

А. В. Милов

*(Харьковский национальный университет
имени В. Н. Каразина)*

В. Н. Тимохин

(Донецкий национальный университет)

Г. А. Черноус

*(Киевский национальный университет
имени Тараса Шевченко)*

Экономическая кибернетика

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	314
1. ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ.....	318
1.1. Сущность управления в сложных системах	318
1.1.1. Структура системы с управлением.....	318
1.1.2. Пути совершенствования систем с управлением	320
1.2. Основные определения кибернетики	323
1.3. Общие положения теории управления.....	330
1.3.1. Аксиомы теории управления.....	331
1.3.2. Принцип необходимого разнообразия Эшби.....	333
1.4. Модели основных функций организационно-технического управления	336
1.4.1. Содержательное описание функций управления	337
1.4.2. Модель функции контроля.....	342
1.5. Организационная структура систем с управлением	348
1.5.1. Понятие структуры системы.....	348
1.5.2. Понятие организационной структуры и ее основные характеристики	350
1.5.3. Степень соответствия решений состояниям объекта управления	354
2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНЫХ СИСТЕМ	356
2.1. Жизнеспособные системы и Закон необходимого разнообразия	356
2.2. Функциональная схема жизнеспособной системы	365
2.3. Модель жизнеспособных систем С. Бира	376
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОДСИСТЕМАМИ В ЖИЗНЕСПОСОБНОЙ СИСТЕМЕ.....	382
3.1. Проектирование автономии подразделений жизнеспособной системы.....	382
3.2. Система регулирования деятельности подразделений	388
3.3. Оптимизация функционирования подразделений и управление стабильностью внутренней среды системы.....	392
4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	405
4.1. Моделирование взаимодействия системы с внешней средой	405
3.2. Принятие решений в жизнеспособной системе.....	411
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	416

ВВЕДЕНИЕ

Экономическая кибернетика как наука об управлении сложными динамическими социально-экономическими системами ставит перед как перед теоретиком, так и перед практиком, в качестве основных задачи анализа и синтеза композиции объекта управления и системы управления им.

В связи со сложностью управляемых экономических систем соответствующие задачи синтеза систем управления также являются крайне сложными. Их решение требует разнообразных подходов и носит итеративный характер. Процедура формализованного синтеза рассматривается как теоретический аспект наряду с неформальными, эвристическими подходами. Формализованную теорию нельзя трактовать как операционную методологию, позволяющую получить количественные результаты, поскольку на начальном этапе синтеза отсутствуют необходимые данные анализа. Однако формальный подход к описанию процесса синтеза позволяет упорядочить концептуальные индуктивные рассуждения.

Сложность задачи синтеза экономической системы требует ее декомпозиции. Существует определенное различие между задачами синтеза объекта управления и управляющей системы. Свою специфику имеет задача композиции управляемой системы – инженерное, технологическое проектирование. Круг интересов экономической кибернетики заключается преимущественно в области изучения синтеза управляющей системы, причем ее связи с управляемой системой должны учитываться с помощью фиксации определенных свойств. Таким образом, общая задача синтеза состоит в том, что при данном объекте управления конструируется система управления, соответствующая заданным свойствам, в том числе – свойствам оптимальности. Задачи синтеза актуальны особенно в связи с тенденциями развития экономических систем в направлении рыночной экономики. Очевидно, что основой создания эффективной системы управления экономикой должна быть задача оптимального синтеза.

Однако, в отличие от технологического проектирования, синтез системы управления не означает композицию принципиально новой системы и не происходит на «пустом месте», но осуществляется путем модификации и развития действующей системы. Таким образом, происходит «синтез оптимальных совершенствований». Управление экономической системой может осуществляться с позиций анализа или синтеза. Обозначим различия между этими аспектами.

Разработка моделей и методов синтеза структуры экономической системы предполагает создание формализованных процедур выбора оптимальных вариантов организации системы: функциональной, организационной, информационной, алгоритмической, технической.

Однако экономическая система – сложная, взаимодействующая система с высоким уровнем многообразия, имеющая огромное число типов поведения. Искусственный характер происхождения этой системы, в соответствии с логикой и здравым смыслом исследователя, заставляет считать ее идеально организованной; даже если на определенных этапах невозможно объяснить ее поведение, следует признать, что существует некая причина такого поведения. Видимая неопределенность в функционировании таких систем – лишь мера на шей неосведомленности о законах движения и развития экономических процессов, которые в принципе управляемы и организуемы.

Естественное стремление человека организовать и упорядочить свои представления о системе и происходящих в ней процессах побуждает к созданию концепции о механизме управления системой, которая должна быть организована в соответствии с целью функционирования. Итак, естественным является стремление организовывать систему и представлять ее в таком виде, что набор ее целей будет достигнут. Это является непростой задачей – задачей синтеза функциональной структуры. С другой стороны, осуществление целей в уже функционирующей системе, работающей в соответствии с целями, сформулированными ранее, определяет постановку задачи, задача уже не столько синтеза, сколько придания системе свойств самоорганизации – урегулирования структуры системы таким образом, чтобы система была способна справиться с внешними возмущениями.

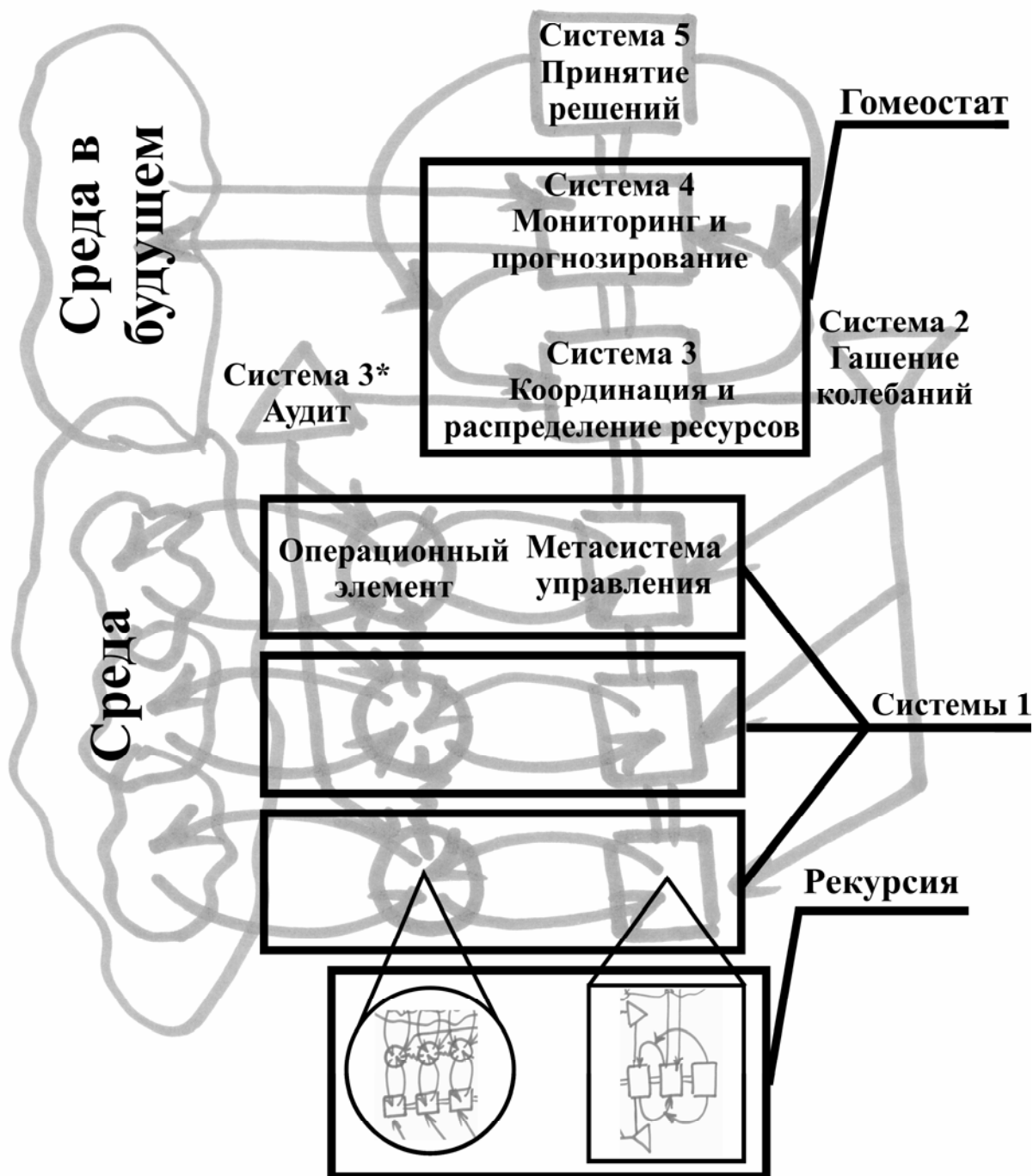
Определение свойства самоорганизации как процесса структурного регулирования возмущений в контексте с множеством актуальных целей дает опору для формулировки определяющих правил построения сложной экономической системы, обладающей свойством самоорганизации.

