.

Определение экономико-математической модели: это совокупность математических выражений, описывающих экономические объекты, процессы и явления, исследование которых позволяет получить необходимую информацию для реализации целей управления моделируемой системой.

Экономико-математическая модель, как правило, включает три основные составные части:

- целевую функцию, или функционал модели - математическое выражение цели;
- систему функциональных ограничений, определяющих пределы изменения исследуемых характеристик объектов, процессов или явлений;
- систему параметров модели, фиксирующих условия проведения модельного эксперимента (система норм, нормативов, временные параметры реального времени, системного времени, начальные условия и т.п.).

При **классификации экономико-математических моделей** учитываются различные признаки, каждый служит определенной цели. Некоторые типовые группы моделей, которые могут быть положены в основу системы классификации:

- статические и динамические;
- детерминированные и стохастические;
- дискретные и непрерывные;
- линейные и нелинейные;
- балансовые модели;
- имитационные модели;
- модели математического программирования;
- модели, основанные на теории графов;
- модели, основанные на теории вероятностей и математической статистике.

Эти методы и модели представляют собой комплекс экономико-математических дисциплин, являющихся сплавом экономики, математики и кибернетики. Поэтому классификация экономико-математических методов сводится к классификации научных дисциплин, входящих в их состав. Хотя общепринятая классификация этих дисциплин пока не выработана, с известной степенью приближения в составе экономико-математических методов можно выделить следующие разделы:

- экономическая кибернетика: системный анализ экономики, теория экономической информации и теория управляющих систем;
- математическая статистика: экономические приложения данной дисциплины – выборочный метод, дисперсионный анализ, корреляционный анализ, регрессионный анализ, регрессионный анализ, многомерный статистический анализ, факторный анализ, теория индексов и др.;
- математическая экономия и изучающая те же вопросы с количественной стороны эконометрия: теория экономического роста, теория производственных функций, межотраслевые балансы, национальные счета, анализ спроса и потребления, региональный и пространственный анализ, глобальное моделирование и др.;
- методы принятия оптимальных решений, в том числе исследование операций в экономике. Это наиболее объемный раздел, включающий в себя следующие дисциплины и методы: оптимальное (математическое) программирование, в том числе методы ветвей и границ, сетевые методы планирования и управления, программно-целевые методы планирования и управления, теория и методы управления запасами, теория массового обслуживания, теория игр, теория и методы принятия решений, теория расписаний. В оптимальное (математическое) программирование входят в свою очередь линейное программирование, нелинейное программирование, динамическое программирование, дискретное (целочисленное) программирование, мелко-линейное программирование, параметрическое программирование, сепарабельное

- программирование, стохастическое программирование, геометрическое программирование;
- методы и дисциплины, специфичные отдельно как для централизованно планируемой экономики, так и для рыночной (конкурентной) экономики. К первым можно отнести теорию оптимального функционирования экономики, оптимальное планирование, теорию оптимального ценообразования, модели материально-технического снабжения и др. Ко вторым – методы, позволяющие разработать модели свободной конкуренции, модели капиталистического цикла, модели монополии, модели индикативного планирования, модели теории фирмы и т. д. Многие из методов, разработанных для централизованно планируемой экономики, могут оказаться полезными и при экономико-математическом моделировании в условиях рыночной экономики;
 - методы экспериментального изучения экономических явлений. К ним относят, как правило, математические методы анализа и планирования экономических экспериментов, методы машинной имитации (имитационное моделирование), деловые игры. Сюда можно отнести также и методы экспертных оценок, разработанные для оценки явлений, не поддающихся непосредственному измерению.

При моделировании сложной системы исследователь обычно исследует совокупность нескольких моделей из числа разновидностей, упомянутых выше. Любая система может быть представлена различными способами, отличающимися по сложности и в деталях. По мере того, как исследователь глубже анализирует и познает проблему, простые модели сменяются все более сложными.

Основой успешной методики моделирования является многоэтапный процесс отработки модели. Обычно начинают с более простой модели, постепенно совершенствуя ее, добиваясь, чтобы она отражала моделируемую систему более точно. До тех пор, пока модель поддается математическому описанию, исследователь может получать все новые ее модификации, детализируя конкретизируя исходные предпосылки. Когда же модель становится неуправляемой,

проектировщик прибегает к ее упрощению и использованию общие абстракции. Процесс моделирования, таким образом, носит эволюционный характер и осуществляется в соответствии со следующими этапами:

1. Анализ проблемы и определение общей задачи исследования.
2. Декомпозиция общей задачи на ряд более простых подзадач, образующих взаимосвязанный комплекс.
3. Определение четко сформулированных целей и их упорядочение.
4. Поиск аналогий или принятие решений о способе построения моделей.
5. Выбор системы экзогенных и эндогенных переменных, необходимых параметров.
6. Запись очевидных соотношений между ними.
7. Анализ полученной модели и начало эволюционного констатирования: расширение или упрощение модели.

Упростить модель можно, выполнив одну из перечисленных ниже операций:

- превращение переменных величин в константы;
- превращение вероятностных факторов в детерминированные;
- исключение некоторых переменных или их объединение;
- использование предположений о линейном характере зависимостей между переменными;
- введение жестких исходных предпосылок и ограничений;
- уменьшение количества степеней свободы путем наложения более жестких граничных условий.

Расширение модели предполагает обратное.

Заметим, что не существует надежных и эффективных рецептов относительно того, как следует осуществлять процесс моделирования, поэтому процесс разработки модели зачастую носит эвристический характер, что дает возможность исследователю проявить свои творческие способности.

Творческий характер процесса моделирования определяет разнообразие

критериев оценки качества модели. С точки зрения разработчика «хорошей» моделью является нетривиальная, мощная и изящная модель.

Нетривиальная модель позволяет проникнуть в сущность поведения системы и вскрыть детали, не очевидные при непосредственном наблюдении. **Мощная** позволяет получить множество таких нетривиальных выводов. **Изящная** имеет достаточно простую структуру и реализуемость.

С точки зрения пользователей, которые проявляют больше прагматизма при оценке модели, «хорошая» модель – это модель релевантная, точная, результативная, экономичная. Модель является **релевантной** (от англ. relevance - уместность), если она соответствует поставленной перед ней цели; **точной**, если ее результаты достоверны; **результативной**, если полученные результаты дают продуктивные выводы; и **экономичной**, если эффект от использования полученных результатов превосходит затраты на ее разработку и реализацию.

В любом случае исследователь должен обосновывать необходимость использования конкретно применяемой модели. Обоснование модели предполагает выполнение следующих процедур:

1. **Верификация**, проведение которой убеждает в том, что модель ведет себя так, как было задумано.
2. **Оценка адекватности** - проверка соответствия между поведением модели и поведением реальной системы.
3. **Проблемный анализ** - формулировка значимых выводов на основе результатов, полученных в ходе моделирования.

Как показывает опыт, **наибольшая обоснованность модели** достигается:

- использованием здравого смысла и логики;
- максимальным использованием эмпирических данных;
- проверкой правильности исходных предположений и корректности преобразований от входа к выходу;
- применением на стадии доводки модели контрольных испытаний модели, подтверждающих работоспособность модели;

- сравнением соответствия входов и выходов модели и реальной системы (если они доступны) с использованием статистических методов и испытаний типа теста Тьюринга;
- проведением, когда это целесообразно, натурных или полевых испытаний модели или ее подмоделей;
- проведением анализа чувствительности модели по отношению к изменяющимся внешним условиям;
- сравнением результатов модельных прогнозов с результатами функционирования реальной системы, которая подвергалась моделированию.

ЛЕКЦИЯ 3

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

11. Сущность управления. Система управления. Цель функционирования системы управления. Принципы и законы управления.
12. Условия существования системы управления. Абстрактная задача управления.
13. Оптимальное управление. Многокритериальная система управления.
14. Соотношение генеральных ценностей управления в современной бизнес-среде. Синергия управления.
15. Современные подходы к управлению: сущность, содержание и сравнительная характеристика эволюционного, революционного и интегрального подходов к управлению организационным развитием.
16. Иерархические системы управления (ИСУ). Влияние структуры системы управления на параметры организации.
17. Виды связей в системах управления.
18. Виды управления.
19. Процесс управления. Процесс принятия решений в системах управления СЭС.
20. Современные методы управления социально-экономическими системами.
21. Понятие и главные признаки систем развивающихся систем. Соотношение системных исследований и синергетики.
22. Факторы, которые ведут систему к самоорганизации.
23. Жизнестойкие системы Ст. Бира.
24. Понятие об устойчивом развитии. Коридор потенциальных возможностей развития сложных систем.
25. Классификация современных моделей самоорганизации кибернетических систем. Методы оценки синергетического эффекта в процессе самоорганизации систем.

1. Сущность управления. Система управления. Цель функционирования системы управления

Понятие «**управления**» является базовым в кибернетике, поскольку определяет предмет исследования этой науки, поэтому любую систему, которая является объектом кибернетического исследования можно считать **системой управления** и представить ее как систему управления.

Наличие управления является существенным признаком сложной системы, обеспечивающим ее целостность.

Управление – это целенаправленное воздействие одной системы на другую для изменения поведения последней в соответствии с изменяющимися условиями внешней среды. **Управление** есть процесс упорядочения в системе.

Системой управления называется организованная динамическая система с обратной связью, в которой реализуются причинно-следственные связи с помощью, по крайней мере, двух каналов (рис. 3.1).

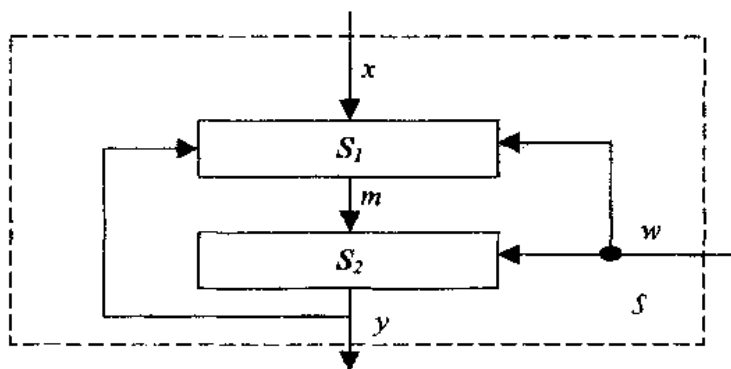


Рис. 3.1 Схема организации системы управления

Пусть x характеризует вход, определяющий **цель функционирования системы управления** S . Управляющая система S_1 вырабатывает управляющие воздействия m , передаваемые на вход управляемой системы S_2 . На систему S оказывают влияние **возмущающие воздействия** ω . Результаты работы системы y по каналу обратной связи поступают на вход S_2 , анализируются и используют-

ся для выработки последующих управляющих воздействий. Сказанное позволяет выполнить формализацию, которая определяет правила функционирования системы управления S .

Начало процесса управления: S_1 вырабатывает управляющее воздействие $x = F(y)$, исходя из цели управления и априорной информации о законах функционирования системы во внешней среде A , если таковая имеется:

$$S_1 : x \times A \rightarrow m. \quad (3.1)$$

Реакция объекта управления под действием возмущений:

$$S_2 : m \times \omega \rightarrow y. \quad (3.2)$$

На следующем шаге подсистема S_1 при принятии решений использует данные об y (фактическом) и прогнозные значения ω .

$$S_1 : x \times y \times \omega \rightarrow m. \quad (3.3)$$

Содержание управления определяется, прежде всего, целью, для достижения которой оно осуществляется. Сущность управления близка его содержанию и характеризуется целенаправленностью, присущей любым видам систем и процессов управления.

Исповедуемые организаций ценности воплощены в генеральной цели ее развития. Целеполагание – наиболее ответственный момент в процессе выработки и принятия управленческих решений. В соответствии с выбранной целью формируются стратегия и тактика предприятия, разрабатываются планы и прогнозы, оцениваются результаты.

Сущность управления рассматривается как совокупность следующих понятий:

- **организация управления;**
- **процесс управления;**
- **информация.**

На рис. 3.2 показаны взаимосвязи этих понятий. Управление реализуется в системах различной природы, в специфических условиях, что создает сложности в процессе их исследования. Об организации управления

можно говорить только в том случае, когда выделены цель и объект управления. Поэтому эффективность организации управления в значительной степени зависит от четкости формулирования целей управления.



Рис. 3.2 Взаимосвязи информации, организации и процесса управления как элементов сущности управления

Методологической базой исследования систем и процессов управления

является комплекс принципов, учет которых обеспечивает многообразие, актуальность и эффективность их применения (табл. 3.1).

Принцип рассматривается как основное правило, или ограничение, в соответствии с которым реализуется процесс управления, осуществляется деятельность, выполняются работы и др.

Законы и закономерности носят объективный характер, т.е. не зависят от воли людей, а, напротив, определяют их волю, сознание и намерения. Осознанное использование экономических законов, реализуемые через управление, позволяет привести деятельность людей в соответствие с объективными условиями развития. Именно в системе управления формируем оптимальный вариант управленческого решения.

Таблица 3.1

Принципы и законы управления

Принципы и законы исследования системы управления	Принципы и законы исследования процессов управления
Целостность	Необходимое разнообразие
Системные процессы	Внешнее дополнение
Организованность	Иерархичность управления
Динамичность	Адаптивность управления
Управляемость	Обязательность обратной связи
Оптимальность	Управления воздействия на главный фактор
Многокритериальность	Принятие решений на основе отбора принятия информации
Многофункциональность	

**2. Условия существования системы управления.
Абстрактная задача управления**

Главными условиями существования системы управления являются следующие:

1. **Организованность**: в системе управления выделяются элементы, которые относятся либо к управляющей, либо к управляемой подсистеме:

$$S = S_1 \cup S_2.$$

Разнообразие: каждая из двух выделенных подсистем должна допускать возможность появления нескольких (многих) состояний:

$$x \in X, y \in Y, m \in M, X \neq \emptyset, Y \neq \emptyset, M \neq \emptyset.$$

Примечание. Проблема оценки разнообразия управляющей системы и ее соотношения с разнообразием управляемого объекта имеет важное теоретическое и практическое значение. **Закон необходимого разнообразия** сформулирован УР. Эшби следующим образом: «...количество исходов управляемой системы, если оно минимально, может быть еще уменьшено только за счет соответствующего увеличения разнообразия управляющей системы». Это значит, что для решения задачи управления необходимо, чтобы информационная мощность управляющей системы (или ее собственное информационное разнообразие) была не меньше разнообразия объекта управления (т.е. решаемой задачи управления).

Динамичность: $x(t) \in X, u(t) \in U, y(t) \in Y, m(t) \in M, \omega(t) \in \Omega, t \in T$, где T – упорядоченное числовое множество.

Наличие прямых и обратных связей, обеспечивающих причинно-следственные зависимости в системе управления:

$$\begin{aligned} X_{t_0} \times A_{t_0} \rightarrow M_{t_1} \times \Omega_{t_1} \rightarrow Y_{t_1} \times X_{t_1} \times \Omega_{t_2} \rightarrow M_{t_2} \rightarrow \dots \\ t_0 < t_1 < t_2 < \dots \end{aligned} \quad (3.4)$$

Наличие цели управления, достижение которой является макро-Функцией управляемой системы:

$$\Phi = \Phi(y). \quad (3.5)$$

Цель системы в зависимости от ее характера задается различным образом. Для систем, работа которых завершается достижением цели, требуется, чтобы $y(t)$ достигло целевого множества \bar{Y} . В частном случае, чтобы выполнялось условие $y(t) = \bar{y} \in \bar{Y}$. Для других систем необходимо, чтобы $y(t)$ достигла области \bar{Y} , а затем продолжала движение по траектории $y'(t) \in \bar{Y}$ или не выходила из области \bar{Y} .

Управляемость: можно найти такое управляющее воздействие m , которое за конечное число шагов переведет систему в искомое состояние, обеспечивающее достижение цели:

$$\exists_m \forall_{\omega} \forall_{u(t_1)} \phi(m, \omega, u(t_1)) - u(t_2), \quad (3.6)$$

такое, что $\psi(u(t_2)) = \bar{y}$, где $t_1 \leq t_2$, $t_1, t_2 \in T$, Φ, Ψ – соответственно функция переходов и функция выхода системы, \bar{y} – количественное выражение цели, $\bar{y} \in Y$.

Введение понятия управляемости системы вызывает необходимость рассмотрения вопросов *качества управления и его эффективности*.

Пусть \bar{Y} – некоторое заданное целевое множество:

$$\bar{Y} \subset T \times Y \times U, \bar{y} \in \bar{Y}, \quad (3.7)$$

\bar{M} – множество допустимых управлений.

Если управляющее воздействие $m \in \bar{M}$ преобразует некоторое исходное событие (t_0, u_0) в $(t_1, u_1) \in \bar{Y}$ и t_1 есть время первого достижения, то t_1 называется моментом достижения, а разность $(t_1 - t_0)$ – временем достижения.

Вещественное число, вычисляемое как некоторый функционал:

$$\Theta(t_0, u_0, m(\cdot), t_1, u_1), \quad (3.8)$$

где $u_1 = \Phi(t_1, t_0, u_0, m(\cdot))$, $y_1 = \Psi(t_1, u_1)$ называется *качеством управления* $m(\cdot)$ относительно начального события (t_0, u_0) .

Абстрактной задачей управления называется сложное математическое понятие, образованное совокупностью:

$$\langle S, T, Y, \bar{M}, \bar{U}, \Theta \rangle \quad (3.9)$$

где S – динамическая система,

T – множество моментов времени,

\bar{Y} – целевое множество, $\bar{Y} \subset T \times Y \times U$,

\bar{M} – множество допустимых управлений,

\bar{U} – подмножество множества $T \times U_0$ (начальных событий),

Θ – функционал качества управления;

и требованием: «для каждого начального события $(t_0, u_0) \in \bar{U}$ определить некоторое допустимое управление $m(\cdot) \in \bar{M}$, которое переводит (t_0, x_0) в \bar{Y} и которое при этом минимизирует функционал $\Theta(t_0, u_0, m(\cdot), t_1, u_1)$, где t_1 – момент первого достижения, а u_1 – точка первого достижения множества Y ».

Данное определение является весьма общим, однако служит базой для

дальнейшего исследования необходимых условий оптимальности систем управления.

3. Оптимальное управление

Рассмотрим произвольную динамическую систему S .

Законом управления называется отображение $\xi: T \times U \rightarrow X$, ставящее в соответствие каждому состоянию $u(t)$ и каждому моменту времени t значение $x(t) = \xi(t, u(t))$ входного воздействия в этот момент времени.

При этом другие параметры динамической системы S могут влиять на конкретный вид функции ξ .

Принцип, в соответствии с которым входные воздействия должны вычисляться через состояния, был сформулирован Ричардом Беллманом, указавшим на его первостепенную важность. В этом принципе заключена важнейшая идея теории управления, поскольку он отражает научную интерпретацию **принципа «обратной связи»**, составляющего основу любого управления.

Важно отметить, что в текущем состоянии системы содержится вся информация, необходимая для определения требуемого управляющего воздействия, поскольку, по определению динамической системы, будущее поведение системы полностью определяется его нынешним состоянием и будущими управляющими воздействиями.

Оптимальное управление заключается в выборе и реализации таких управления $u \in \bar{U}$, которые являются наилучшими с точки зрения эффективности достижения цели управления.

Можно выделить два основных типа критериев эффективности систем управления.

Критерий эффективности первого рода – степень достижения цели системой. Если цель системы задана областью цели \bar{Y} или точкой $\bar{y} \in \bar{Y}$, то критерием эффективности I рода является отклонение ρ , определяемое в терминах

\bar{Y} . Цель считается достигнутой, если

$$\rho(y(t), \bar{Y}) = 0, \text{ или } \rho(y(t), \bar{y}) < \varepsilon \quad (3.10)$$

где ε – заданная малая величина.

При задании целевой функции

$$\begin{aligned} F(y(t_0), y'(t)) &\rightarrow \text{extr}, \\ y(t_0) &\in Y, y'(t) \in \bar{Y}, \end{aligned} \quad (3.11)$$

если существует $F^* = \text{extr} F$, критерий I рода – разность ($F^* - F$).

Критерий эффективности второго рода – оценка эффективности траектории движения системы и цели. Он определяется как некоторая функция:

$$f(x, u, y) \rightarrow \text{extr}. \quad (3.12)$$

Критерий II рода позволяет сравнивать и оценивать различные изменения состояний системы в ходе достижения цели.

В ряде случаев могут быть использованы **критерии третьего типа** – смешанные, в которых отражается сочетание приведенных показателей эффективности пути и степени достижения цели системой.

Многокритериальная система управления. Для многих сложных систем получить критерий эффективности в виде скалярной функции не представляется возможным. В этом случае используется векторный критерий, составляющими которого являются самостоятельные, независимые критерии. Такие системы называются **многокритериальными**.

Паллиативным решением является искусственное введение коэффициентов, позволяющих получить линейную комбинацию составляющих векторного критерия, приводя его таким образом к скалярному виду. Однако, принимая во внимание независимость составляющих критериев, процедура определения предпочтений на множестве критериев и введение обобщенного критерия представляют зачастую большую сложность. Достаточно эффективным способом, используемым в случае векторного критерия, является выбор управлений, оптимальных по Парето. Множество **оптимальных по Парето решений** состав-

ляют такие, ни одно из которых не доминируется в определенном смысле никаким другим решением из этого множества. Таким образом, каждое из множества оптимальных по Парето управлений лучше любого другого по одному из независимых критериев.

4. Соотношение генеральных ценностей управления в современной бизнес-среде. Синергия управления

Необходимость частых, быстрых перемен в организациях диктуются темпом и непредсказуемостью событий в окружающей среде. Поэтому организации будущего должны конструироваться так, чтоб она постоянно и быстро адаптировалась к динамически меняющимся внешним условиям.

Причины, в соответствии с которыми необходимо совершенствовать системы управления – наличие противоречий между:

- функциями и целью системы;
- потребностями системы в ресурсах и возможностях их удовлетворения;
- стремлением к порядку и хаосом (чем выше степень их противостояния, тем выше степень организованности системы и наоборот);
- стремлением системы к установлению устойчивого состояния и средствами его достижения;
- целями системы и целями ее компонентов;
- процессами функционирования и развития;
- функциями и структурой;

компонентами структуры

Тенденции развития экономики

- Глобализация мирохозяйственных связей:
Интернационализация производства
Перенасыщение традиционных товарных рынков
- Ужесточение конкурентной борьбы
Динамический рост международной конкуренции
Появление новых конкурентов вследствие исчезновения торговых барьеров
- Небывалые темпы научно-технического прогресса
Инновации – решающий фактор стабильного успеха компаний на современном рынке
- Повышение роли клиентов на рынке
Более требовательные покупатели, которые диктуют: что, когда и как они хотят получить и сколько готовы заплатить
- Повышение ответственности организаций перед обществом
- Глобальный финансовый кризис, переросший в кризис реального сектора экономики (мировой экономический кризис, рецессия)

Рис. 3.3. Ключевые факторы изменений в глобализованном мире

<i>Требования к системам управления современными организациями</i>	
1.	Быстрая реакция компаний на изменения, гибкость и маневренность управления.
2.	Фокус на развитие, решение стратегических задач.
3.	Постоянное внимание к потребностям клиента.
4.	Выбор оптимальных способов и инструментов работы и технологий

Рис. 3.4 Требования современной бизнес-среды, предъявляемые к системам управления организациями

Критерий качества управления – мера достижения цели. Важно подчеркнуть, что в процессе принятия решений необходимо учитывать адекватность формируемых целей внешним и внутренним условиям хозяйствования предприятий. Поскольку цель – главный системообразующая характеристика организации, то сущность управления в данном случае должна сводиться к постоянному контролю актуальности и своевременной корректировке основных производственно-экономических заданий, выполнение которых формируют направленность развития предприятия.

В современном мире глобальной конкуренции устойчивое развитие предопределяется внедрением комплекса мер, ориентированных на эффективную адаптацию предприятий к изменениям во внешней среде. Это возможно за счет использования системы ключевых факторов, которые формируют неповторимый образ организаций, благодаря чему обеспечивается достижение конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе.

В соответствии с динамикой изменения внешней среды, осуществляется объективная смена парадигм управления с производственно-ориентированной,

господствовавшей в индустриальную эпоху, на инновационную, характерную для интеллектуальной экономики. Трансформация подходов к управлению развитием предприятий предопределяет современные общемировые тенденции их развития (рис. 3.5).

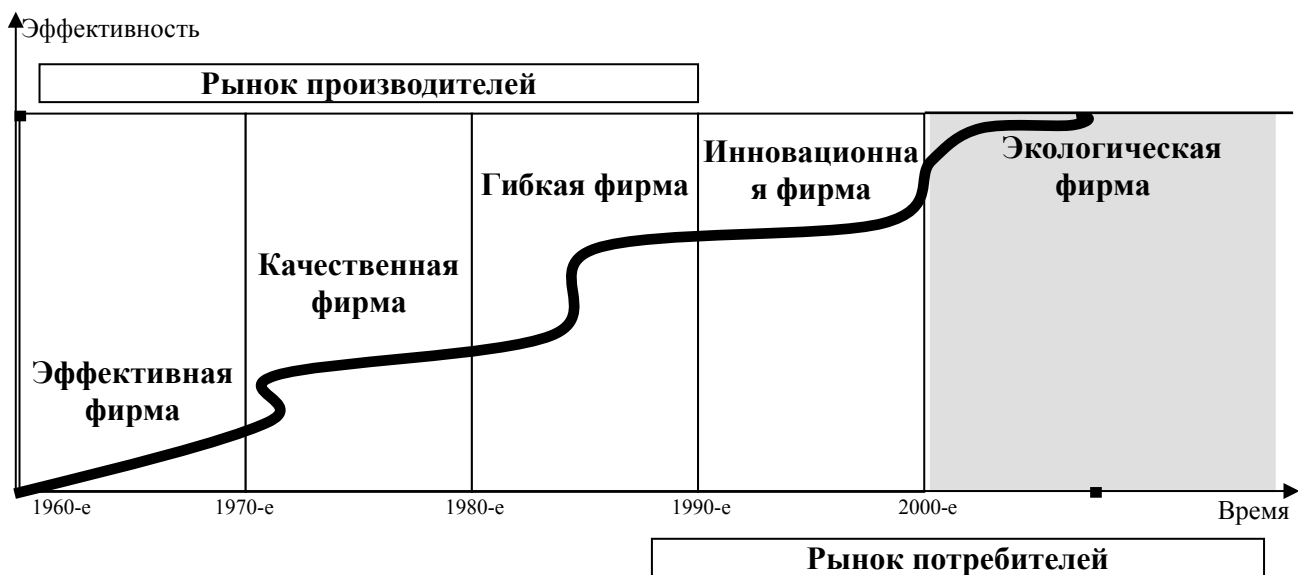


Рис. 1. Периоды изменения парадигм управления организациями

В связи с этим, меняется соотношение генеральных ценностей, то есть система первоочередных целей предприятий, определяющая приоритеты их развития. В настоящее время *внутренние резервы развития современных предприятий должны определяться шестью генеральными ценностями:*

устойчивый прибыльный рост (основополагающая цель предприятия как целенаправленной социально-экономической системы);

тактика ориентации на клиентов (вызов современной бизнес-среды и влияние международной конкуренции);

социальная ответственность (обеспечение роста благосостояния работников, возможность их карьерного роста, социальный пакет, мероприятия по адаптации персонала к изменениям);

экологическая безопасность (основа концепции устойчивого развития

предприятий, вызов глобальных проблем человечества);

эффективное управление (предпосылка повышения адаптационных способностей и организационной гибкости предприятий);

высокий инновационный потенциал (основополагающий фактор развития в эпоху интеллектуальной экономики, предопределяет высокий уровень самоорганизации социально-экономической системы в долгосрочной перспективе).