В процессе структурного синтеза широко используются *эвристические* методы, основанные на аналогиях в ассоциациях субъекта исследования и применяемые тогда, когда нормальные правила для наилучших в некотором смысле действий неизвестны. Эвристические методы синтеза структуры включают определение и анализ целей системы управления, функционально-структурный анализ, метод аналогий, экспертные оценки, организационное моделирование. Эвристические методы могут привести к быстрому и успешному решению проблемы, если имеется опыт решения сходных проблем. В подобных случаях решение можно найти без больших затрат усилий и времени на изучение закономерностей, специфичных для данной конкретной проблемы. Решение находят на основе *аналогий* и не вполне осознанных ассоциаций с решениями других похожих проблем. Основным недостатком эвристического моделирования является отсутствие гарантии наиболее рационального решения задачи. Часто эффективными оказываются *комбинированные методы*, основанные на одновременном использовании двух критериев выбора решений: формального и эвристического. Например, если экспериментальных данных недостаточно, а математическая модель сложна, только

доопределение задачи по эвристическому критерию позволяет получить продуктивные решения.

Приведенные рассуждения определили логику построения работы.

В работе значительное место определено описанию концепции жизнеспособных систем (VSM) Ст. Бира. Эту концепцию следует рассматривать, скорее как метафору, основанную на эвристических приемах. Такое внимание к VSM объясняется тем, что на русском языке практически отсутствует какая-либо литература, относящаяся к этому подходу.



Жизнеспособная система – система, способная бесконечно долго сохранять и поддерживать самостоятельное существование. Такие системы имеют собственный механизм для самостоятельного разрешения возникающих проблемных ситуаций. Для того чтобы система оставалась жизнеспособной, она должна иметь не только способность отвечать на привычные события (например, заказы покупателей), но и потенциал для реагирования на неожиданные, как правило, незнакомые события (такие, как разработка новой технологии производства или действия конкурентов). Исходя из важности и основополагающего влияния структуры системы на эффективность ее функционирования С. Бир предложил проводить анализ жизнеспособности именно со структурно-функциональных позиций. В этом плане VSM представляет собой подход к структурному моделированию ПЭС на уровне функций.

Особенностями этого подхода являются выделение в рамках рассматриваемой системы внешнего дополнения – части среды, с которой данная система находится в непосредственном взаимодействии, и рекурсия, которая воссоздает функциональную структуру и связи на всех уровнях рассмотрения.

Способность адаптации к изменяющейся внешней среде является отличительным признаком жизнеспособной системы. Следует отметить, что речь пойдет об управлении любым жизнеспособным организмом. Такая система может быть и большой, и малой. Если предприятие принадлежит к разряду малого и, в крайнем случае, состоит из одного человека, то все функции, которые будут рассматриваться, будут сосредоточены именно у этого человека.

1 ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

1.1. Сущность управления в сложных системах

Под *управлением* в самом общем виде будем понимать процесс формирования целенаправленного поведения системы посредством информационных воздействий, вырабатываемых человеком (группой людей) или устройством.

К задачам управления относятся целеполагание, стабилизация, выполнение программы, слежение и оптимизация.

Задача *целеполагания* – определение требуемого состояния или поведения системы.

Задача *стабилизации* – удержание системы в существующем состоянии в условиях возмущающих воздействий.

Задача *выполнения программы* – перевод системы в требуемое состояние в условиях, когда значения управляемых величин изменяются по известным детерминированным законам.

Задача *слежения* – удержание системы на заданной траектории (обеспечение требуемого поведения) в условиях, когда законы изменения управляемых величин неизвестны или изменяются.

Задача *оптимизации* – удержание или перевод системы в состояние с экстремальными значениями характеристик при заданных условиях и ограничениях.

Часто для обозначения управляющих воздействий используют понятие «руководство». Будем считать, что *руководство* – это управление чужой работой в организационных, социальных, экономических системах.

1.1.1. Структура системы с управлением

Система с управлением включает три подсистемы (рис. 1.1); *управляющую систему (УС)*, *объект управления (ОУ)* и *систему связи (СС)*.

Системы с управлением, или целенаправленные, называются кибернетическими. К ним относятся технические, биологические, организационные, социальные, экономические системы.

Управляющая система совместно с системой связи образует *систему управления (СУ) А*. Основным элементом организационно-технических СУ является *лицо, принимающее решение (ЛПР)* – индивидуум или группа индивидуумов, имеющих право принимать окончательные решения по выбору одного из нескольких управляющих воздействий. Система связи включает *канал прямой связи*, по которому передается входная информация – множество $\{x\}$, включающее командную информацию $\{u\} \subseteq \{x\}$, и *канал обратной связи*, по которому передается информация о состоянии ОУ – множество выходной информации $\{y\}$.

Множества переменных $\{n\}$ и $\{w\}$ обозначают соответственно воздействие окружающей среды (различного рода помехи) и показатели, характеризующие качество и эффективность функционирования подсистемы B . Показатели качества и эффективности являются подмножеством информации о состоянии ОУ, $\{w\} \subseteq \{y\}$. Более того, в процессе анализа систем каждая характеристика y должна рассматриваться как потенциальная кандидатура на роль показателя. Поэтому для сохранения общности рассмотрения это подмножество характеристик без необходимости выделять отдельно не будем.

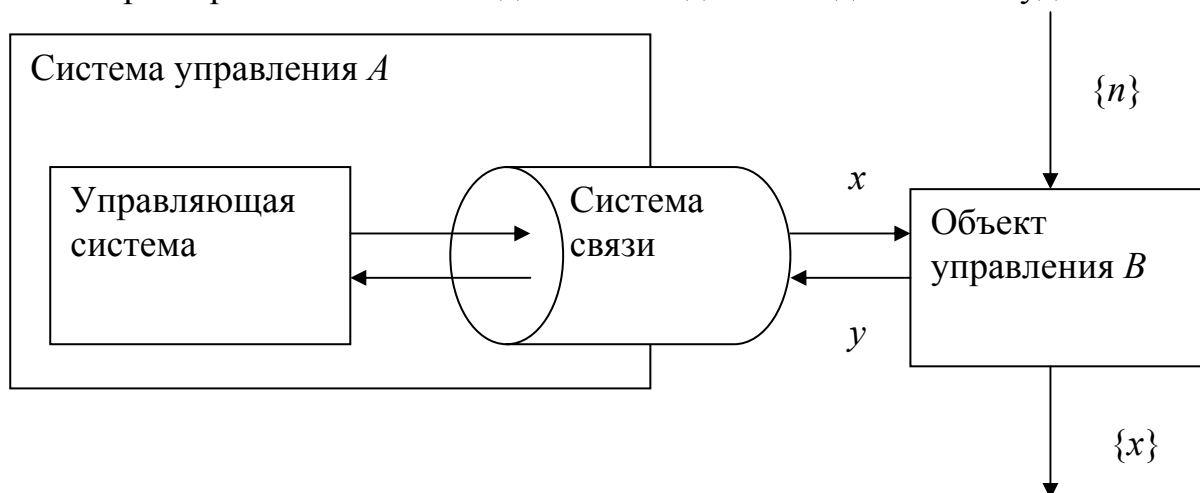


Рис. 1.1. Система с управлением

Основными группами функций системы управления являются:

- функции принятия решений – функции преобразования содержания информации $\{f_c\}$;
- рутинные функции обработки информации $\{f_p\}$;
- функции обмена информацией $\{f_o\}$.

Функции принятия решений $\{f_c\}$ выражаются в создании новой информации в ходе анализа, планирования (прогнозирования) и оперативного управления (регулирования, координации действий). Это связано с преобразованием содержания информации о состоянии ОУ и внешней среды в управляющую информацию при решении логических задач и выполнении аналитических расчетов, проводимых ЛПР при порождении и выборе альтернатив. Эта группа функций является главной, поскольку обеспечивает выработку информационных воздействий по удержанию в существующем положении или при переводе системы в новое состояние. Без автоматизации этой функции ИС не может считаться полноценной.

Функции $\{f_p\}$ охватывают учет, контроль, хранение, поиск, отображение, тиражирование, преобразование формы информации и т.д. Эта группа функций преобразования информации не изменяет ее смысл, т.е. это рутинные функции, не связанные с содержательной обработкой информации.

Группа функций $\{f_o\}$ связана с доведением выработанных воздействий до ОУ и обменом информацией между ЛПР (ограничение доступа, получение (сбор), передача информации по управлению в текстовой, графической, табличной и иных формах по телефону, системам передачи данных и т.д.).

Совокупность функций управления, выполняемых в системе при изменении среды, принято называть *циклом управления*. Выполняя цикл за циклом, система приближается к сформулированной цели. Одно из представлений цикла управления показано на рис.1.2. При этом от объектов управления в СУ поступает информация о текущем состоянии дел. ЛПР контролируют ее истинность, учитывают и анализируют в целях выявления отклонений от требуемого состояния и определения необходимости изменения текущего состояния. По результатам анализа осуществляются выбор одной из основных задач управления и оперативно-техническое управление (регулирование), состоящее в координации действий ОУ – выработке решений по удержанию системы в требуемом состоянии, или решается задача целеполагания (проводится корректировка целей), после чего система переводится в новое состояние на основе прогнозирования и планирования. При необходимости направляется доклад в старший орган управления.

1.1.2. Пути совершенствования систем с управлением

Совершенствование систем с управлением сводится к сокращению длительности цикла управления и повышению качества управляющих воздействий (решений). Эти требования носят противоречивый характер. При заданной производительности СУ сокращение длительности цикла управления приводит к необходимости уменьшения количества перерабатываемой информации, а следовательно, к снижению качества решений. Одновременное удовлетворение требований возможно лишь при условии, что будет повышена производительность УС и СС по передаче и переработке информации, причем повышение производительности обоих элементов должно быть согласованным. Это исходное положение для решения вопросов по совершенствованию управления.

Основными путями совершенствования систем с управлением являются:

1. Оптимизация численности управленческого персонала.
2. Использование новых способов организации работы СУ.
3. Применение новых методов решения управленческих задач.
4. Изменение структуры СУ.
5. Перераспределение функций и задач в УС.
6. Механизация управленческого труда.
7. Автоматизация.

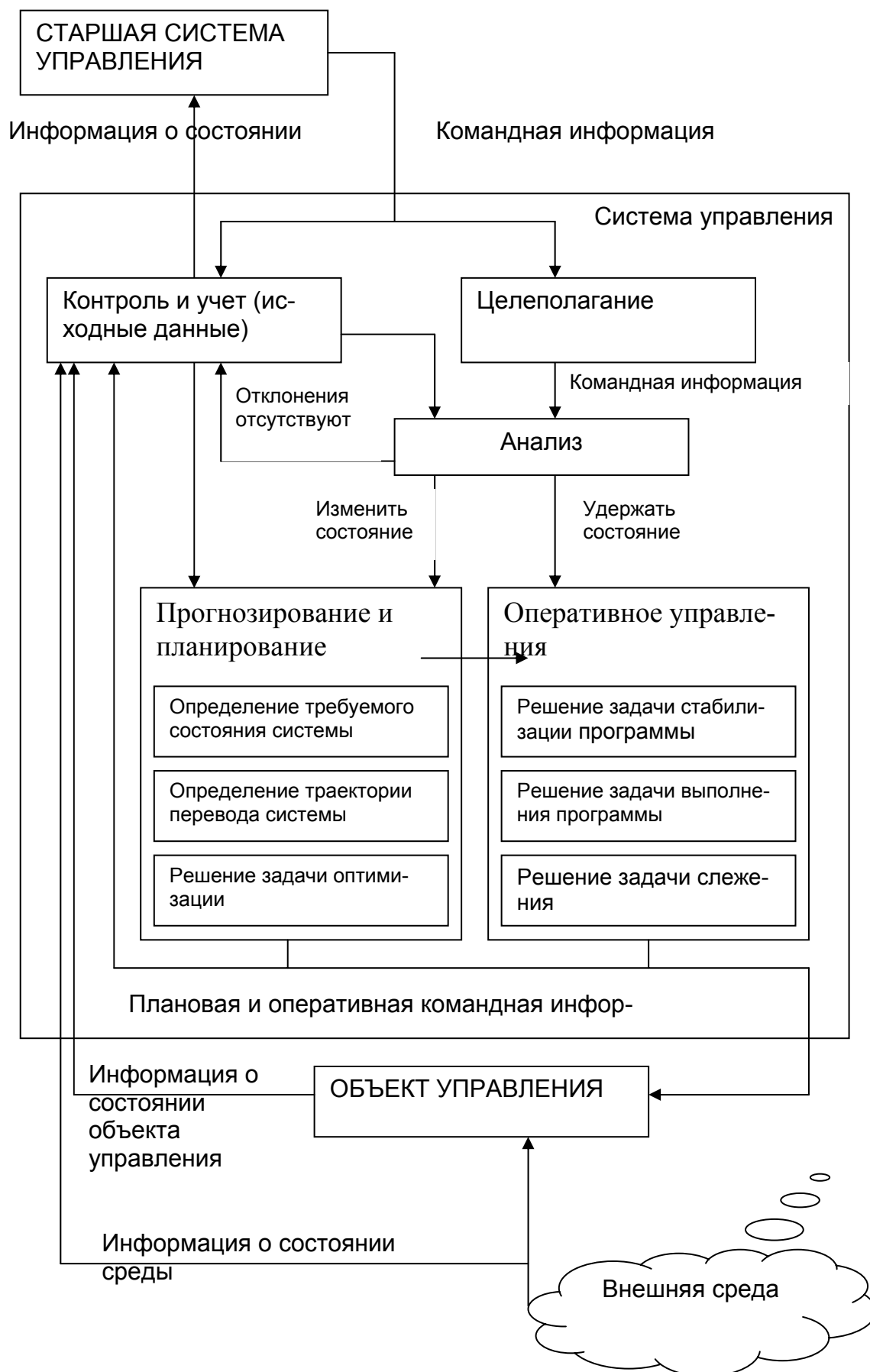


Рис. 1.2. Обобщенный цикл управления

Рассмотрим каждый из путей.

1. Управляющая система – это прежде всего люди. Самый естественный путь, позволяющий поднять производительность, – увеличить число людей. Так и поступали длительное время. В результате численность управленческого персонала возрастала.

Количество информации, которую надо перерабатывать каждому человеку во многих современных системах, настолько возросло, что далеко выходит за пределы человеческих возможностей. Поэтому дальнейшее увеличение численности людей, занятых в управлении, уже не может привести к повышению его эффективности. С ростом числа должностных лиц в УС неизбежно дробление функций управления. До некоторых пор координация работы управленческого персонала была возможна путем прямых связей между исполнителями. Затем появляется необходимость в специальном аппарате, осуществляющем эту координацию. Возникают потоки информации внутри самой УС. На их обслуживание требуются новые люди. Эффективность управления не повышается, а даже падает. Безусловно, так обстоит дело в целом. В отдельных системах возможности этого пути совершенствования управления могут быть и не исчерпаны.

2. Организация работы управленческого персонала постоянно совершенствуется. Так, в органах управления используются методы параллельного сетевого планирования и управления с использованием компьютерных средств системного анализа, когда нижестоящие органы приступают к выработке решения на основе предварительных распоряжений, отданных ЛПР, не дожидаясь окончания планирования в вышестоящих органах управления. Освоение данного способа позволяет сократить время на разработку планов в несколько раз.

3. Путь применения новых методов решения управленческих задач носит несколько односторонний характер, так как в большинстве случаев направлен на получение более качественных решений и требует увеличения времени.

4. При усложнении ОУ, как правило, производится замена простой структуры УС на более сложную, чаще всего иерархического типа, при упрощении ОУ – наоборот. Изменением структуры считается и введение обратной связи в систему. В результате перехода к более сложной структуре функции управления распределяются между большим числом элементов УС и производительность СУ повышается.

Совершенствование структуры систем является довольно эффективным путем. Однако число возможных типовых структур для каждой конкретной системы сравнительно невелико, и к настоящему времени большинство сложных систем имеют такие структуры, изменение которых просто нецелесообразно.

5. Если подчиненные УС могут решать самостоятельно очень ограниченный круг задач, то, следовательно, центральный управляющий орган будет перегружен, и наоборот. Необходим оптимальный компромисс между централизи-

ей и децентрализацией. Решить эту проблему раз и навсегда невозможно, так как функции и задачи управления в системах непрерывно изменяются.

6. Поскольку информация всегда требует определенного материального носителя, на котором она фиксируется, хранится и передается, то, очевидно, необходимы физические действия по обеспечению информационного процесса в СУ. Использование различных средств механизации позволяет значительно повысить эффективность этой стороны управления. К средствам механизации относятся средства для выполнения вычислительных работ, передачи сигналов и команд, документирования информации и размножения документов. В частности, использование ПЭВМ в качестве пишущей машинки относится к механизации, а не к автоматизации управления.

7. Сущность автоматизации заключается в использовании ЭВМ для усиления интеллектуальных возможностей ЛПР. Все рассмотренные ранее пути ведут так или иначе к повышению производительности УС и СС, но, что принципиально, не повышают производительность умственного труда. В этом заключается их ограниченность.

1.2. Основные определения кибернетики

Для оперирования основными понятиями системного анализа будем придерживаться следующих словесно-интуитивных или формальных определений.

Элемент – некоторый объект (материальный, энергетический, информационный), обладающий рядом важных свойств и реализующий в системе определенный закон функционирования F^S , внутренняя структура которого не рассматривается.

Формальное описание элемента системы совпадает с описанием подмодели ψ_a . Однако функционалы g и f заменяются на закон функционирования F^S , и в зависимости от целей моделирования входной сигнал $x(t)$ может быть разделен на три подмножества:

- неуправляемых входных сигналов $x_i \in X, i=1, \dots, k_x$, преобразуемых рассматриваемым элементом;
- воздействий внешней среды $n_v \in N, v=1, \dots, k_n$, представляющих шум, помехи;
- управляющих сигналов (событий) $u_m \in U, m=1, \dots, k_u$, появление которых приводит к переводу элемента из одного состояния в другое.