Схема взаимосвязи управленческих ценностей определяет целевые ориентиры модели управления развитием предприятий, реализуемой посредством их генеральной стратегии (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Соотношение управленческих ценностей современных организаций

Синергия (синергизм) – это результат возникновения между элементами СЭС синергетических связей, обеспечивающий общий эффект функционирования системы в целом больший, чем сумма эффектов каждого из ее элементов, действующих независимо. Совокупное функционирование взаимосвязанных подсистем порождает качественно новые функциональные свойства организаций. Поэтому считается, что синергия определяет способность к развитию, к созданию новых элементов и связей, благодаря чему система изменяется, приобретая новые свойства и даже изменяя свое качество.

Синергия управления является результатом целенаправленного управления, а не возникает сама по себе как случайный эффект. Для достижения синер-

гии организация должна согласовывать стратегии отдельных своих подсистем и элементов.

**5. Современные подходы к управлению:
сущность, содержание и сравнительная характеристика
эволюционного, революционного и интегрального подходов к управлению
организационным развитием**

В процессе принятия решений о целесообразности совершенствования системы управления необходимо учитывать, что в *основе развития сложных социально-экономических систем (СЭС) лежит глубокая закономерность, базирующаяся на сочетании двух противоречивых тенденций*. Вследствие открытости системы возрастает неопределенность в системе управления предприятием, что предопределяет необходимость ее изменений. С другой стороны, в процессе адаптации системы к воздействию факторов неопределенности извне, повышается ее устойчивость, лежащая в основе эволюции. Исходя из этого, следует различать две формы инновационного развития предприятий: *эволюционную*, связанную с постепенными количественными и качественными изменениями; и *революционную*, характеризующуюся скачкообразным переходом из одного состояния в другое.

Фундаментальная поступательная перестройка предприятий, которая затрагивает все организационные элементы, его структуру, основные и вспомогательные бизнес-процессы и системы управления и обеспечивает высокий уровень самоорганизации СЭС, возможна лишь на основе внедрения процессных инноваций. Управление развитием предприятий на основе процессных инноваций базируется на стратегии, которая позволяет грамотно сбалансировать во времени эволюционные количественные изменения и революционные каче-

ственные превращения, вследствие чего повышается обоснованность тактических и стратегических решений, способствующих сохранению тенденций долгосрочного устойчивого развития предприятий. В табл. 3.2 приведена сравнительная характеристика эволюционного, революционного и интегрального подходов.

Таблица 3.2

Сравнительная характеристика современных подходов к управлению

Содержание характеристики	Подходы к управлению развитием предприятий		
	Революционный (реинжиниринг бизнес-процессов)	Эволюционный (стратегия кайдзен)	Интегральный (на основе процессных инноваций)
Определение	«...фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения существенных улучшений в таких ключевых для современного бизнеса показателях результативности, как затраты, качество, уровень обслуживания и оперативность» (М. Хаммер, Дж. Чампи)	«...концепция обеспечения постоянных улучшений и, хотя это касается повышения качества товаров и услуг, обычно улучшения выходят далеко за эти рамки... направлена на улучшения во всех аспектах деятельности организации...» (Исаи Масааки)	«итерационный целенаправленный процесс, в задачи которого входит координация изменений деятельности предприятия по всем его направлениям, вследствие чего достигается синергетический эффект инноваций, обуславливающий тенденции долгосрочного устойчивого развития предприятия» (Курносова О.А.)
Цель	прорыв, революционная стратегия развития предприятий	постоянное улучшение качества обслуживания и процессов	повышение организационно-экономического и производственно-сбытового потенциала
Условия реализации	1) новаторское мышление; 2) ломка стереотипов; 3) готовность к риску; 4) быстрота действия	1) внимание к деталям; 2) анализ глубинных причин; 3) решение ключевых проблем; 4) межфункциональный подход; 5) обеспечение согласия всех сторон	1) процессно-синергетический подход; 2) приоритетность генеральных ценностей развития, присущих современной бизнес-среде; 3) прорыв в знаниях; 4) процесс постоянного обучения кадров; 5) укрепление корпоративного духа
Исходные предпосылки	кризис, необходимость радикального реформирования СЭС	системная особенность организации	диктуется стратегическими соображениями
Объекты управленческого воздействия	функции организации или бизнес – процесс, направленный на удовлетворение потребностей клиентов	1) существующие продукты или услуги; 2) существующие системы и процессы труда	весь спектр бизнес-процессов предприятий
Механизм осуществления	системная реорганизация, проектирование организации с нуля, организационное перепроектирование, осуществляемое на базе современных информационных технологий, которые определяют уровень интеллектуального развития предприятия	непрерывный поступательный процесс	итерационный путь: революционный скачок и впоследствии постоянные качественные улучшения и/или наоборот

Способность к самоорганизации	не способствует процессам самоорганизации, поскольку ориентирован на прорыв	самоорганизация системы в ходе преобразований признана в качестве основной цели	под влиянием процессных инноваций повышаются организационная гибкость и адаптационные способности, что обеспечивает высокий уровень самоорганизации в системе
Результат	1) достижение целей развития предприятия; 2) завоевание новых рынков; 3) организационная гибкость; 4) интеллектуализация производства	достижение конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе	достижение синергетического эффекта в процессе функционирования и развития предприятий

Таким образом, одновременное использование в практике управления развитием предприятий концептуальных положений революционного и эволюционного подходов обеспечивают два вида направлений инновационного развития: системные, постоянные улучшения (кайдзен) и стратегически инициированные прорывы, радикальные инновации (реинжиниринг). Способность же предприятий эффективно использовать процессные инновации – наиболее действенный инструмент достижения поставленных целей, позволяющий создавать стратегические преимущества в наиболее конкурентных областях и способствующий устойчивому развитию предприятий в долгосрочной перспективе.

6. Иерархические системы управления (ИСУ). Влияние структуры системы управления на параметры организации

Важный класс систем управления образуют системы произвольной природы (технические, экономические, биологические, социальные) и назначения, имеющие многоуровневую структуру в функциональном, организационном или либо ином плане.

Иерархия (от греч. *hierarchia*) – соподчиненность, любой согласованный по подчиненности порядок объектов. Иерархическая упорядоченность мира была осознана уже в Древней Греции. Такая упорядоченность наблюдается на любом уровне развития Вселенной: химическом, физическом, биологическом, социальном.

Термин первоначально возник как наименование «служебной лестницы» в религии. Широко применяется для характеристики взаимоотношений в аппарате управления государством, армией и т.д. В дальнейшем концепция иерархии

была распространена на любой согласованный по подчиненности порядок объектов, порядок подчинения низших по должности и чину лиц высшим в социальных организациях, при управлении предприятием, регионом, государством и т.п.

Иерархия реализуется в форме иерархических структур разного рода. В иерархических структурах важно лишь выделение уровней соподчиненности, а между уровнями и между компонентами в пределах уровня могут быть любые взаимоотношения.

Иерархическая система, иерархическая структура – взаимосвязанные понятия, поскольку иерархическими называют системы, имеющие иерархические структуры. Иерархическая структура представляет собой декомпозицию системы в пространстве. Все компоненты (вершины, узлы) и связи (дуги, соединения узлов) существуют в этих структурах одновременно, не разнесены во времени, как это имеет место в сетевой структуре.

Характерными признаками *иерархических систем управления (ИСУ)* являются:

- вертикальная декомпозиция системы на подсистемы;
- приоритет подсистем верхнего уровня по отношению к нижележащим;
- наличие обратных связей между уровнями.

Широкое использование и универсальность ИСУ обусловлены рядом преимуществ по сравнению с системами радиального (централизованного) управления:

- свобода локальных действий в рамках наложенных ограничений;
- возможности целесообразного сочетания локальных критериев функционирования отдельных подсистем и глобального критерия оптимальности системы в целом;
- возможности сжатого, агрегированного представления актуальной информации о результатах управления, поступающей по каналам обратной связи;
- повышенная надежность системы управления, наличие свойств управляемо-

сти, адаптивности, организованности и ряда других свойств, специфичных для конкретных систем;

- универсальность концепции управления и подходов к решению задач управления в ИСУ;
- экономическая целесообразность по сравнению с системами управления иной структуры. Последнее качество требует обоснования в каждом конкретном случае.

Иерархические структуры могут иметь различное число уровней декомпозиции (структуризации). Структуры типа показанных на рис.3.7, в которых каждый элемент нижележащего уровня подчинен одному узлу (одной вершине) вышестоящего (и это справедливо для всех уровней иерархии), называют **древовидными структурами, структурами типа «дерево», структурами, на которых выполняется отношение древесного порядка, иерархическими структурами с «сильными» связями.**

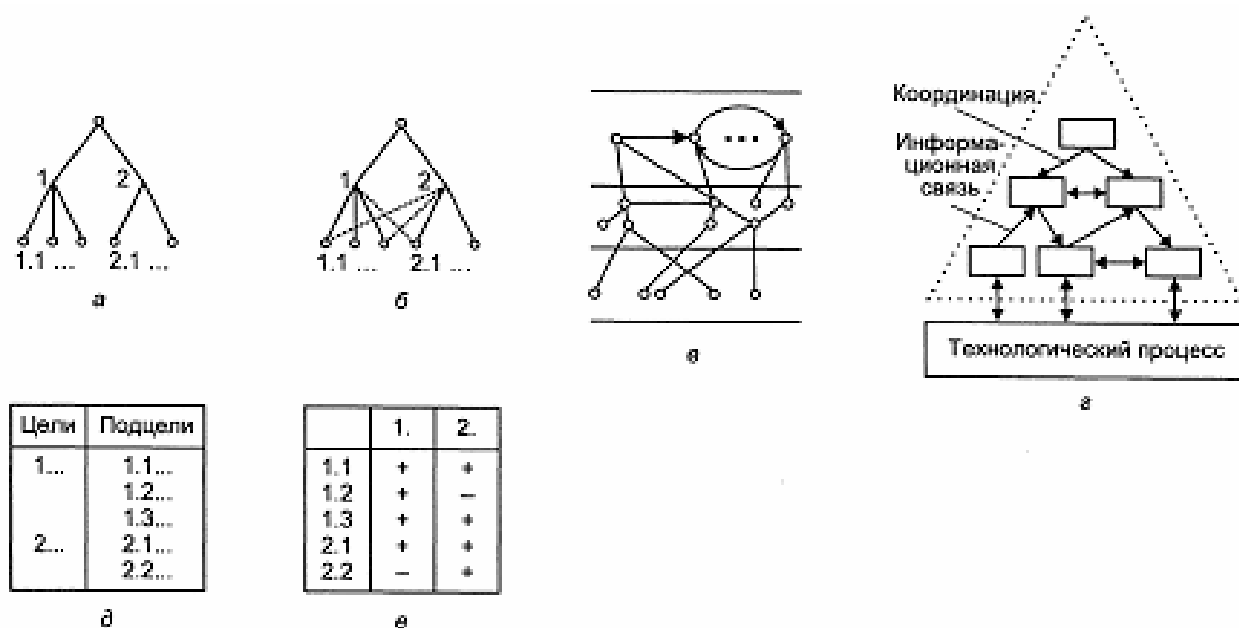


Рис.3.7. Классификация иерархических структур управления

Структура типа изображенной на рисунке **б**, в которой элемент нижележащего уровня может быть подчинен двум и более узлам (вершинам) вышестоящего, называют **иерархическими структурами со «слабыми» связями.**

Иерархическим структурам, приведенным на рисунке *а* и *б*, соответствуют матричные структуры, показанные на рисунке *д*, *е*. Отношения, имеющие вид «слабых» связей между двумя уровнями на рис. *б*, подобны отношениям в матрице, образованной из составляющих этих двух уровней на рисунке *е*.

Наибольшее распространение имеют древовидные иерархические структуры, с помощью которых представляются конструкции сложных технических изделий и комплексов, структуры классификаторов и словарей, структуры целей и функций, производственные структуры, организационные структуры предприятий и т.п.

В виде иерархий со «слабыми» связями представляют структуры целей и функций в тех случаях, когда цели сформулированы слишком близко к идеальным устремлениям и недостаточно подцелей, обеспеченных средствами для их реализации. «Слабые» связи имеют место в некоторых видах организационных структур, например, линейно-функциональная организационная структура, в структуре управления государством и т.д.

Поскольку в общем случае термин «иерархия» означает соподчиненность, т.е. любой согласованный по подчиненности порядок объектов, в принципе в иерархических структурах важно лишь выделение уровней соподчиненности, а между уровнями и между компонентами в пределах уровня могут быть любые взаимоотношения. В соответствии с этим существуют структуры, использующие иерархический принцип, но имеющие специфические особенности. В частности, в теории многоуровневых иерархических систем предложены особые классы иерархических структур – страты, слои, эшелоны, отличающиеся различными принципами взаимоотношений элементов в пределах уровня и различным правом вмешательства вышестоящего уровня в организацию взаимоотношений между элементами нижележащего. Такие структуры называют *многоуровневыми иерархическими структурами*.

Теория управления ИСУ включает следующие основные разделы:

- структурный анализ и синтез ИСУ;

- проблема координации в ИСУ;
- оптимизация функционирования ИСУ.

Принцип иерархичности управления является выражением целостности систем. Он, предопределяя организованность, позволяет найти способы управления сложными системами. Если организованность системы отсутствует, невозможно определить задачи управления даже для простых объектов.

Этот принцип предусматривает способ расчленения системы на элементы и взаимодействующие подсистемы и многоступенчатого построения управляющих систем, в которых функции управления распределяются между соподчиненными частями. В расчлененной системе одна часть оказывается «вложенной» в другую и является ее структурной составляющей. В такой системе существует взаимосвязь подсистем по одним отношениям и их свойствам и независимость по другим.

Организационная структура управления отражает внутреннее строение управляющей системы. При этом под **управляющей системой организации** принято понимать совокупность всех ее элементов, принимающих участие в разработке и выборе варианта решения, доведения его до исполнителей и контроле и оценке получения результата. Именно ОСУ, разрабатываемая на основе конкретно-объектного подхода, отраженного в процессуальной (производственной, коммерческой, сервисной и т. д.) структуре, во многом обуславливает общее строение организации.

Структура управления обеспечивает выполнение общих и конкретных функций управления, сохраняет целесообразные вертикальные и горизонтальные связи и разделение элементов управления.