Иными словами, элемент – это неделимая наименьшая функциональная часть исследуемой системы, включающая $\langle x, n, u, y, F^S \rangle$ и представляемая как «черный ящик» (рис. 1.3). Функциональную модель элемента будем представлять как $y(t)=F^S(x, n, u, t)$.

Входные сигналы, воздействия внешней среды и управляющие сигналы являются независимыми переменными. При строгом подходе изменение лю-

бой из независимых переменных влечет за собой изменение состояния элемента системы. Поэтому в дальнейшем будем обобщенно обозначать эти сигналы как $x(t)$, а функциональную модель элемента – как $y(t)=F^S(x(t))$, если это не затрудняет анализ системы.

Выходной сигнал $y(t)$, в свою очередь, представляют совокупностью характеристик элемента $y_i \in Y, j=1, \dots, k_y$.

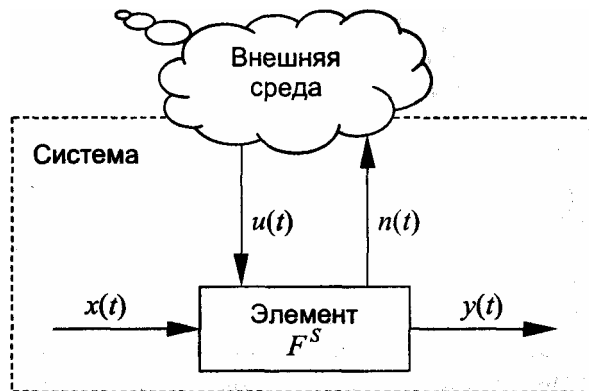


Рис. 1.3. Элемент системы как «черный ящик»

Под *средой* понимается множество объектов S' вне данного элемента (системы), которые оказывают влияние на элемент (систему) и сами находятся под воздействием элемента (системы), $S \cap S' = \emptyset$.

Правильное разграничение исследуемого реального объекта и среды является необходимым этапом системного анализа. Часто в системном анализе выделяют понятие «*суперсистема*» – часть внешней среды, для которой исследуемая система является элементом.

Подсистема – часть системы, выделенная по определенному признаку, обладающая некоторой самостоятельностью и допускающая разложение на элементы в рамках данного рассмотрения.

Система может быть разделена на элементы не сразу, а последовательным расчленением на подсистемы – совокупности элементов. Такое расчленение, как правило, производится на основе определения независимой функции, выполняемой данной совокупностью элементов совместно для достижения некой частной цели, обеспечивающей достижение общей цели системы. Подсистема отличается от простой группы элементов, для которой не выполняется условие целостности.

Последовательное разбиение системы в глубину приводит к иерархии подсистем, нижним уровнем которых является элемент. Типичным примером такого разбиения является структура Паскаль-программы. Так, например, тело основной программы включает модули – подсистемы первого уровня, модули включают функции и процедуры – подсистемы второго уровня, функции и процедуры включают операнды и операторы – элементы системы.

Характеристика – то, что отражает некоторое свойство элемента системы.

Характеристика y_j задается кортежем $y_j = \langle name, \{value\} \rangle$, где *name* – имя j -й характеристики, $\{value\}$ – область допустимых значений. Область допустимых значений задается перечислением этих значений или функционально, с помощью правил вычисления (измерения) и оценки.

Характеристики делятся на количественные и качественные в зависимости от типа отношений на множестве их значений.

Если на множестве значений заданы метризованные отношения, когда указывается не только факт выполнения отношения $\rho(y_j^1, y_j^2)$, но также и степень количественного превосходства, то характеристика является *количественной*. Например, *размер экрана (см)*, *максимальное разрешение (пиксель)* являются количественными характеристиками мониторов, поскольку существуют шкалы измерений этих характеристик в сантиметрах и пикселях соответственно, допускающие упорядочение возможных значений по степени количественного превосходства: размер экрана монитора y_j^1 больше, чем размер экрана монитора y_j^2 на 3 см (аддитивное метризованное отношение) или максимальное разрешение y_j^1 выше, чем максимальное разрешение y_j^2 , в два раза (мультипликативное метризованное отношение).

Если пространство значений не метрическое, то характеристика называется *качественной*. Например, такая характеристика монитора, как *комфортное разрешение*, хотя и измеряется в пикселях, является качественной. Поскольку на комфортность влияют мерцание, нерезкость, индивидуальные особенности пользователя и т.д., единственным отношением на шкале комфортности является отношение эквивалентности, позволяющее различить мониторы как комфортные и некомфортные без установления количественных предпочтений.

Количественная характеристика называется *параметром*.

Часто в литературе понятия «параметр» и «характеристика» отождествляются на том основании, что все можно измерить. Но в общем случае полезно разделять параметры и качественные характеристики, так как не всегда возможно или целесообразно разрабатывать процедуру количественной оценки какого-либо свойства.

Характеристики элемента являются зависимыми переменными и отражают свойства элемента. Под *свойством* понимают сторону объекта, обуславливающую его отличие от других объектов или сходство с ними и проявляющуюся при взаимодействии с другими объектами.

Свойства задаются с использованием отношений одного из основных математических понятий, используемых при анализе и обработке информации. На языке отношений единым образом можно описать воздействия, свойства объектов и связи между ними, задаваемые различными признаками. Существует несколько форм представления отношений: функциональная (в ви-

де функции, функционала, оператора), матричная, табличная, логическая, графовая, представление сечениями, алгоритмическая (в виде словесного правила соответствия).

Свойства классифицируют на *внешние*, проявляющиеся в форме выходных характеристик y_i только при взаимодействии с внешними объектами, и *внутренние*, проявляющиеся в форме переменных состояния z_i при взаимодействии с внутренними элементами рассматриваемой системы и являющиеся причиной внешних свойств.

Одна из основных целей системного анализа – выявление внутренних свойств системы, определяющих ее поведение.

По структуре свойства делят на простые и сложные (интегральные). Внешние простые свойства доступны непосредственному наблюдению, внутренние свойства конструируются в нашем сознании логически и не доступны наблюдению.

Следует помнить о том, что свойства проявляются только при взаимодействии с другими объектами или элементами одного объекта между собой.

По степени подробности отражения свойств выделяют горизонтальные (иерархические) уровни анализа системы. По характеру отражаемых свойств выделяют вертикальные уровни анализа – аспекты. Этот механизм лежит в основе утверждения о том, что для одной реальной системы можно построить множество абстрактных систем.

При проведении системного анализа на результаты влияет фактор времени. Для своевременного окончания работы необходимо правильно определить уровни и аспекты проводимого исследования. При этом производится выделение существенных для данного исследования свойств путем абстрагирования от несущественных по отношению к цели анализа подробностей.

Формально свойства могут быть представлены также и в виде закона функционирования элемента.

Законом функционирования F^S , описывающим процесс функционирования элемента системы во времени, называется зависимость $y(t)=F^S(x,n,u,t)$.

Оператор F^S преобразует независимые переменные в зависимые и отражает *поведение элемента* (системы) во времени – процесс изменения состояния элемента (системы), оцениваемый по степени достижения цели его функционирования. Понятие поведения принято относить только к целенаправленным системам и оценивать по показателям.

Цель – ситуация или область ситуаций, которая должна быть достигнута при функционировании системы за определенный промежуток времени. Цель может задаваться требованиями к показателям результативности, ресурсоемкости, оперативности функционирования системы либо к траектории достижения заданного результата. Как правило, цель для системы определяется старшей системой, а именно той, в которой рассматриваемая система является элементом.

Показатель – характеристика, отражающая качество j -й системы или целевую направленность процесса (операции), реализуемого j -й системой:

$$Y^j = W^j(n, x, u).$$

Показатели делятся на *частные показатели качества* (или *эффективности*) системы y_i^j , которые отражают i -е существенное свойство j -й системы, и *обобщенный показатель качества* (или *эффективности*) системы Y^j – вектор, содержащий совокупность свойств системы в целом. Различие между показателями качества и эффективности состоит в том, что показатель эффективности характеризует процесс (алгоритм) и эффект от функционирования системы, а показатели качества – пригодность системы для использования ее по назначению.

Вид отношений между элементами, который проявляется как некоторый обмен (взаимодействие), называется *связью*. Как правило, в исследованиях выделяются внутренние и внешние связи. Внешние связи системы – это ее связи со средой. Они проявляются в виде характерных свойств системы. Определение внешних связей позволяет отделить систему от окружающего мира и является необходимым начальным этапом исследования.

В ряде случаев считается достаточным исследование всей системы ограничить установлением ее закона функционирования. При этом систему отождествляют с оператором F^S и представляют в виде «черного ящика». Однако в задачах анализа обычно требуется выяснить, какими внутренними связями обуславливаются интересующие исследователя свойства системы. Поэтому основным содержанием системного анализа является определение структурных, функциональных, каузальных, информационных и пространственно-временных внутренних связей системы.

Структурные связи обычно подразделяют на иерархические, сетевые, древовидные и задают в графовой или матричной форме.

Функциональные и пространственно-временные связи задают как функции, функционалы и операторы.

Каузальные (причинно-следственные) связи описывают на языке формальной логики.

Для описания информационных связей разрабатываются инфологические модели.

Выделение связей разных видов наряду с выделением элементов является существенным этапом системного анализа и позволяет судить о сложности рассматриваемой системы.

Важным для описания и исследования систем является понятие *алгоритм функционирования* A^S , под которым понимается метод получения выходных характеристик $y(t)$ с учетом входных воздействий $x(t)$, управляющих воздействий $u(t)$ и воздействий внешней среды $n(t)$.

По сути, алгоритм функционирования раскрывает механизм проявления

внутренних свойств системы, определяющих ее поведение в соответствии с законом функционирования. Один и тот же закон функционирования элемента системы может быть реализован различными способами, т. е. с помощью множества различных алгоритмов функционирования A^S .

Наличие выбора алгоритмов A^S приводит к тому, что системы с одним и тем же законом функционирования обладают разным качеством и эффективностью процесса функционирования.

Качество – совокупность существенных свойств объекта, обуславливающих его пригодность для использования по назначению. Оценка качества может производиться по одному интегральному свойству, выражаемому через обобщенный показатель качества системы.

Процессом называется совокупность состояний системы $z(t_0), z(t_1), \dots, z(t_k)$, упорядоченных по изменению какого-либо параметра t , определяющего свойства системы.

Формально процесс функционирования как последовательная смена состояний интерпретируется как координаты точки в k -мерном фазовом пространстве. При чем каждой реализации процесса будет соответствовать некоторая фазовая траектория. Совокупность всех возможных значений состояний $\{z\}$ называется пространством состояний системы.

Проиллюстрировать понятие процесса можно на следующем примере. Состояние узла связи будем характеризовать количеством исправных связей на коммутаторе. Сделаем ряд измерений, при которых количество связей будет иметь разные значения. Будет ли полученный набор значений характеризовать некоторый процесс? Без дополнительной информации это неизвестно. Если это упорядоченные по времени t (параметр процесса) значения, то – да. Если же значения перемешаны, то соответствующий набор состояний не будет процессом.

В общем случае время в модели системы S может рассматриваться на интервале моделирования $(0, T)$ как непрерывное, так и дискретное, т.е. квантованное на отрезки длиной Δt временных единиц каждый, когда $T = m\Delta t$, где m – число интервалов дискретизации.

Эффективность процесса – степень его приспособленности к достижению цели.

Принято различать эффективность процесса, реализуемого системой, и качество системы. Эффективность проявляется только при функционировании и зависит от свойств самой системы, способа ее применения и от воздействий внешней среды.

Критерий эффективности – обобщенный показатель и правило выбора лучшей системы (лучшего решения). Например, $Y^* = \max\{Y\}$.

Если решение выбирается по качественным характеристикам, то критерий называется решающим правилом.

Если нас интересует не только закон функционирования, но и алгоритм реализации этого закона, то элемент не может быть представлен в виде «черного

ящика» и должен рассматриваться как *подсистема* (агрегат, домен) – часть системы, выделенная по функциональному или какому-либо другому признаку.

Описание подсистемы в целом совпадает с описанием элемента. Но для ее описания дополнительно вводится понятие множества внутренних (собственных) характеристик подсистемы:

$$h_l \in H, l=1, \dots, k_h.$$

Оператор F^S преобразуется к виду $y(t)=F^S(x, n, u, h, t)$, а метод получения выходных характеристик кроме входных воздействий $x(t)$, управляющих воздействий $u(t)$ и воздействий внешней среды $n(t)$ должен учитывать и собственные характеристики подсистемы $h(t)$.

Описание закона функционирования системы наряду с аналитическим, графическим, табличным и другими способами в ряде случаев может быть получено через состояние системы. *Состояние системы* – это множество значений характеристик системы в данный момент времени.

Формально состояние системы в момент времени $t_0 < t \leq T$ полностью определяется начальным состоянием $z(t_0)$, входными воздействиями $x(t)$, управляющими воздействиями $u(t)$, внутренними параметрами $h(t)$ и воздействиями внешней среды $n(t)$, которые имели место за промежуток времени $t^* - t_0$, с помощью глобальных уравнений динамической системы (1.4), (1.5), преобразованных к виду

$$z(t)=f(z(t_0), x(\tau), u(\tau), n(\tau), h(\tau), \tau \in [t_0, t];$$

$$y(t)=g(z(t), t).$$

Здесь уравнение состояния по начальному состоянию $z(t_0)$ и переменным x, u, n, h определяет вектор-функцию $z(t)$, а уравнение наблюдения по полученному значению состояний $z(t)$ определяет переменные на выходе подсистемы $y(t)$.

Таким образом, цепочка уравнений объекта «вход-состояния-выход» позволяет определить характеристики подсистемы:

$$y(t)=f[g(z(t_0), x, u, n, h, t)]$$

и под математической моделью реальной системы можно понимать конечное подмножество переменных $\{x(t), u(t), n(t), h(t)\}$ вместе с математическими связями между ними и характеристиками $y(t)$.

Структура – совокупность образующих систему элементов и связей между ними. Это понятие вводится для описания подмодели Ψ_b . В структуре системы существенную роль играют связи. Так, изменяя связи при сохранении элементов, можно получить другую систему, обладающую новыми свойствами или реализующую другой закон функционирования. Это наглядно видно на рис. 1.6, если в качестве системы рассматривать соединение трех проводников, обладающих разными сопротивлениями.

Необходимость одновременного и взаимоувязанного рассмотрения состояний системы и среды требует определения понятий «ситуация» и «проблема».

Ситуация – совокупность состояний системы и среды в один и тот же момент времени.

Проблема – несоответствие между существующим и требуемым (целевым) состоянием системы при данном состоянии среды в рассматриваемый момент времени.

1.3. Общие положения теории управления

В теории управления принято считать, что системы с управлением создаются для достижения конкретных целей, которые определяются в рамках других наук, занимающихся исследованием конкретных систем. В зависимости от природы (люди или технические устройства) принято выделять три типа систем с управлением:

- организационные (социальные) системы управления;
- технические системы управления;
- организационно-технические (комплексные) системы управления.

Рассмотрим основные положения по управлению в организационно-технических системах, опираясь на базовые понятия.

Общая структурная схема системы с управлением может быть представлена в виде, показанном на рис. 1.4.

Здесь S^1 – объект управления, S^2 – управляющая система, N – информация о состоянии внешней среды (внешние воздействия на объект управления), N' – информация о состоянии внешней среды, имеющаяся в управляющей системе, X – командная информация, Y – информация о состоянии объекта управления, Y' – информация о состоянии объекта управления, имеющаяся в управляющей системе.

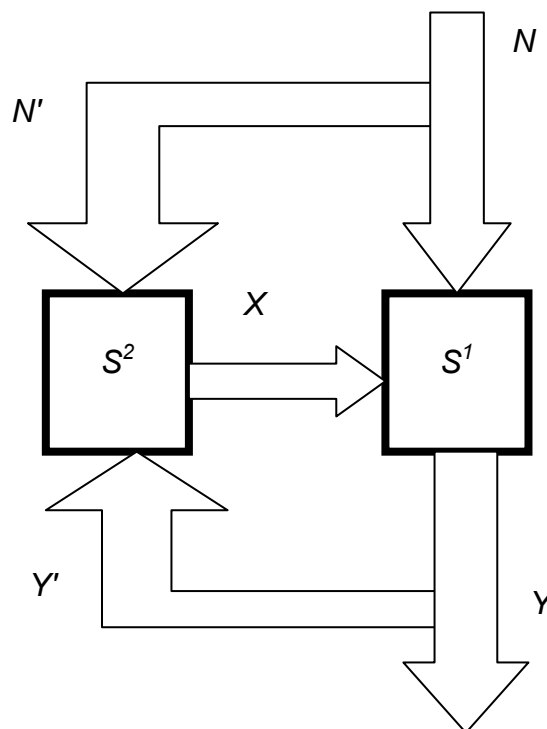


Рис. 1.4. Общая структурная схема системы с управлением

Управляющая система реализует задачи целеполагания, стабилизации/выполнения программы, слежения или оптимизации и тем самым обеспечивает либо удержание выходных характеристик системы при изменениях внешней среды в требуемых пределах, либо выполнение системой действий по изменению значений ее характеристик или характеристик внешней среды.

Объект управления является исполнительным инструментом, реализующим основную функцию системы.

Система связи, являясь частью системы управления, обеспечивает обмен управляющей информацией между управляющей системой и объектом управления.