Вертикальное разделение определяется числом уровней управления, а также их подчиненностью и директивными отношениями. **Горизонтальное разделение** осуществляется по отраслевым признакам. Оно может быть ориентировано на:

- подпроцессы промышленного производства;

- изготавливаемые изделия;
- пространственные производственные условия.

Формально структура управления предприятием представлена в организационной структуре предприятия. Организационная структура регулирует:

- разделение задач по отделениям и подразделениям;
- их компетентность в решении определенных проблем;
- общее взаимодействие этих элементов.

На организационную структуру влияют следующие факторы:

- размеры предприятия;
- применяемая технология;
- окружающая среда.

Схема организационной структуры управления отражает статическое положение подразделений и должностей и характер связи между ними.

Создавать с «нуля» или реформировать систему управления организацией можно только после того, как станет ясна самая наивысшая цель организации. Она нужна для принятия правильных с точки зрения ее достижения решений о внутреннем устройстве и принципах функционирования организации. Самое главное при этом действительно получить информацию о наивысшей цели, а не о целях более низкого уровня. Иначе это может привести к ситуации, когда в процессе проектирования приходится решать вовсе не те задачи, которые на самом деле хочет решить собственник.

Цели, которые может поставить собственник в зависимости от своих потребностей, можно разделить на три типа:

1. Финансовые цели.

Самый простой вид целей.

Примеры формулировок: Генерация заданного уровня прибыли в квартал. Генерация совокупной прибыли в размере N за 5 лет. Достижение компанией стоимости в N при продаже потенциальному покупателю. Достижение задан-

ной котировки акций на заданной фондовой бирже.

2. Системные цели.

Цели, которые должна достигать организация, для обеспечения функционирования системы более высоко уровня.

3. Личные (психологические) цели.

Личные цели собственника лежат в области его психологии и базируются на потребности в саморазвитии, общественном признании, положении в своей социальной группе и т.п. Это самые сложные для выявления и формализации цели, потому что, как правило, человек предпочитает о них не говорить.

Для полной формализации цели необходимо задать показатели ее достижения. Показатель определяет, насколько мы приблизились к выполнению цели. Показатели должны: быть измеримыми; иметь заданные целевые значения.

Определившись с наивысшей целью, необходимо разработать стратегию ее достижения – стратегию организации.

Стратегия – совокупность взаимосвязанных мероприятий и решений, определяющих приоритетные направления затрат ресурсов и усилий предприятия по достижению заранее определенных и согласованных с собственником целей. Стратегия дает ответ на вопрос, как добиться поставленных целей. Из стратегии должны следовать основные требования к системе управления:

- стратегические цели, являющиеся декомпозицией наивысшей цели организации (количество уровней зависит от детальности проработки стратегии), целевые значения показателей для определения верхнего уровня системы целей организации;
- уровни управления (монопредприятие, холдинг – управляющая компания и набор производственных единиц, корпоративный центр – набор холдингов) – для определения верхнего уровня организационной структуры организации.

Организационная модель – это принципы формирования подразделений, делегирования полномочий и наделения ответственностью. По сути, организационная модель показывает, как сформировать подразделение.

На практике применяют следующие принципы формирования подразделений:

- функциональная модель: «одно подразделение = одна функция»;
- процессная модель: «одно подразделение = один процесс»;
- модель, ориентированная на контрагента: «одно подразделение = один контрагент (клиент или клиентская группа, поставщик, подрядчик и пр.)».

Последняя модель применяется в случае, если рынок контрагента ограниченный.

В зависимости от целеполагания бизнеса, выполнения требований основных заинтересованных групп (собственники, работники, инвесторы, клиенты, поставщики), с учетом фазы развития бизнес-системы и иных особенностей, включая удобство управления, необходимо построить ту или иную организационную модель управления. Выполнить «привязку» или, другими словами, определить соответствие между работами (блоками работ) и исполнителями.

Основные структурные параметры организаций приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Организационные параметры СЭС

Параметр	Описание
Руководитель подразделения	Субъект – руководитель подразделения.
Задачи	Задачи подразделения – дополнительные к тем задачам, которые указаны в шаблоне регламента «Положение о подразделении».
Функции	Функции подразделения – дополнительные к тем функциям, которые указаны в шаблоне регламента «Положение о подразделении».
Права	Перечень прав, необходимых для реализации возложенных на подразделение функций.
Ответственность	Ответственность – дополнительная к той ответственности подразделения, которая указана в шаблоне регламента «Положение о подразделении».

Полученная после декомпозиции модель проецируется на плоскость различных аспектов управления:

- организационная и процессная структуры в совокупности образуют системы процедур и регламентов, описывающих взаимодействие подразделений;

- система показателей определяет составляющие учетной системы компании и системы контроллинга;
- на основании учетной системы и процессной структуры (структура потоков работ) формируется система документооборота и отчетности;
- сведение всех подсистем в разрезе рабочих мест определяет требования к профессиональному составу персонала, должностные права, полномочия и ответственность работников;
- процессная и организационная структуры при совмещении со спецификацией целей и структурой затрат образуют базу системы управления затратами – планово-бюджетной системы.

Полученные описанным технологическим приемом системы подлежат дальнейшей детализации и повторной оптимизации в соответствии с выбранными критериями – требованиями системы АСУ, государственными и отраслевыми стандартами и прочими системными ограничениями. На этом этапе применяются классические методики, техники и инструменты управления.

7. Процесс управления. Процесс принятия решений в системах управления СЭС

Принято различать ***системы управления*** и ***процессы управления***. Рассмотрение содержания или функций управления относится к процессам управления. Состав функций управления определяется особенностями системы управления и целями исследования.

Процесс управления – это целенаправленное воздействие на систему для изменения ее поведения (состояния). Управление есть процесс упорядочения в системе.

Этапы процесса управления включают следующие процедуры:

1. Сбор и обработка исходной информации.
2. Анализ, диагностика, прогнозирование, моделирование, систематизация (синтез), целеполагание.

3. Выработка решений, направленных на достижение цели.
4. Планирование, программирование, проектирование, выработка (частных) управленческих решений.
5. Организация деятельности по реализации решения.
6. Контроль за реализацией решений.
7. Сбор и обработка информации о результатах реализации решений, накопление опыта.
8. Возврат к началу итерационной процедуры.

Функция управления – это вид деятельности, основанный на разделении и кооперации менеджмента и характеризующийся определенной однородностью, сложностью и стабильностью воздействий на объект со стороны субъекта управления.

В целом, процесс управления предприятием может быть разделен на отдельные функции, которые сосредоточены в трех основных группах:

- общее управление (установление нормативных требований и политики управления, политики инноваций, планирование, организация работы, мотивация, координация, контроль, ответственность);
- управление структурой предприятия (его создание, предмет деятельности, правовые формы, связи с другими предприятиями, территориальные вопросы, организация, реконструкция, ликвидация);
- конкретные области управления (маркетинг, НИОКР, производство, кадры, финансы, основные фонды).

Если структурные стороны деятельности предприятия определены, то все функции управления разделяются на **общие** и **конкретные**.

Функции управления и установление объема работ по каждой функции являются основой для формирования структуры управляющей системы и взаимодействия ее компонентов. Общие функции выделяются по этапам (стадиям) управления. В соответствии с ГОСТ 24525.0-80 к ним относятся:

- прогнозирование и планирование;

- организация работы;
- мотивация;
- координация и регулирование;
- контроль, учет, анализ.

Функции, выделяемые по сфере деятельности, называются конкретными.

ГОСТ рекомендует их типовой состав:

перспективное и текущее экономическое и социальное планирование;

- организация работ по стандартизации;
- учет и отчетность;
- экономический анализ;
- техническая подготовка производства;
- организация производства;
- управление технологическими процессами;
- оперативное управление производством;
- метрологическое обеспечение;
- технологический контроль и испытания;
- сбыт продукции;
- организация работы с кадрами;
- организация труда и заработной платы;
- материально-техническое снабжение;
- капитальное строительство;
- финансовая деятельность.

Общие и конкретные функции управления тесно связаны и представляют собой разные срезы поля управления. Конкретные функции управления тесно связаны со спецификой предприятия и основными сферами его деятельности (общее управление, финансовое управление, производство, НИОКР, маркетинг).

Общее управление предприятия заключается в его структуризации, орга-

низации деятельности, планировании, управлении персоналом, контроле, учете и анализе результатов деятельности, что подробно будет рассмотрено в дальнейшем.

При *управлении производством* решаются задачи экономики производства (издержки, цены) и планирования производства продукции. К задачам планирования производства относят:

- выбор технологического процесса;
- планирование программы производства;
- планирование последовательности производства (оперативное планирование);
- формирование производственных систем (систем оборудования);
- содержание и эксплуатация оборудования;
- организацию материально-технического снабжения.

При *управлении НИОКР (инновациями)* реализуются следующие конкретные функции управления:

- организация инновационного процесса;
- выбор и реализация стратегии НИОКР;
- оптимальное распределение ресурсов на НИОКР;
- внедрение результатов НИОКР;
- защита результатов НИОКР.

Реализация функций в области маркетинга включает:

- организацию сбора и обработки маркетинговой информации;
- выбор целевых рынков и их сегментирование;
- применение маркетинговых решений по продукту;
- выбор и взаимодействие с каналами товародвижения;
- продвижение товара;
- выбор и реализацию ценовой политики;

- планирование и анализ эффективности маркетинговой деятельности.

Финансовое управление предприятием включает:

- приобретение финансовых средств;
- использование финансовых средств;
- управление ликвидностью;
- структурирование капитала и имущества;
- управление платежными средствами и проведение платежного оборота;
- финансовое планирование и финансовый контроль.

Таким образом, конкретные функции управления фирмой можно рассматривать как системные компоненты организационно-экономического механизма управления предприятием.

Когда речь идет об изучении систем с точки зрения управления, первоочередное значение приобретают взаимные связи между их элементами и подсистемами. Если на подсистему осуществляется управляющее воздействие, то такую систему называют *управляемой системой* или *объектом управления (ОУ)*. Подсистема, которая осуществляет управляющее воздействие, называется *системой управления (СУ)*. *Системой управления* называется организованная динамическая система с обратной связью, в которой реализуются причинно-следственные связи с помощью, по крайней мере, двух каналов. На рис. 3. представлена простейшая *структурная схема управления*, состоящая по крайней мере из двух основных частей: руководящего органа (системы управления) и



Рис. 3.8. Простейшая структурная схема управления

Влияние на ОУ в СЭС осуществляется посредством устных и письменных распоряжений исполнителям. Вся совокупность управляющих воздействий (приказов, команд, распоряжений, указаний, рекомендаций и др.) называется ***управляющей информацией (управляющими воздействиями)***. Такая информация соответственно заданной программе управления (стратегии развития СЭС) передается ОУ по каналу связи, который можно условно определить как ***канал обратной связи***. Однако, сам факт получения ОУ надлежащей информации далеко не всегда гарантирует правильное функционирование этого объекта согласно с разработанными планами и программой управления, поскольку существует факторы (внутренние особенности объекта, влияние факторов неопределенности внешней, динамически изменчивой среды), которые снижают эффективность функционирования СЭС и устойчивость ее развития. Совокупность таких факторов называют ***возмущениями***. При этом те или иные причины и последствия возмущений нельзя точно предусмотреть, разрабатывая программу управления. Следовательно, возникает необходимость корректировать функционирование объекта управления. Чтобы такая корректировка со стороны руководства была рациональной, оно должно регулярно получать уведомления о фактическом состоянии и функционировании объекта управления. Такие уведомления получили название ***уведомляющей информации***. От ОУ в СУ она поступает по ***каналу обратной связи***.

В связи с этим, ***управление*** заключается в том, что управляющий орган вырабатывает информацию, соответствующую программе управления, передает ее объекту управления, а далее получает и анализирует полученную от него уве-

домляющую информацию о его фактическом состоянии. После этого в зависимости от результатов анализа информации о состоянии ОУ осуществляется корректировка или выработка новой управленческой информации с целью оптимизации функционирования ОУ. Следовательно, управление в данном случае понимается как целенаправленное воздействие СУ на ОУ для изменения поведения последнего в соответствии с изменяющимися условиями внешней среды и особенностями и тенденциями его развития.

Общая задача оптимизации. Пусть $\Theta: M \rightarrow Q$ – некоторая функция, отображающая множество M множество Q , которое упорядочено отношением « \leq ». Тогда задача оптимизации может быть сформулирована следующим образом: для данного подмножества $\bar{M} \subseteq M$ найти такое $\bar{m} \in \bar{M}$, что для всех $\bar{m} \in \bar{M}$ выполняется условие:

$$\Theta(\bar{m}) \geq \Theta(m). \quad (3.13)$$

Множество M является *множеством решений задачи управления*, множество \bar{M} – множеством допустимых решений, функция Θ – целевой функцией, а Q – множеством оценок. Элемент $\bar{m} \in \bar{M}$, удовлетворяющий условию (3.13) при всех $\bar{m} \in \bar{M}$, называется *решением задачи оптимизации*, задаваемой парой (Θ, \bar{M}) .

Зачастую функцию определяют с помощью функций:

$$\begin{aligned} P: M \rightarrow Y \text{ и } \Theta: M \times Y \rightarrow Q, \\ \Theta(m) = \Theta(m, P(m)). \end{aligned} \quad (3.14)$$

В этом случае функцию P называют *выходной функцией*, а функцию Θ – *функцией качества* или *оценочной функцией*; задача оптимизации тогда определяется тройкой (P, Θ, M) или парой (P, Θ) , если $\bar{M} = M$.

Система $S \subseteq X \times Y$ называется *системой принятия решений*, если существует такое семейство задач принятия решений $D_x, x \in X$, решения которых принадлежат множеству M , и такое отображение $P: M \rightarrow Y$, что для любого $x \in X$ и $y \in Y$ пара (x, y) принадлежит системе S тогда и только тогда, когда найдется такое $m \in M$, что является решением задачи D_x , а $P(m) = y$.

Следствие. Любую систему управления S можно представить как систе-

му принятия решений и наоборот, просто опираясь на предположение о целесообразности ее поведения.

Принятие решений в системе управления производится на основе отбора и преобразования информации. Цитируя У.Р. Эшби, можно отметить, что «любая система, выполняющая подходящий отбор (на ступень выше случайного), производит его на основе полученной информации».