Задачами теории управления при таком рассмотрении являются:

- синтез структуры и параметров объекта управления, соответствующих цели (закону функционирования) создаваемой системы с управлением;
- синтез структуры и параметров управляющей системы, т.е. построение структуры управления с учетом ограничений по затратам различного вида (численность управленческого персонала и др.); определение мест размещения центров обработки информации; определение массивов информации, подлежащих передаче, хранению и обработке;
- синтез структуры и параметров системы связи. Единых методов решения перечисленных задач для всех типов систем на настоящее время не существует. Однако для всех типов систем с управлением признается существование ряда аксиом и принципов управления, знание которых позволяет квалифицированно решать задачи управления.

1.3.1. Аксиомы теории управления

Для управления необходимо выполнение ряда естественных условий, которые сформулируем в виде аксиом.

Аксиома 1. Наличие *наблюдаемости объекта управления*. В теории управления ОУ считается наблюдаемым в состоянии $z(t)$ на множестве моментов времени T , при входном воздействии $x(t)$ и отсутствии возмущений, если уравнение наблюдения динамической системы, представленное в виде

$$y^*(t) = g[t, x(t), z^*(t)],$$

где $y^*(t)$ – некоторая реализация выходного процесса, доступная для регистрации, имеет единственное решение

$$z^*(t) = z(t) \in Z.$$

Если это утверждение справедливо для любого $z(t) \in Z$, то объект считается полностью наблюдаемым.

Это выражение означает, что определение любого из состояний ОУ (т.е. его наблюдаемость) реализуется только в том случае, если по результатам измерения выходных переменных $y^*(t)$ при известных значениях входных переменных $x(t)$ может быть получена оценка $z^*(t)$ любой из переменных состояния $z(t)$.

Такая задача в теории систем известна как *задача наблюдения*. В организационно-технических системах управления эта задача реализуется функцией *контроля* текущего состояния ОУ и воздействий внешней среды. Без этой информации управление или невозможно, или неэффективно.

Аксиома 2. Наличие *управляемости* – способности ОУ переходить в пространстве состояний Z из текущего состояния в требуемое под воздействиями управляющей системы. Под этим можно понимать перемещение в физическом пространстве, изменение скорости и направления движения в пространстве состояний, изменение структуры или свойств ОУ. Если состояние ОУ не меняется, то понятие управления теряет смысл.

Аксиома 3. Наличие *цели управления*. Под целью управления понимают набор значений количественных или качественных характеристик, определяющих требуемое состояние ОУ.

Если цель неизвестна, управление не имеет смысла, а изменение состояний превращается в бесцельное блуждание. Цель отображается точкой, в которую надо перевести систему из существующего состояния, или траекторией перевода ОУ в требуемое состояние в виде, например, аддитивной свертки

$$\max F = \sum_{i=1}^n a_i y_i$$

с ограничениями типа

$$\sum_{i=1}^n b_i y_i \leq c,$$

где y_i – характеристика;

a_i – важность (вес); i – характеристики;

b_i – расход ресурсов на поддержание i -й характеристики в требуемом состоянии;

c – общее количество ресурсов.

Аксиома 4. Свобода выбора – возможность *выбора управляющих воздействий (решений)* из некоторого множества допустимых альтернатив. Чем меньше это множество, тем менее эффективно управление, так как в условиях ограничений оптимальные решения часто остаются за пределами области адекватности. Если имеется единственная альтернатива, то управление не требуется. Если решения не влияют на изменение состояния ОУ, то управления не существует.

Аксиома 5. Наличие *критерия эффективности управления*. Обобщенным критерием эффективности управления считается степень достижения цели функционирования системы.

Кроме степени достижения цели качество управления можно оценивать по частным критериям: степени соответствия управляющих воздействий требуемым состояниям ОУ, качеству принимаемых решений, точности управления. Для оценки систем управления военного назначения вводятся требова-

ния к управлению по показателям устойчивости, непрерывности (длительности цикла управления), оперативности и скрытности.

Аксиома 6. Наличие *ресурсов* (материальных, финансовых, трудовых и т.д.), обеспечивающих реализацию принятых решений. Отсутствие ресурсов равносильно отсутствию свободы выбора. Управление без ресурсов невозможно.

1.3.2. Принцип необходимого разнообразия Эшби

Из аксиом управления следует, что управление заключается в ограничении разнообразия состояний управляемого объекта. Это означает, что энтропия объекта управления должна быть равна нулю $H(Y)=0$. Иными словами, неопределенность относительно состояний объекта управления в управляющей системе должна полностью отсутствовать и объект управления должен находиться в строго определенном состоянии с вероятностью, равной единице.

Если управляемый объект характеризуется одним показателем качества y^l и может находиться в n состояниях $y_1^l, y_2^l, \dots, y_n^l$ с вероятностями $p(y_1^l), p(y_2^l), \dots, p(y_n^l)$, то сообщение Y о том, в каком из состояний находится объект в системе с полной информацией, будет содержать количество информации, равное его энтропии

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^n p(y_i^l) \log_2 p(y_i^l).$$

Для оценки состояний объекта, характеризуемого m показателями качества y^j , требуется провести суммирование и по $j, j = 1, 2, \dots, m$.

Энтропия $H(Y)$ является мерой первоначальной неопределенности состояния объекта управления. Чем больше число различных состояний объекта и чем меньше отличаются друг от друга их вероятности, тем больше энтропия объекта управления. При n равновероятных состояниях $p_i = 1/n$ значение энтропии максимально: $H(Y)_{\max} = \log_2 n$.

С получением сведений об объекте управления неопределенность его состояния для управляющей системы уменьшается. Количество взаимной информации в сообщениях, предназначенных для уточнения состояния (уменьшения энтропии) объекта управления, определяют как разность:

$$I(Y, Y') = H(Y) - H(Y/Y'),$$

где $H(Y/Y')$ – условная энтропия объекта после получения сообщения Y' .

Если полученное сообщение полностью характеризует состояние объекта, то оно полностью снимает неопределенность ($H(Y/Y')=0$) и несет количество информации, равное $H(Y)$.

Из теории информации также известно, что количество информации обладает двумя важными свойствами: положительностью и симметричностью. Первое свойство свидетельствует о том, что количество информации всегда больше или равно нулю ($I \geq 0$). Согласно второму свойству количество взаим-

ной информации $I(A, B)$, которое содержит принятое сообщение о посланном, равно количеству взаимной информации $I(B, A)$, которое содержит посланное сообщение о принятом

$$I(A, B) = I(B, A).$$

Указанные характеристики информации позволяют провести анализ управляющих воздействий относительно их соответствия состояниям управляемого объекта. Иначе, определить пределы управления.

Пусть существует система с управлением, в которой решается задача стабилизации – поддержание заданного состояния при случайных воздействиях внешней среды. Система описывается множеством возможных состояний объекта управления $Y = \{y_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$, и множеством возможных управляющих воздействий $X = \{x_j\}$, $j = 1, 2, \dots, m$.

Для определения пределов управления рассмотрим три возможных варианта:

1. Отсутствие управления.
2. Идеальное управление (управление с полной информацией).
3. Реальное управление (управление с неполной информацией).

1. *Отсутствие управления.* Если управление отсутствует, то управляемый объект может принимать любое из состояний Y и характеризуется максимальной энтропией

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^n p(y_i) \log_2 p(y_i) = H(Y)_{\max}$$

2. *Идеальное управление.* Если управление идеальное, управляемый объект будет все время находиться в заданном состоянии с вероятностью, равной единице, и поэтому энтропия управляемого объекта равна нулю.

Проиллюстрируем это утверждение. Пусть для заданной системы при условии воздействий X вероятность первого состояния $p(y_1) = 1$, а вероятности остальных состояний $\sum_{i=2}^n p(y_i) = 0$. Следовательно,

$$\begin{aligned} H(Y/X) &= -\{p(y_1) \cdot \log_2 p(y_1)\} + \left\{ \sum_{i=2}^n p(y_i) \cdot \log_2 p(y_i) \right\} = \\ &= -\{1 \cdot \log_2 1\} + \left\{ 0 \cdot \sum_{i=2}^n \log_2 p(y_i) \right\} = -\{1 \cdot 0\} + \{0\} = 0 \end{aligned}$$

3. *Реальное управление.* При управлении в реальных условиях имеют место отклонения состояния управляемого объекта относительно заданного. Это определяется тем, что управляющая система в общем случае подвержена внешним воздействиям, не обладает полной информацией о состоянии среды N и объекта управления $Y(N' \subset N$ и $Y' \subset Y)$. Это приводит к тому, что управляющие воздействия не полностью соответствуют требуемым воздействиям. В этом случае можно сделать вывод, что энтропия объекта управления в ре-

альных условиях может изменяться в пределах

$$0 < H(Y/X) < H(Y)_{max},$$

Качество управления может определяться количеством взаимной информации $I(X, Y)$ в управляющих воздействиях X относительно состояний управляемого объекта Y , вычисляемой как разность между безусловной и условной энтропией

$$H(Y)_{max} - H(Y/X) = I(X, Y), \quad (1)$$

что соответствует уменьшению энтропии управляемого объекта на величину, равную полученной информации.

С другой стороны, количество взаимной информации $I(X, Y)$ в управляющих воздействиях X относительно состояний управляемого объекта Y может быть выражено как разность энтропии управляющей системы $H(X)$ и условной энтропии управляющей системы после получения сообщения о состоянии управляемого объекта $H(X/Y)$:

$$I(X, Y) = H(X) - H(X/Y). \quad (2)$$

Подставив выражение (2) в правую часть выражения (4.1), получим

$$H(Y)_{max} - H(Y/X) = H(X) - H(X/Y) \quad (3)$$

После переноса $H(Y)_{max}$ из левой части выражения (3) в правую часть и замены знаков получим

$$H(Y/X) = H(Y)_{max} - H(X) + H(X/Y). \quad (4)$$

Выражение (4), определяющее предельные возможности управления, показывает, что для повышения качества управления, т.е. уменьшения энтропии $H(Y/X)$, необходимо:

- уменьшать разнообразие состояний управляемого объекта $H(Y)$;
- увеличивать разнообразие управляющих воздействий $H(X)$, приближая его к разнообразию состояний управляемого объекта $H(Y)$;
- уменьшать неоднозначность управляющих воздействий относительно состояний объекта управления $H(X/Y)$, что возможно при наличии полной информации об управляемом объекте и внешней среде.

Иными словами, *нужно стремиться к тому, чтобы на каждое возможное состояние управляемого объекта имелось свое управляющее воздействие*, чтобы существовала возможность использования управляющих воздействий в зависимости от состояния и чтобы всякий раз обеспечивался выбор того воздействия, которое соответствует состоянию объекта управления. Выражение (4) отражает фундаментальный принцип кибернетики, известный как принцип необходимого разнообразия (принцип У. Росса Эшби) и формулируемый кратко так: «Разнообразие управляющей системы должно быть не меньше разнообразия объекта управления».

Согласно данному принципу с увеличением сложности объекта управления сложность управляющей системы должна увеличиваться. При управлении нужно располагать возможно более точной и полной информацией об

управляемом объекте и внешней среде.

Из этого принципа следует, что энтропию объекта управления (многообразие состояний регулируемых переменных) можно понизить до желаемого уровня (что и является целью регулирования), только увеличив энтропию управляющей системы (многообразие регулирующих переменных) по меньшей мере до соответствующего минимума.

Принцип утверждает, что производительность любого физического устройства как регулятора не превышает его производительности как канала связи.

К сожалению, условная энтропия $H(Y/X)$ не может считаться исчерпывающей характеристикой качества управления даже в теоретическом плане. Дело в том, что значение энтропии зависит лишь от распределения вероятностей, но не от самих значений случайной величины. Между тем довольно часто более важны сами значения случайных отклонений, а не их вероятности. Кроме того, возможности управления ограничиваются и некоторыми другими факторами, например временем обработки информации в управляющем объекте и передачи ее по каналам прямой и обратной связи.

1.4. Модели основных функций организационно-технического управления

Управление заключается в преобразовании информации о состоянии объекта управления в командную информацию. Информация как любой объект обладает:

- содержанием;
- формой;
- пространственным расположением;
- временным расположением.

При таком рассмотрении управление может заключаться в преобразовании содержания (смысла) информации о состоянии объекта управления, в результате которого получают новую информацию; преобразовании формы, пространственного или временного расположения информации.

Проведем классификацию составных частей процесса управления с учетом того, что существует два принципа классификации: принцип разбиения и принцип покрытия.

Принцип разбиения состоит в том, что все исследуемое множество M разбивается на непересекающиеся подмножества M_1, M_2, \dots, M_n , называемые классами эквивалентности, так, что

$$M = \bigcup M_i \text{ и } M_i \cap M_j = \emptyset, i \neq j.$$

Принцип покрытия заключается в таком задании подмножеств M_i , что имеется хотя бы одна пара подмножеств M_i и M_j , в которой

$$M_i \cap M_j \neq \emptyset, \text{ но } \bigcup M_i = M, i \neq j.$$

Подмножества M_i в этом случае называются классами толерантности.

Классифицировать функции управления на основе принципа разбиения нецелесообразно, так как они связаны между собой и выполнение одной из них почти всегда ведет к одновременному выполнению других.

Поэтому, используя принцип покрытия, будем рассматривать процесс управления с учетом того, что он содержит множество функций преобразования информации, включающее три известных подмножества функций:

- $\{f_o\}$ – подмножество функций, связанных с обменом информацией между ЛПР (передача сигналов оповещения, текстовой и графической информации, телефонные переговоры), и функция обмена данными;
- $\{f_p\}$ – подмножество рутинных функций управления (учет, хранение, поиск, отображение, обновление, редактирование, тиражирование текста и графики, разграничение доступа к информации);
- $\{f_c\}$ – подмножество функций преобразования содержания и формы представления информации (расчеты, решение логических задач для анализа состояния ОУ, при подготовке предложений для принятия решений, при разработке планирующих и распорядительных документов).

При этом процесс управления включает в себя функции всех подмножеств, но основным является подмножество $\{f_c\}$, так как преобразования содержания обеспечивают порождение новой информации – решений по управлению.

1.4.1. Содержательное описание функций управления

Управление в организационно-технических системах можно представить как последовательность функций, составляющих технологический цикл управления.

Под *функцией управления* понимают устойчивую упорядоченную совокупность операций, основанную на разделении труда в управляющей системе.

Основоположником функционального подхода в управлении считается А.Файоль. Он выделил пять функций управления: предвидение, организация, распорядительская деятельность, координация (согласование) и контроль. Одновременно А.Файоль разделил все функции на шесть групп: производство, финансы, охрана, учет, администрирование, техника безопасности. В настоящее время к основным функциям управления относят:

- сбор данных;
- формирование сообщения;
- передачу данных по каналам связи;
- учет;
- контроль;
- анализ;
- прогнозирование;
- планирование;
- оперативное управление;

- организацию и координацию;
- доведение решений.

Для учета человеческого фактора в отдельную группу выделяют функции *стимулирование* и *мотивация*.

Рассмотрим определения и взаимосвязь основных функций в форме функциональной модели цикла управления (рис. 1.5).

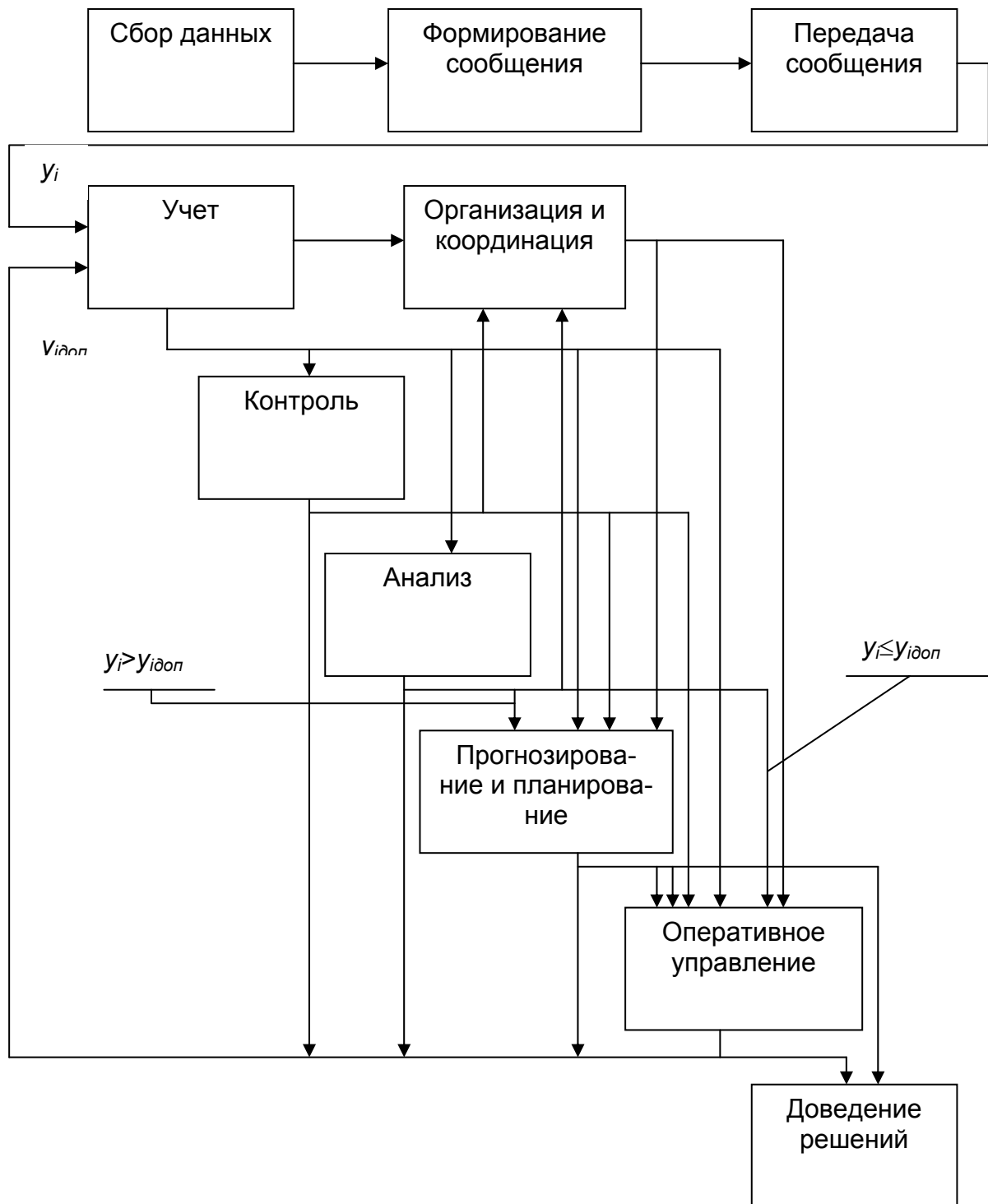


Рис. 1.5. Функциональная модель цикла управления

Сбор данных – функция измерения характеристик y_i , выполняемая в объекте управления вручную или автоматически. Модели процессов измерения изучаются в метрологии.