Общая характеристика процесса принятия управленческих решений

При решении относительно несложных проблем часто используется интуитивный подход, который характеризуется следующими чертами:

- субъект решения держит всю проблему в голове;
- по мере развития проблемы подход к ее решению может радикально меняться;
- возможно одновременное рассмотрение нескольких вариантов;
- может не соблюдаться последовательность этапов;
- качество решения основывается прежде всего на предыдущем опыте лица, принимающего решение.

Интуитивный подход не дает хороших результатов, когда опыт менеджера небольшой, а предыдущие ситуации не соответствуют новой. Также на качество интуитивных решений может оказывать влияние недостаточно полное представление о текущей ситуации. Если проблемная ситуация не так очевидна, ее решение неоднозначно, то процесс принятия решений требует структуризации, которая позволит определить этапы и процедуры, направленные на ее решение. Процесс принятия решений можно представить в виде следующих этапов, каждому из которых соответствуют определенные процедуры:

- постановка проблемы: возникновение новой ситуации, появление проблемы, сбор необходимой информации, описание проблемной ситуации;
- разработка вариантов решений: формулирование требований-ограничений, сбор необходимой информации, разработка возможных вариантов решений;

- выбор решения: определение критериев выбора; отбор решений, отвечающих критериям, оценка возможных последствий, выбор предпочтительного решения;
- организация выполнения решения и его оценка: план реализации выбранного решения; контроль за ходом реализации решения; оценка решения проблемы и возникновение новой ситуации.

Обязательными элементами процесса является наличие поэтапного плана и методов решения, а также их информационное обеспечение. Работа по сбору, обработке и оценке информации проводится на всех этапах процесса, но каждый раз она имеет особенности, отражающие специфику выполняемых действий и решаемых задач, а также стиль работы менеджера. Представленная схема процесса принятия решений отображает логику управленческой деятельности. На практике этот процесс более сложен и допускает параллельность ряда процедур, что позволяет значительно сократить время принятия решений.

Основные методы подготовки и оптимизации управленческих решений

Методы, используемые на этапе постановки проблемы, обеспечивают ее достоверное и наиболее полное описание. В их составе выделяют методы сбора, хранения, обработки и анализа информации, методы фиксации важнейших событий, факторного анализа, сравнения, моделирования. Набор методов зависит от характера и содержания проблемы, сроков и средств, которые выделяются на этапе постановки.

На этапе разработки вариантов решений также используются методы сбора информации, но в отличие от первого этапа, на котором осуществляется поиск ответов на вопросы типа «что произошло?» и «по каким причинам?» здесь уясняют, «как можно решить проблему, с помощью каких управленческих действий?». Менеджеры и специалисты не только собирают и обрабатывают необходимые данные, но и используют свой творческий потенциал, знания и умения для разработки вариантов решений. При групповой работе раскрытию

творческих способностей и неординарного мышления способствуют метод номинальной групповой техники, метод Дельфи и метод мозговой атаки.

На этапе выбора решения необходимо определить методы формирования критериев выбора. Наиболее полно они разработаны для хорошо структурированных решений, где возможно использование методов количественного анализа и электронной обработки данных. К решению управленческих проблем часто применяют экономико-математические методы, которые позволяют использовать в качестве критерия выбора целевую функцию, которую обычно надо максимизировать или минимизировать. Такой выбор называют оптимизационным. Примерами оптимизационных критериев являются: максимум прибыли, доходов, производительности; минимум затрат, потерь от брака.

Для оценки вариантов слабо структурированных решений применяют систему взвешенных критериев. Часто используется модель, позволяющая принимать не оптимальное, а удовлетворительное решение, которое считается «достаточно хорошим», так как отвечает поставленным ограничениям и обеспечивает улучшение проблемной ситуации.

Методом доведения принятого решения до исполнителей чаще всего является составление плана реализации, которым предусматривается система мер, обеспечивающих успешное достижение поставленных целей. Наряду с методами прямого воздействия (приказ, распоряжение, указание) используются методы материального стимулирования, проводятся встречи работников с руководством, разъясняется суть принятых решений. Все они направлены на преодоление сопротивления нововведениям, на повышение заинтересованности работников в получении запланированного результата. Большое значение имеет использование методов контроля выполнения работ, связанных с реализацией решения.

8. Виды связей в системах управления

Вид соединения элементов, при котором выходное воздействие одного элемента передается на вход другого элемента, называется **прямой связью**. Прямая связь между двумя элементами системы может осуществляться непосредственно или через другие ее элементы. В случае опосредованного воздействия выходной сигнал одного элемента поступает на вход другого с передаточным коэффициентом промежуточного элемента.

Вид соединения элементов, при котором выходное воздействие одного элемента передается на вход того же самого элемента, называется **обратной связью**. Обратная связь может осуществляться либо непосредственно от выхода элемента системы на его вход, либо через другие элементы данной системы. Обратная связь бывает внешняя и внутренняя.

Внешней, или главной называется такая связь, посредством которой осуществляется передача части выходного сигнала всей системы управления на ее вход.

Внутренние, или местные обратные связи соединяют выход отдельных элементов или групп последовательно соединенных элементов с их входом.

Различают **положительную и отрицательную обратную связь**. Если под действием обратной связи первоначальное отклонение управляемой величины y , вызванное возмущающими воздействиями ω , уменьшается, то считают, что имеет место **отрицательная обратная связь**. В противном случае говорят **о положительной обратной связи**. Следовательно, положительная обратная связь усиливает действие входного сигнала, отрицательная – ослабляет.

Положительная обратная связь используется во многих технических устройствах для увеличения коэффициента передачи. В экономике на принципе положительной обратной связи основаны системы материального стимулирования. Положительными являются обратные связи в схеме межотраслевого баланса.

Примером использования отрицательной обратной связи является тер-

мостат. Обычно положительная обратная связь приводит к неустойчивой работе системы, т.к. соответствует увеличению возникшего в системе отклонения. Отрицательная обратная связь способствует восстановлению равновесия в системе. Поэтому системы с отрицательной обратной связью являются относительно устойчивыми.

Если сигнал обратной связи пропорционален установившемуся значению входной величины и не зависит от времени и скорости ее изменения, то такая обратная связь называется *жесткой*. *Сигналы гибкой обратной связи* пропорциональны скорости изменения входной величины. Мерой величины обратной связи служит *коэффициент обратной связи*.

Обратная связь является одним из важнейших понятий кибернетики, оно помогает понять многие явления, происходящие в системах управления любой природы. Важную роль обратная связь играет в распознавании образов и принятии решений. Положительную обратную связь используют в системах обучения. В организационных системах обратные связи используются для выработки управляющих сигналов, для выработки критерия эффективности управления и оценки качества управления. В биологических системах обратная связь обеспечивает поддержание в нормальном состоянии основных показателей жизнедеятельности: температуры и массы тела, уровня сахара и гемоглобина в крови, другие. В экономических системах обратная связь играет важную роль в обеспечении эффективного управления. Свойства систем управления существенно зависят от способа формирования управляющих воздействий. При этом полезно *рассмотреть разомкнутые и замкнутые системы.*

9. Виды управления

Жесткое управление. Под жестким управлением понимается воздействие на систему или процесс, направленное на достижение заданного типа поведения. Процесс управления характеризуется наличием разомкнутого контура, особенность которого состоит в том, что достижение результата не сообщается в

устройство управления (рис. 3.9).

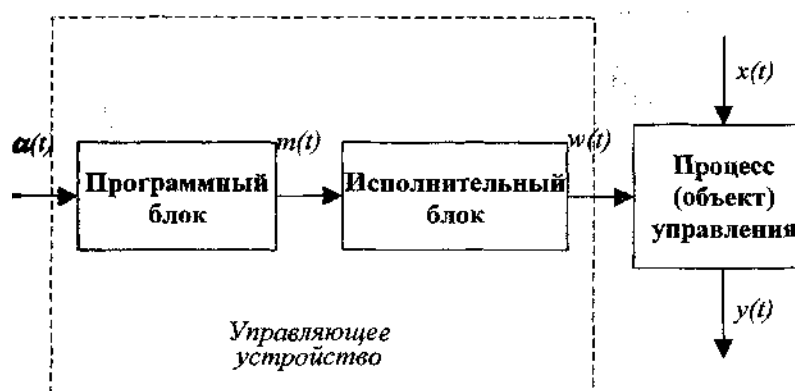


Рис. 3.9. Разомкнутый контур управления

Жесткое управление реализуется в предположении о полной определенности условий внешней среды. Назначение устройства управления состоит в следующем: на вход программного блока поступает задающее воздействие $a(t)$. Программный блок транслирует систему команд $m(t)$, которые исполнительный блок преобразует в последовательность управляющих воздействий $w(t)$, цель которых состоит в том, чтобы управляемый параметр $y(t)$ максимально соответствовал задающему воздействию $a(t)$. Поскольку обычно на процесс влияют внешние воздействия $x(t)$, они должны по возможности учитываться и заранее компенсироваться устройством управления. Но так как предвидеть все возмущения заранее невозможно, выполнения равенства $a(t)=y(t)$ добиться трудно. Алгоритмическое и техническое решение системы жесткого управления относительно простое, но область его применения на практике весьма ограничена: простейшие автоматические технические устройства, жесткое администрирование.

Регулирование. Регулирование представляет собой процесс, в ходе которого регулируемый параметр y измеряется и сравнивается с a . При отклонении этих величин регулятор через исполнительный блок воздействует регулирующей величиной w на процесс или объект с тем, чтобы обеспечить выполнение условия $a(t)=y(t)$. Для регулирования характерно наличие замкнутого контура (рис 3.10).

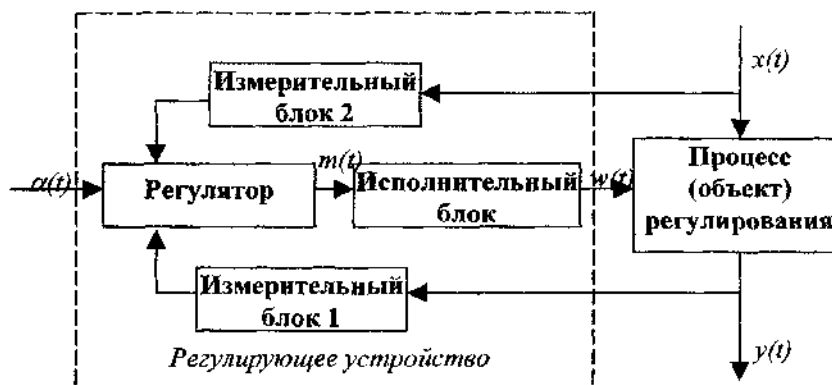


Рис. 3.10. Замкнутая система регулирования

Различаются два основных вида систем регулирования:

- **регулирование по отклонению** имеет место, когда достигнутый результат y через цепь обратной связи после измерения поступает в регулирующее устройство, которое генерирует соответствующий управляющий сигнал $m(t)$. Регулирование по отклонению от управляемой величины реализуется в *системах стабилизации*. Задачами стабилизации являются задачи поддержания выходных величин $y(t)$ вблизи некоторых неизменных заданных значений Y . Так, задачи стабилизации решаются при осуществлении технологических операций, так как соответствие выполняемых работ технологическому процессу является необходимым условием получения продукции с заданными свойствами. В системах энергоснабжения должны быть стабилизированы напряжение и частота тока в сети вне зависимости от изменения потребления электроэнергии. Другим типом регулирования по отклонению являются **системы с программным управлением**. Задачи такого типа возникают, когда необходимо, чтобы состояние управляемого объекта удерживалось вблизи изменяющегося во времени по заранее заданному закону значению $y(t)$. Задачи программного управления возникают в производственных системах при

- выполнении работ в соответствии с планом. Системы программного управления широко применяются в технике для автоматизации технологических процессов (станок с программным управлением);
- **регулирование по возмущению** происходит, если возмущения $x(t)$ учитываются, измеряются и компенсируются регулятором по контуру, включающему измерительный блок 2.

Часто встречаются ситуации, когда закон изменения во времени заданного состояния системы заранее неизвестен, а определяется в ходе самого процесса в соответствии с внешним сигналом. Система управления, предназначенная для изменения состояния $Y(t)$ управляемого объекта по закону, задаваемому внешним, неизвестным заранее сигналом, называется **следающей системой**. При этом внешний сигнал называется ведущей величиной.

Основная формула теории регулирования. Методы регулирования основаны на использовании обратной связи. Рассмотрим простую систему регулирования, имеющую один вход X и выход Y (рис. 3.11).

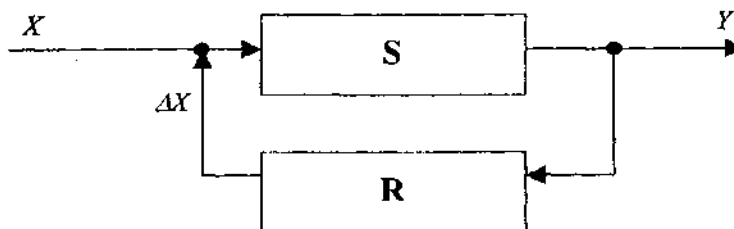


Рис. 3.11. Система регулирования

Рассмотрим некоторую регулируемую систему S , которая подвергается определенным воздействиям X , дающим в итоге требуемый результат Y . Результат воздействует на регулятор R , который, в свою очередь, воздействует на регулируемую систему. Комплекс регулируемой системы и регулятора составляет **систему регулирования**. Преобразование состояния входа X в состояние выхода Y формально можно отобразить как: $Y=SX$. Этот способ отображения соответствует разомкнутому контуру управления. Как показано на рис. 3.11, состояние выхода регулируемой системы S передается на вход регулятора R , вы-

ходом которого является величина ΔX . Это состояние прибавляется к состоянию входа системы S : $X + \Delta X$.

Предположим, что регулируемая система работает как пропорциональный преобразователь: $Y = SX$.

При $S > 1$ пропорциональное преобразование называется *усилением*, а при $S < 1$ – *ослаблением*. Показатель $S = \frac{Y}{X}$ – называется *пропускной способностью регулируемой системы*.

Предположим также, что регулятор тоже осуществляет пропорциональное преобразование, а его пропускная способность равна R . Тогда $\Delta X = RY \cdot C$ с учетом воздействия регулятора состояние выхода регулируемой системы определится как: $Y = S(X + \Delta X) = S(X + RY) = SX + SRY$,

отсюда,

$$Y = \frac{S}{1 - SR} X. \quad (3.15)$$

Выражение (3.15) является *основной формулой теории регулирования*. Приведенная формула дает возможность рассчитать необходимое значение входной величины, чтобы при заданных параметрах системы S и R получить на выходе искомый результат Y . Принимая во внимание то, что $\frac{Y}{X} = \frac{S}{1 - SR}$, выражение $\frac{S}{1 - SR}$ называется *пропускной способностью системы регулирования*. Из основной формулы теории регулирования вытекает специфическая роль регулятора. При $R = 0$ пропускная способность регулируемой системы была бы равна S : $Y = SX$. Наличие регулятора требует введения множителя $\frac{1}{1 - SR}$, который характеризует его действие. Сомножитель $\frac{1}{1 - SR}$ выражает действие обратной связи в системе регулирования, и его называют *оператором или мультипликатором обратной связи*.

Основные свойства и характеристики регулируемых систем изучаются

технической кибернетикой в разделе *теории автоматического управления*. Регулирование как функция управления получила широкое применение в исследовании экономических систем управления.

Адаптивное управление. В тех случаях, когда воздействующие на систему факторы являются частично или полностью неопределенными, управление становится возможным только после накопления некоторой информации об этих факторах и характеристиках объекта. Управление в системе с полной априорной информацией об управляемом процессе, которое изменяется по мере накопления информации и применяется для улучшения качества работы системы, называется *адаптивным управлением*.

В дискретном времени $t = \frac{T}{\Delta t}$, где T – время, Δt – интервал его *квантования*, процесс адаптивного управления может быть представлен следующим образом. Пусть управляемый процесс u является марковским процессом и описывается некоторой характеристикой

Марковский процесс – случайный процесс, обобщенное понятие динамической системы, введенное А.Н. Колмогоровым, процесс, который преобладает тем свойством, что его поведение после момента t зависит только от его значения в этот момент и не зависит от поведения процесса до момента t .

Пусть в момент t заданы состояние процесса u , и состояние информации о процессе P_t образующие точку (x_t, P_t) в некотором фазовом пространстве. Переход в новое состояние происходит под воздействием управления x_t , и возмущения ω_t – случайной величины с вероятностным распределением $dP(u_t, P_t; x_t, \omega_t)$, которое может являться какой-то частью характеристики информации. Переход в новое состояние может быть определен случайными преобразованиями \sum_1 и \sum_2 так, что:

$$u_{t+1} = \sum_1(u_t, P_t; x_t, \omega_t); \quad (3.16)$$

$$P_{t+1} = \sum_2(u_t, P_t; x_t, \omega_t). \quad (3.17)$$

Управление x , изменяя состояние процесса u , влияет и на характеристику информации P . Если преобразования \sum_1 и \sum_2 заданы, то управление в момент

перехода следует выбирать в виде:

$$x_t = x_t(u_t, P_t). \quad (3.18)$$

Управление (3.18) обладает свойством адаптации в том смысле, что оно зависит от всей доступной в момент t информации P_t , о процессе. Но обычно преобразования Σ_1 , Σ_2 не заданы, и определение этих преобразований, как и самой характеристики информации, является частью задачи об управлении с адаптацией. Для того, чтобы информация о процессе со временем накапливалась, необходимо специально выбирать Σ_2 так, чтобы описание процесса P_{t+1} было более полным, чем P_t . Изменения в направлении улучшения характеристик информации составляют сущность адаптации. Если с состоянием u_{t+1} связать некоторый показатель качества управления $\Theta(u_{t+1})$, то за счет большей «информированности» управления вследствие адаптации этот показатель может улучшаться. При этом последовательность преобразований $(\Sigma_1, \Sigma_2)_t, t=0,1,2,\dots$ дает процесс управления с адаптацией.

Таким образом, общее представление процесса адаптивно управления включает характеристику информации P и механизм адаптации, определяемый преобразованием T_2 .

Двойственный характер адаптивного управления проявляется и том, что, с одной стороны, невозможно осуществлять эффективное управление, не зная характеристик объекта, с другой – можно изучать эти характеристики в процессе управления и тем самым улучшат, его. Управляющие воздействия носят двойственный характер: они служат средством как активного познания управляемого объекта, так и непосредственного управления им в текущий момент времени. В системах адаптивного управления обязательным является наличие обратной связи ввиду непрерывного процесса исследования характеристик объекта.

В системах управления, реализующих *принцип адаптации*, могут меняться параметры и структура системы (*самоорганизация*), программа, алгоритм функционирования и управляющие воздействия (*самонастройка*). Накопление и обобщение опыта обеспечивает возможности обучения и *самообучения*

систем управления.

Адаптивное управление в полной мере присуще системам управления в живой природе. Она дает нам образцы совершенной организации, настройки и функционирования систем управления сложнейшими динамическими процессами, которые современная теория и практика управления стремятся воспроизвести в искусственных системах. Адаптация в экономических системах проявляется в способности системы сохранять в процессе развития существенные параметры не изменяющимися в определенных границах их варьирования, несмотря на разнообразие воздействий внешней среды.

10. Современные методы управления СЭС

Формирование целенаправленной стратегии развития современных организаций требует, прежде всего, правильного, четкого и системного понимания сущности феномена инновационной экономики. Исходными параметрами новой парадигмы являются три движущие силы: знания (повышается роль наукоемких производств и интеллектуальных факторов производства); перемены (непрерывные, быстрые и комплексные; создают ситуацию неопределенности и снижают предсказуемость); глобализация (привела к раскрытию экономик, интернационализации производственных отношений, глобальной гиперконкуренции и взаимосвязи бизнесов).

Конкуренция и глобализация изменили не только принципы функционирования рынка, но также требуют соответствующих изменений в поведении субъектов предпринимательства на нем. На уровне предприятия эти изменения обуславливают, прежде всего, необходимость ориентации инновационной деятельности на потребности рынка, что предусматривает активное привлечение новых инструментов в процесс управления предприятиями. В этих условиях парадигма инновационного развития становится определяющим вектором управления национальной экономикой на микро- и макроуровнях. В табл. 4 обобщены современные методы управления развитием предприятиями.

Таблица 4

**Содержательная характеристика современных методов управления
предприятиями**

№ п/п	Метод управления	Сущность управленческого воздействия
1	2	3
1	Стратегический менеджмент	Деятельность по обеспечению реализации целей организации в условиях динамичной, изменчивой и неопределенной среды, позволяющая оптимально использовать существующий потенциал и оставаться восприимчивой к внешним требованиям.
2	Инвестиционный менеджмент	Применяется в случаях долговременного вложения капитала в проекты развития организаций (новые технологии, развитие дополнительных сфер бизнеса и т.д.). Особое условие – обязательное присутствие объекта вложения капитала и преобладающий экстенсивный характер развития.
3	Инновационный менеджмент	Применяется в случаях внедрения чего-то совершенно нового (продукт, технология, услуга), как результата материализации НИОКР. Ограниченность в управлении организационными изменениями заключается в его применимости исключительно к новым, имеющим преобладающий интенсивный характер организационным изменениям.
4	Маркетинг	Управление производственно-сбытовой деятельностью организации, направленная на получение приемлемой величины прибыли посредством учета запросов потребителей и активного влияния на рыночные условия. Повышает успех организации и приносит пользу обществу посредством: планирования ассортимента и объема выпускаемых продуктов; определения цен; распределения продуктов между выбранными рынками и стимулирования их сбыта.
5	Логистика	Теория и практика планирования, управления и контроля за движением материальных, информационных и финансовых ресурсов в различных системах. Оптимизация производственной цепи от поставки сырья, технологий, материалов, комплектующих и оборудования до момента реализации и послепродажного обслуживания. Внедрение системы «Точно вовремя», что ведет к снижению затрат, повышению договорной дисциплины.
6	Процессно-ориентированное управление	Отслеживание общих и косвенных издержек по всем процессам с учетом конкретных продуктов и клиентов, управление затратами, анализ прибыльности клиентов, прибыльности продуктовой линейки. Позволяет точнее распределять издержки и принимать оптимальные решения.
7	Ресурсное управление	Это деятельность, осуществляемая предприятием с целью оптимального использования имеющихся ресурсов. Критерии оптимальности могут варьировать в зависимости от цели предприятия. Управление ресурсами является необходимым условием повышения качества управления финансовыми потоками предприятия, так как любой элемент ресурсной базы, так или иначе, оказывает влияние на формирование, скорость и согласованность этих потоков.
8	Управление проектами (Project management)	Проектный подход к управлению развитием организации позволяет: выделять конкретные, значимые для компании, достижимые в обозримый период цели; определять потребности и эффективно планировать выделение ресурсов для достижения целей; организовывать взаимодействие исполнителей проекта; осуществлять оперативный контроль за достижением целей, выявлять негативные тенденции и своевременно принимать управленческие решения по их устранению; повысить ответственность руководителей и исполнителей за достижение конечных, а не промежуточных целей.
9	Менеджмент изменений	Область менеджмента, которая концентрирует внимание на технике проведения изменений в организации. Способность контролировать изменения в активах, процессах, документах и технологиях. Основное значение при этом имеет то, какая форма управленческого вмешательства в процесс изменения будет выбрана, чтобы достичь желаемых результатов трансформации организации.

1	2	3
10	Реинжиниринг бизнес-процессов	Радикальные изменения в ключевых бизнес-процессах с целью достижения существенного повышения производительности, качества и сокращения затрат времени. Процесс развития связан с реорганизацией процессов, разукрупнением, сокращением затрат времени, горизонтальной организацией, на каждом этапе проводится анализ эффективности расходов. Позволяет хорошо структурировать процессы закупки, выпуска и содержания, управления складом, выполнения заказов и выставления счетов. Процессы, которые хорошо поддаются реинжинирингу, легче наладить, автоматизировать и интегрировать. Не рассматривается как угроза сокращения штатов и, соответственно, не деморализует персонал.
11	Тотальное управление качеством (TQM)	Ключевой предпосылкой реализации TQM является понимание ожиданий покупателей и их выполнение является лучшим и единственным устойчивым средством для достижения успеха в бизнесе. Создание систем менеджмента качества (СМК) предопределяет решение трёх основных задач: обеспечение качества, управление качеством и улучшение качества, которые могут быть решены с использованием различных методов и принципов управления. Сертификация систем качества является добровольной процедурой, подтверждающей соответствие стандартам ИСО 9000-14000. Рассматривая систему качества как совокупность инструментов, необходимых для осуществления общего руководства качеством, следует отметить её «внутрифирменную» направленность. СМК ориентирована на повышение уверенности у руководства организации и у потребителей в том, что производимые продукты (услуги) соответствуют установленным требованиям к их качеству. При этом масштаб системы качества должен соответствовать задачам в области качества (политики организации в области качества), а затраты на её создание и функционирование не должны превышать положительного эффекта от эксплуатации или потребления продукции.
12	Six Sigma (Шесть Сигм)	Исчерпывающая и гибкая система достижения, поддержания и максимизации успеха в бизнес-деятельности, основанная на: глубоком понимании потребительских нужд; четком и грамотном использовании фактов, данных и статистико-аналитических методов; проактивном управлении, развитии и реорганизации бизнес-процессов. Это «высокотехнический метод точной настройки процессов и товаров, применяемый экономистами-технологами и статистиками». Измерения и статистические данные – это ключевые элементы совершенствования по системе «Шесть Сигм», поэтому ее можно назвать широкомасштабной программой «культурных изменений», направленной на то, чтобы привести компанию к более высоким показателям потребительской удовлетворенности, прибыльности и конкурентоспособности. Спектр возможных «успехов» системы Шесть Сигм очень широк и причиной тому – многочисленность и разнообразие подтвержденных на практике выгод, среди которых: сокращение расходов; повышение производительности; расширение рынка; удержание клиентов; сокращение продолжительности производственного цикла; сокращение дефектов; изменение корпоративной культуры; разработка новых товаров/услуг и др.
13	Кайдзен	Непрерывное пошаговое улучшение операций и процессов, повышающих ценность. Главная мысль кайдзен фокусируется вокруг процесса постоянного непрерывного совершенствования. Основными элементами кайдзен, которые к нему принято относить, являются: циклы PDCA/SDCA; качество; разговор при помощи данных; потребитель, в качестве любого последующего процесса. Стратегия кайдзен ориентирована на совершенствование процессов создания стоимости, повышение качества продукции и процессов.
14	Управление отношениями с клиентами (программы лояльности, CRM-технологии)	Повышение качества и эффективности делового сотрудничества, удержание, сегментация, управление лояльностью клиентов. Предполагает сбор информации для лучшего понимания потребностей клиентов с целью приобретать, удерживать и выращивать наиболее лояльных из них. Изучение клиентов ориентировано на: определение степени их удовлетворенности и выявление их основных потребностей. Внедрение стратегии конджоинт, включающей анализ, персональный менеджмент, аудит качества.

1	2	3
15	Бережливое производство (Lean production)	Прорывный подход к менеджменту и управлению качеством, разработанный в фирме Toyota. Предприятия, вставшие на путь бережливого производства, способны примерно вдвое увеличить производительность и ускорить время выпуска, в два раза сократить производственные площади, в два раза уменьшить запасы – практически без финансовых затрат. Особенно часто концепция Lean production обсуждается в работах, так или иначе связанных с проблемами качества. Ключевым моментом для перехода к новому типу производства является изменение по крайней мере двух вещей, которые на самом деле очень трудно поддаются переменам: менеджмент и ментальность. Не всегда, но часто нет острой необходимости закупать новое дорогостоящее оборудование, переходить на новые материалы и технологии, компьютеризировать производство и внедрять дорогостоящие ERP-системы и т.д. Нужно всего лишь изменить культуру управления, систему взаимоотношений между различными уровнями и подразделениями предприятия, систему ценностной ориентации сотрудников и их взаимоотношения. Следовательно, главными преимуществами развития организации на основе концепции бережливого производства, являются: командная работа, интенсивный открытый обмен информацией, эффективное использование ресурсов и исключение потерь, непрерывное совершенствование.
16	VIP-продажи и управление продажами	Управление базируется на постулате, определяемом правилом Парето: 80% продаж приносят 20% наших клиентов. В процессе управления решаются следующие задачи: определение VIP-клиентов, построение системы их обслуживания; сбор данных о них; классификация и ранжирование ключевых клиентов; разработка внутрифирменных стандартов обслуживания; внедрение модели «корпоративной покупки». Данный инструмент ориентирован на повышение навыков работы в сфере сбыта и реализации продукции (услуг).
17	Сбалансированная система показателей (Balanced Scorecard, KPIs)	Это перевод миссии и видения в количественные измерения и отслеживание запланированных результатов с точки зрения реализации стратегии с помощью ключевых показателей эффективности (KPI). Основным принцип Balanced Scorecard, который во многом стал причиной высокой эффективности этой технологии управления – управлять можно только тем, что можно измерить. BSC следует рассматривать, как целеобразующую часть интегрированной системы управления. Оценивает предприятие по четырем позициям: финансы; клиенты; бизнес-процессы; обучение и рост. Внедрение ССП позволяет: формировать цели для предприятия или отдельных его подразделений; выявлять показатели эффективности мероприятий; планировать мероприятия; жестко определить путь движения компании к намеченным целям.
18	Бенчмаркинг	Сравнение затрат и производительности с внутренними и внешними точками отсчета. Включает: управление издержками; конкурентный анализ; совершенствование процессов и применение методов работы организаций-лидеров; внедрение лучших методов для достижения поставленных целей.
19	Бизнес-коучинг	Технология развития персонала, способствующая улучшениям в рабочем процессе, особенно там, где необходимо изменение эффективности деятельности. Это индивидуальная тренировка человека для достижения значимых для него целей. Коучинг используется для повышения эффективности планирования, мобилизации внутреннего потенциала сотрудников, развития необходимых способностей и навыков, освоения передовых стратегий получения результата. Его внедрение приведет: к экономии времени; к рентабельному способу совершенствования работников; повышению качества их работы и др. Взаимодействие с подчиненными по технологии коучинга позволяет руководителю окружить себя высококвалифицированными единомышленниками.
20	Система воспроизводства менеджмента (Growing Managers Technology – GMT)	Это система непрерывной подготовки («выращивания») команд управленцев, способных самостоятельно проектировать свою деятельность и деятельность вверенных им подразделений. Определяет создание гибкой организации, фундаментом которой является эффективная система управления.
21	Менеджмент знаний	Целенаправленная организация деятельности всей компании, где знания рассматриваются, как главный стратегический фактор успеха. Позволяет трансформировать интеллектуальный капитал в интеллектуальные активы.

Продолжение табл. 4

1	2	3
---	---	---

22	Assessment Center и другие виды и методы оценки персонала	В настоящее время самый эффективный метод оценки персонала, позволяющий за минимальное время получить максимум информации. Процедуры оценки персонала являются базовыми для большинства аспектов работы с персоналом.
23	Управление ключевыми компетенциями (грейдинг)	Система Грейдов – метод выстраивания должностной иерархии в организации, позволяющий определить стратегию выплат заработной платы по отношению к разным категориям сотрудников и систематизировать область материальной мотивации персонала. Подход к управлению персоналом на основе компетенций позволяет: увязать систему работы с персоналом со стратегическими задачами, а следовательно, превратить расходы на персонал в инвестиции; скоординировать различные аспекты кадровой работы (обеспечивается единство основных функций: отбора, аттестации, обучения, планирования карьеры и вознаграждения); выполнять службе персонала стратегическую, а не обслуживающую роль, что позволяет добиться реальной поддержки высшего руководства и, главное, - линейных менеджеров; обеспечить единство и управляемость в организациях, имеющих филиалы.
24	Управление развитием корпоративной культуры (Методика AKADS)	Это комплексная система совершенствования корпоративной культуры организации, применение которой не только укрепит корпоративный дух, но и приведет к получению высокого экономического эффекта. Данный инструмент представляет собой планомерные целенаправленные действия на длительную перспективу, то есть, по существу, это набор проектов. Руководству предприятия остается только выбирать, с какого проекта начать, исходя из возможностей организации, ее жизненного цикла и интересов бизнеса. В сумме все эти проекты в итоге приводят к формированию необходимой корпоративной культуры.
25	Эффективность и развитие сотрудников (Performance Development System - PDS)	Является частью системы целевого управления предприятием и связывает цели организации с целями сотрудника. PDS – это инструмент, который позволяет: а) руководству: структурировать и фиксировать бизнес-цели для каждого сотрудника; оценить результаты работы и степень развития необходимых компетенций каждого сотрудника; поднять на качественно новый уровень ключевые навыки и компетенции сотрудника; б) сотруднику: четко представлять, каких действий от него ожидают в процессе изменений в организации; знать критерии, по которым будет оцениваться эффективность его деятельности, и что он получит за достижение результатов; иметь возможность управлять собственным развитием.
26	Создание эффективных управленческих команд	Практика доказывает, что эффект от решений гораздо выше, когда решение принимается совместно управленцами из различных «ветвей» организационной структуры и уровнями управления. Эффективная управленческая команда: в короткие сроки решает нестандартные неожиданно возникшие проблемы; реализует одновременные и согласованные действия всех служб по решению одной задачи; обеспечивает устойчивое улучшение работы с максимальным вовлечением сотрудников всех уровней; удерживает приоритетный, но долгосрочный проект «на переднем плане» в течение всего срока реализации.
27	Мотивация персонала	Успех любой организации зависит от того, насколько ее сотрудники заинтересованы в эффективной работе. Сегодня все понимают, что могущество компаний основывается на знаниях, умениях, потенциале конкретных сотрудников. Но представление о том, что рост вознаграждения (материального) прямо пропорционально увеличивает мотивацию работника к труду, ошибочно. Для мотивации сотрудников компании используют как финансовые, так и нефинансовые методы вознаграждения. Заметная роль отводится способам мотивации, не имеющим отношения к материальным поощрениям. Главное заключается в том, чтобы сделать эту систему гибкой и правильно выбрать наиболее важные для определения ее эффективности критерии.
28	Технологии управления для топ-менеджеров: «Власть, лидерство, влияние»	Определяет приоритеты при выборе стиля и инструментов руководства организаций, ведущих ее к успеху. Формирование системы знаний и практических умений, направленных на повышение эффективности управления и организации труда подчиненных.
29	Контроллинг	Комплексная система управления предприятием включающая в себя управленческий учёт, учёт и анализ затрат с целью контроля всех статей затрат, всех подразделений и всех составляющих производимой продукции или услуг и их последующего планирования. Контроллинг обеспечивает информационно-аналитическую поддержку процессов принятия решений при управлении организацией.

1	2	3
30	Бюджетирование	Процесс оценки и выбора проекта капитальных вложений, а также его формализация в виде бюджета или финансового плана. Одна из составляющих системы финансового управления, предназначенная для оптимального распределения ресурсов хозяйствующего субъекта во времени. Это набор финансовых инструментов планирования, контроля, анализа и принятия решений, который используется для достижения долгосрочных и краткосрочных целей, сформированных руководством корпоративного объединения, главной задачей которого является предоставление руководству необходимой информации для принятия своевременных управленческих решений по вопросам: определения необходимого объема финансовых ресурсов корпорации, источников его формирования и направлений наиболее эффективного использования; рассмотрения возможных альтернатив разработки финансовой стратегии, обеспечивающей достижение корпорацией стабильного положения на рынке и прочной финансовой устойчивости; разработки принципов и механизмов управленческой деятельности, анализа план-факт отклонений и, соответственно, предупреждения негативных, кризисных последствий избранных путей развития; контроля финансово-хозяйственной деятельности.
31	Эккаунтинг	Функциональная сфера управления бизнесом, связанная со сбором, обработкой, классификацией, анализом и оформлением различных видов финансовой информации. Основная цель: бухгалтерская проводка сделок и операций, составление финансовых документов, среди которых выделяются отчеты о результатах и балансовый отчет, бюджетные сметы, отчеты о наличии и движении денежных средств и т.д.
32	Теория компьютерного интегрированного производства	Интегрированная система ERP (Enterprise Resource Planning) – планирование потребностей предприятия. Основная идея – внедрение комплексного программного решения, интегрирующего все традиционные функциональные области управления и таким образом обеспечивающего связанные транзакции на уровне всего предприятия.
33	Экологический менеджмент	Инициативная и результативная деятельность экономических субъектов, направленная на достижение их собственных экологических целей, проектов и программ, разработанных на основе принципов эффективности экологической деятельности предприятия. Основные цели и соответствующие критерии оценки их достижения в экологическом менеджменте связаны с процессами постоянного улучшения. Подобное улучшение в целом невозможно имитировать и фальсифицировать, что создает необходимую основу для оценки экологической состоятельности экономических субъектов.
34	Система общего производительного обслуживания оборудования (ТРМ)	Предполагает изменения по следующим восьми направлениям: 1) отдельные улучшения для повышения производительности оборудования и инженерных систем; 2) самостоятельное обслуживание оборудования операторами; 3) плановое техническое обслуживание оборудования; 4) обучение и подготовка операторов и ремонтников; 5) управление разработкой и внедрением нового оборудования и нового продукта; 6) система обслуживания, ориентированная на качество; 7) охрана труда и окружающей среды; 8) система повышения эффективности в управленческих и обслуживающих подразделениях.
35	Аутсорсинг бизнес-процессов	Перевод внутреннего подразделения или подразделений предприятия и всех связанных с ними активов в организацию поставщика услуг, предлагающего оказывать некую услугу в течение определенного времени по оговоренной цене. В процессе аутсорсинга контроль деятельности рассматриваемых подразделений возлагается на поставщика аутсорсинговых услуг (провайдера). Провайдер – это приглашенная со стороны организация, являющаяся специалистом в данной сфере, как правило, способная увеличить рыночную стоимость предприятия, что обычно не достижимо при выполнении различных второстепенных функций компании, являющейся заказчиком.
36	Франчайзинг	Процесс создания, поддержания и развития системы льготного предпринимательства (так называемой франшизы), в основе которого лежит передача прав на использование известной торговой марки, ноу-хау и методов производства крупных и средних компаний малому бизнесу. Позволяет увеличить объем продаж, расширить идеи бренда компании, укрепить имидж организации без существенных затрат.

12. Понятие и главные признаки систем развивающихся систем

(самоорганизованных систем. Коридор потенциальных возможностей развития СЭС

Устойчивость экономических систем – способность возвращаться в соответствующее экономическое развитие после того, как они из этого состояния выведены под влияние внешних или внутренних возмущающихся воздействий.

В процессе управления СЭС постоянно существует неопределенность относительно состояния дел в ОУ и его действий (поведения) в том или иной момент. Неопределенность возникает и в процессе принятия решений. Мера неопределенности информации о состоянии или поведении системы в определенных условиях получила название *энтропии*.

Самоорганизация – понятие характеризующее способность сложных систем выходить на новый уровень развития и в частности во все большей мере проявлять такие свойства как способность противостоять энтропийным процессам и развивать антиэнтропийные тенденции адаптироваться к изменяющимся условиям преобразуя при необходимости свою структуру и сохраняя при этом определенную устойчивость. Системы обладающие этими свойствами называют *самоорганизующимися*, а способность к самоорганизации – *закономерностью самоорганизации*.

Становлению понятия самоорганизации большей мере способствовало исследование в области синергетики, которую иногда называют *теорией самоорганизации*.

Таблица 5

Соотношение системных исследований и синергетики

№ п/п	Системные исследования	Современный кибернетический подход (в рамках синергетики)
1	Акцент делается на статике систем, на морфологическом и функциональном описании.	Акцентируется внимание на процессах эволюции, развитии и деградации систем.
2	Большое значение уделяется упорядоченности, равновесию, процессам гомеостаза.	Считается, что неравновесные состояния, хаос играют важную роль в процессах развития и движения систем.
3	Изучаются процессы организации и управления.	Изучаются процессы самоорганизации, самоусложнения систем, условия появления «порядка и хаоса».
4	Чаще всего стремятся свести описание системы к линейным моделям.	Подчеркивается принципиальная нелинейность сложных систем и неадекватность их описания линейными моделями.

С учетом особенностей экономических систем как самоорганизующихся систем с активными элементами их устойчивость необходимо, рассматривать

как отражение бинарности естественных процессов «устойчивость – управляемость», «устойчивость – динамичность».

В основе этих внешних проявляющихся свойств и способностей лежит более глубокая закономерность базирующаяся на состоянии в любой момент развивающейся системе двух противоречивых тенденций. С одной стороны, для всех явлений и процессов в системе справедлив второй закон термодинамики (второе начало), т.е. стремление к возрастанию энтропии, а с другой стороны наблюдаются неэнтропийные тенденции, лежащие в основе эволюции. У человека и в организационных системах неэнтропийные тенденции не только наблюдаются, но и иногда изменяются

Исследование глубинных причин самоорганизации, самодвижения, целостности показывает, что основой рассматриваемой закономерности самоорганизации является диалектика части и целого в системе.

Механизмами формирования качественно целостности являются:

- противоречие между развитием и стабильностью с одной стороны;
- когерентные процессы (процессы координации и кооперирования элементы системы с другой).

Самоорганизующаяся (развивающаяся) система – термин, используемый в теории систем и кибернетике для обозначения определенного класса систем биологических, экономических, социальных обладающих способностью увеличивать свой порядок или изменять свою организацию.

Основные особенности самоорганизующихся систем:

1. Нестационарность (изменчивость, не стабильность) отдельных параметров и стохастичность поведения. Эта особенность легко интерпретируется для любых систем с активными элементами – СЭС.
2. Уникальность и не предсказуемость поведения системы в конкретных условиях. Эти свойства возникают в системе благодаря наличию в ней активных элементов в результате чего у нее как бы не проявляется «свобода воли», но в то же время имеет место и наличие предельных возможностей определяемых

ресурсами (элементами и их свойствами) и характерными для определения типами систем структурными связями.

3. Способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды. Является весьма полезным свойством, однако следует учитывать, что адаптивность может проявляться не только по отношению к помехам, но и по отношению к управляющим воздействиям, что весьма замедляет управление системой.
4. Способность противостоять энтропийным (разрушающим системам) тенденциям и проявлять неэнтропийные свойства. Наличие активных элементов, стимулирующих обмен материальными энергетическими продуктами со средой и проявляющих собственные инициативы, благодаря чему в таких системах нарушается закономерность возрастания энтропии и наблюдаются неэнтропийные тенденции, т.е. самоорганизация, развитие.
5. Способность вырабатывать варианты поведения и изменять свою структуру, выходить на качественно новый уровень. Свойство может обеспечиваться с помощью различных методов позволяющих формировать разнообразные модели принятия решений.
6. Способность и стремление к целеобразованию. В СЭС в отличие от закрытых (технических) систем цели задаются извне, в системах с закрытыми элементами цели формируются внутри системы.
7. Неоднозначность использования понятий «цель-средство», «система-подсистема». Эта особенность проявляется при формировании структур – целей, при разработке проектов сложных автоматизированных комплексов, когда лица, формирующие ее структуры системы назвавшие какую-то часть подсистемы через некоторое время начинают говорить о ней как о системе не добавляя приставки под или подцели начинают называть средствами достижения вышестоящих целей

Противоречивые особенности развивающихся систем их закономерности в реальных объектах необходимо изучать постоянно контролировать, отражать в моделях и искать методы и средства позволяющие регулировать степень их про-

явления. При этом следует иметь ввиду важное отличие открытых развивающихся систем с активными элементами от закрытых. По мере развития модели, методы могут меняться. При моделировании наиболее сложных процессов механизм развития может быть реализован в форме соответствующей методики системного анализа.

Так, при создании и организации управления предприятием и другими социально-экономическими объектами, часто пытаются отобразить и использовать теорию автоматического регулирования и управление разработанного не учитывая полезную роль активных элементов в системе, что способно нанести вред предприятию, сделать его в случае представлением объектом класса самоорганизующихся систем, задача определения целей и выбора средств как правило разделяются. При этом указанные задачи в свою очередь могут быть описаны в виде самоорганизующихся систем.

Примером модели управления самоорганизующихся систем может служить модель самоорганизации СЭС на основе инноваций.

$$Y = a_0 \cdot a_1 \cdot e^{it} (a_2 \cdot L^{E_{II}}(t) + a_3 \cdot I^{E_{II}}(t))^{\frac{m}{E_{II}}} \quad (1)$$

Интерпретация модели:

Устойчивость динамики роста прибыли достигается за счет высоких темпов инновационного развития интеллектуального, организационно-экономического и технологического роста организации. При этом необходимым условием должно стать снижение показателей трудоемкости и фондоемкости. Записанной функцией можно пользоваться как готовой универсальной моделью.

В качестве условной модели устойчивости сложных развивающихся, самоорганизующихся системах можно использовать представление состояния равновесия как бы на «ступеньке». Внешнее воздействие может вывести систему на более высокий уровень, либо столкнуть его на более низкий.

Качественно новым механизмом определения траектории движения СЭС является модель *«коридор потенциальных возможностей развития»*.

Коридор потенциальных возможностей развития – комбинированный

метод оценки потенциальных возможностей развития СЭС, который базируется на прогнозировании тенденций развития системы, а затем вектора ее движения.

Другими словами, это статистико-графическая модель, отображающая логику движения СЭС в трех аспектах: реальном, пессимистичном и оптимистичном. Вектор развития представляет собой относительное отклонение теоретических значений исследуемой динамики, полученных по прогнозной модели, от минимального (оптимистичный сценарий), максимального (пессимистичный сценарий) и среднего (реальный сценарий). Отклонение теоретических значений от минимального среди них определяет позитивные развития СЭС, от максимального среди них – негативные тенденции, от среднего – линия эволюционного развития.

Наиболее важным этапом в построении является графическая интерпретация результатов прогнозирования по трем сценариям. Фактически графическая иллюстрация и показывает коридор потенциальных возможностей развития СЭС.

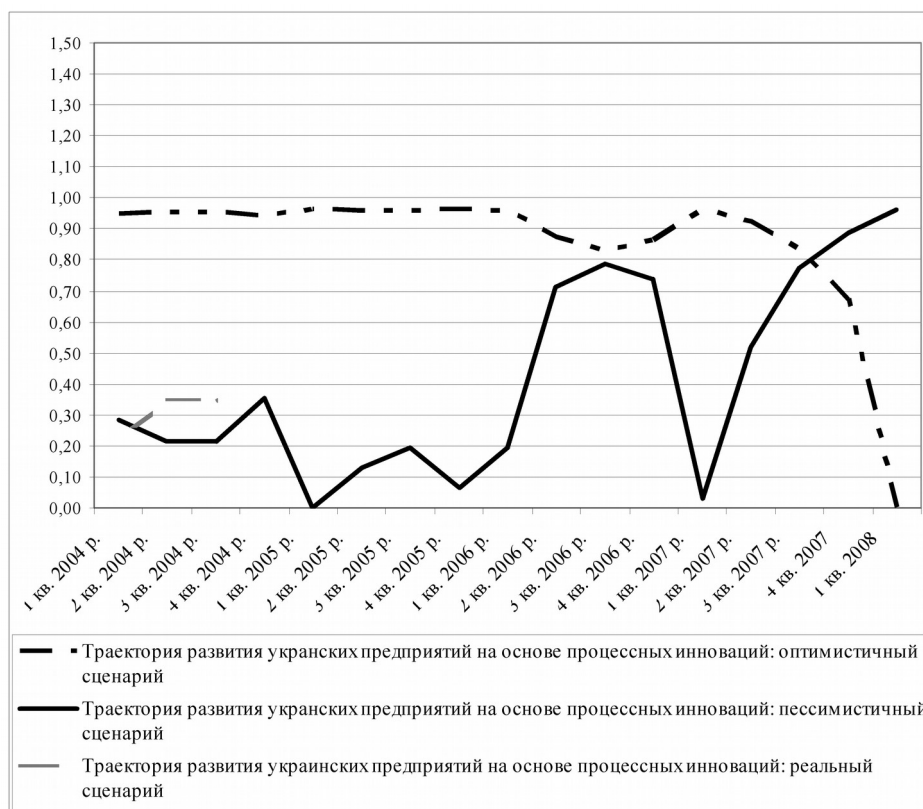


Рис. 8. Тенденции развития СЭС

13. Понятие об устойчивом развитии СЭС

Развитие предприятия отождествляется с целым рядом категорий: эволюцией, ростом, прогрессом, а также с процессом достижения основной цели организации. В научной литературе нередко подменяются или отождествляются понятия «роста» и «развития». Однако, «рост» характеризуется количественными параметрами (экстенсивный путь), а «развитие» связано с качественными изменениями (интенсивный путь).

Развитие предприятий является закономерным процессом. Он обуславливается их сущностью как *социально-экономических систем (СЭС)*, то есть сложной иерархической системы, которая состоит из подсистем, находящихся в динамическом взаимодействии между собой и внешней средой в условиях противоречия подцелей и информационной неопределенности, и охватывает процессы производства, обмена, распределения, потребления материальных благ и предоставления услуг.

Методологический анализ проблемы развития СЭС, показывает, что существуют различные типы развития, где не может либо может быть обеспечена безопасность и, тем самым – дальнейшее прогрессивное развитие социально-экономических систем. Существуют как минимум две формы развития (с точки зрения их отображения в теории устойчивости) – безопасное (где существуют либо самосоздаются условия для дальнейшего существования и прогрессивно развития) и опасные виды развития, где все направления развития объектов (систем) не защищены от опасностей, угроз и вредных воздействий и где превалирует регрессивное развитие и деградационные изменения, кризисы и катастрофы.

На рубеже второго и третьего тысячелетий появились качественно новые угрозы и опасности глобального масштаба, могущие привести мировое сообщество к планетарной катастрофе уже в XXI в. В основном, проблема выживания и дальнейшего безопасного развития общества вызвала необходимость в начале третьего тысячелетия смены курса (стратегии, формы, модели) развития, поскольку стихийный естественно-исторический процесс уже не обеспечивает вы-

живание человечества. В начале XXI столетия все страны мира столкнулись с глобальными экологическими проблемами, которые оказали непосредственное влияние на загрязнение окружающей природной среды, ухудшение социального состояния населения, снижение рождаемости, рост заболеваемости и смертности и т.д. Осознание их масштаба и возможных последствий поставило задачу – поиска новых принципов и ценностей, способствующих выживанию и дальнейшему динамическому непрерывному развитию общества. Проблема обострилась и стала очевидной с углублением интеграционных процессов и становлением эпохи интеллектуальной экономики, определившими переход стран на инновационный тип развития.

В духе реализации нового глобального мышления в 2002 г. состоялся Всемирный саммит по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (ЮАР) – ВСУР, прошедший спустя десять лет после Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г. – ЮНСЕД), в ходе которых задекларирован переход к новой модели развития цивилизации. В связи с этим, появился новый научный подход – Концепция устойчивого развития, которая предполагает взаимодействие экономического, экологического и социального развития, чтобы от поколения к поколению не снижалось качество и безопасность жизни людей, не ухудшалось состояние окружающей среды, наблюдался социальный прогресс общества. Эта формулировка понятия «устойчивое развитие» сейчас широко используется в качестве базовой во многих странах. Новая парадигма пока существует лишь в виде политических деклараций, национальных и рекомендательных документов ООН.

Концепция устойчивого развития появилась в результате объединения трех основных точек зрения: экономической, социальной и экологической.

Экономический подход к концепции устойчивости развития основан на теории максимального потока совокупного дохода Хикса-Линдаля, который может быть произведен при условии, по крайней мере, сохранения совокупного капитала, с помощью которого и производится этот доход. Эта концепция

подразумевает оптимальное использование ограниченных ресурсов и использование экологичных – природо-, энерго-, и материалосберегающих технологий, включая добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение [отходов](#). Однако при решении вопросов о том, какой [капитал](#) должен сохраняться и в какой мере различные виды капитала взаимозамещаемы, а также при стоимостной оценке этих активов, особенно экологических ресурсов, возникают проблемы правильной интерпретации и счета. Появились два вида устойчивости – слабая, когда речь идет о неуменьшаемом во времени природном и произведенном капитале, и сильная – когда должен не уменьшаться природный капитал (причем часть прибыли от продажи невозобновимых ресурсов должна направляться на увеличение ценности возобновимого природного капитала).

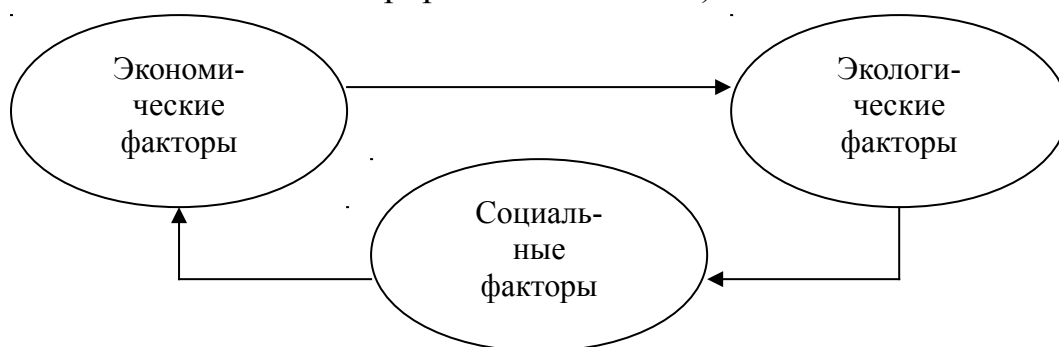


Рис.9 Взаимосвязь составляющих устойчивого развития

Социальная составляющая устойчивости развития ориентирована на человека и направлена на сохранение стабильности социальных и культурных систем, в том числе, на сокращение числа разрушительных конфликтов между людьми. Важным аспектом этого подхода является справедливое распределение благ. Желательно также сохранение культурного капитала и многообразия в глобальных масштабах, а также более полное использование практики устойчивого развития, имеющейся в недоминирующих культурах. Для достижения устойчивости развития, современному обществу придется создать более эффективную систему принятия решений, учитывающую исторический опыт и поощряющую [плюрализм](#). В рамках концепции человеческого развития человек является не объектом, а субъектом развития. Опираясь на расширение вариантов выбора че-

ловека как главную ценность, концепция устойчивого развития подразумевает, что человек должен участвовать в процессах, которые формируют сферу его жизнедеятельности, содействовать принятию и реализации решений, контролировать их исполнение.

С экологической точки зрения, устойчивое развитие должно обеспечивать целостность биологических и физических природных систем. Особое значение имеет жизнеспособность [экосистем](#), от которых зависит глобальная стабильность всей [биосферы](#). Более того, понятие «природных» систем и ареалов обитания можно понимать широко, включая в них созданную человеком среду, такую как, например, города. Основное внимание уделяется сохранению способностей к самовосстановлению и динамической адаптации таких систем к изменениям, а не сохранение их в некотором «идеальном» статическом состоянии. Деградация природных ресурсов, [загрязнение](#) окружающей среды и утрата биологического разнообразия сокращают способность экологических систем к самовосстановлению.

Согласование этих различных точек зрения и их перевод на язык конкретных мероприятий, являющихся средствами достижения устойчивого развития – задача огромной сложности, поскольку все три элемента устойчивого развития должны рассматриваться сбалансированно. Важны также и механизмы взаимодействия этих трех концепций. Экономический и социальный элементы, взаимодействуя друг с другом, порождают такие новые задачи, как достижение справедливости внутри одного поколения (например, в отношении распределения доходов) и оказание целенаправленной помощи бедным слоям населения. Механизм взаимодействия экономического и экологического элементов породил новые идеи относительно стоимостной оценки и интернализации (учета в экономической отчетности предприятий) внешних воздействий на окружающую среду. Наконец, связь социального и экологического элементов вызвала интерес к таким вопросам как внутривозрастное и межпоколенное равенство, включая соблюдение прав будущих поколений, и участия населения в процессе принятия

решений.