Формирование сообщения (запроса) – преобразование информации к виду, пригодному для передачи по каналам связи в управляющую систему и/или обработки в автоматизированном режиме. Модели функций формирования сообщений рассматриваются в теории информации, теории баз данных.

Передача данных по каналам связи – осуществляется разными способами, в том числе с использованием средств автоматизации. Главными требованиями к передаче данных являются: своевременность, достоверность и безопасность обмена информацией. Модели функций передачи данных рассматриваются в теории информации.

Учет – система функций, обеспечивающих хранение информации. Включает ввод-вывод, регистрацию, преобразование формы, поиск, отображение, тиражирование, классификацию, статистическую обработку, выборку, получение агрегированных данных, обеспечение конфиденциальности и целостности информации. Модели функций учета изучаются в теории баз данных.

Контроль – система функций, обеспечивающих определение состояния ОУ (измерение, сбор, уточнение данных об объекте управления) и оценку степени отклонения текущего состояния от требуемого по заданным критериям эффективности (оценку соответствия состояния системы требуемому).

С английского языка control переводится как управление и часто термин «контроль» используется вместо термина «управление». Это объясняется тем, что все функции управления включают элементы контроля. Мы будем выделять эту функцию, так как для ее автоматизации требуется формальная постановка задач *наблюдения, классификации и идентификации* состояния ОУ.

В зависимости от объекта контроля в эту функцию включают, например, измерение и оценку достоверности, точности, объема, своевременности представления данных, прохождения и исполнения документов; решение задач информационной безопасности.

Различают три вида контроля: предварительный, текущий и заключительный.

Предварительный контроль проводится до начала цикла управления для оценки ресурсов ОУ и внешних воздействий.

Текущий, или оперативный, контроль осуществляется на продолжении всего цикла управления в целях обнаружения отклонений от требуемого состояния.

Заключительный контроль предназначен для оценки степени достижения цели в конце цикла управления.

Функция *анализа* в общем случае зависит от его цели. Мы будем понимать под этой функцией средство, обеспечивающее объяснение причин отклонений состояния системы от требуемого и обоснование решения на переход к опера-

тивному управлению или планированию. Например; пусть объект управления характеризуется параметром y_i , который изменяется в пределах Δy_i . Если в результате анализа выяснено, что $\Delta y_i \leq \Delta y_{\text{доп}}$, где $\Delta y_{\text{доп}}$ – допустимое отклонение, то в цикле управления осуществляется переход к оперативному управлению. Если $\Delta y_i > \Delta y_{\text{доп}}$, то осуществляется переход к функции планирования. Анализ часто в отдельную функцию не выделяется, а рассматривается совместно с контролем как составная часть других функций управления.

Функция *прогнозирования* – это средство снятия неопределенности относительно возможной структуры, свойств или закона функционирования системы в будущем. Типичными целями прогнозирования могут служить:

- замедление процесса «старения» принимаемых решений и предупреждение неблагоприятных ситуаций, в которых может оказаться организационно-техническая система. Решение по управлению, основанное на правильном прогнозе, не потребует изменять в ближайшем будущем, т.е. один вопрос не потребует решать дважды;
- повышение производительности системы с управлением, адаптация к изменяющимся условиям (предсказание ветвлений в суперскалярных микропроцессорах ЭВМ, предсказание будущих значений сигнала в системах связи).

Во всех случаях прогноз – это научно обоснованное суждение о возможных состояниях системы в будущем и/или об альтернативных путях и сроках достижения целевого состояния.

Прогноз позволяет получить совокупность возможных вариантов развития системы. Однако реализованные варианты зависят не от прогноза, а всегда определяются конкретными решениями, принимаемыми в системе управления, и имеющимися ресурсами. Так, оптимистический прогноз может не состояться, если ЛПР не предпринимает мер по его реализации. В свою очередь, правильные решения могут смягчить последствия пессимистического прогноза.

Прогнозы могут быть разделены на группы по периодам упреждения и по методам прогнозирования.

По периодам упреждения – промежутку времени, на который рассчитан прогноз, различают оперативные (текущие), кратко-, средне- и долгосрочные прогнозы. Оперативный прогноз, как правило, рассчитан на период времени, в течение которого объект управления существенно не изменяется, краткосрочный – на перспективу количественных изменений. Среднесрочный прогноз охватывает период времени, когда количественные изменения преобладают над качественными, долгосрочный – перспективу качественных изменений системы.

Функция *планирования* состоит в последовательном снятии неопределенности относительно требуемой структуры, свойств, закона функционирования системы или внешней среды. Включает задачу принятия решений по

целеполаганию ($ЗПР_{ц}$) и задачу принятия решения по действиям ($ЗПР_{д}$) – совокупность процедур по определению требуемого (целевого, оптимального) состояния системы и действий по достижению этого состояния, объединенных в единый процесс. Осуществляется при изменении условий функционирования ОУ: целей планирования, воздействий внешней среды, препятствующих оперативному управлению, и др.

В терминологии менеджмента ЗПР называют *стратегическим* или *перспективным* планированием, а ЗПР – *тактическим* или *текущим* планированием.

На стадии стратегического планирования рассматривается необходимость и возможность изменения структуры, свойств или закона функционирования системы.

Тактическое планирование заключается в принятии решения по выбору траектории перевода системы в новое состояние. При этом определяются действия ОУ, порядок использования ресурсов, решается задача оптимизации с учетом предполагаемых воздействий внешней среды. Детально прорабатываются средства и способы достижения целей, использования ресурсов, необходимые процедуры и технология. Характеристики системы считаются заданными и учитываются как ограничения.

Точную границу между стратегическим и тактическим планированием провести трудно. Обычно стратегическое планирование охватывает в несколько раз больший промежуток времени, чем тактическое; оно имеет гораздо более отдаленные последствия, шире влияет на функционирование управляемой системы в целом и использует более мощные ресурсы.

Оперативное управление обеспечивает функционирование системы в рамках действующего плана. Заключается в решении задач стабилизации, слежения или выполнения программы управления. Иногда в эту функцию включают задачу оптимизации. Планирование и оперативное управление являются задачами содержательной обработки информации.

Математические модели функций содержательной обработки информации разрабатываются с использованием теории принятия решений. Решения, принятые при планировании или оперативном управлении, учитываются в блоке учета и доводятся до объекта управления. После этого начинается новый цикл управления, в котором текущее состояние объекта управления сравнивается с требуемым, и в зависимости от величины отклонений управляемых характеристик Δy_i от допустимых отклонений $\Delta y_{идоп}$ осуществляется переход к оперативному управлению или планированию.

Функция *организации* заключается в установлении постоянных и временных связей между всеми элементами системы, в определении порядка и условий их функционирования, в объединении компонентов и ресурсов системы таким образом, чтобы обеспечить эффективное достижение намеченных целей.

Функция организации выполняет:

- группировку функциональных элементов и ресурсов в организационные структуры;
- распределение степени ответственности ЛПР в иерархии подсистем управления.

Функция *координации* – это согласование действий подсистем в соответствии с целями системы с управлением и поддержание этого согласования на протяжении цикла управления. Наличие нескольких ОУ и подсистем управления приводит к противоречию между их частными целями. Это, в свою очередь, приводит к разобщенности действий. Устранение этих противоречий – основная задача координации. Функцию координации иногда рассматривают совместно с организацией в рамках задач оперативного управления или планирования.

Модели координации и организации разрабатываются в общей теории систем, в теории принятия решений, на основе теории расписаний, в частности, с использованием методов сетевого планирования и управления.

1.4.2. Модель функции контроля

Задача контроля объекта управления включает решение трех частных задач: задачи наблюдения, классификации и идентификации (распознавания образов).

Решение задачи наблюдения заключается в отыскании такого отображения $g^{-1}: Y \rightarrow Z$,

которое каждой наблюдаемой реализации выходных характеристик Y ставит в однозначное соответствие внутреннее состояние ОУ Z . Это означает, что для контроля требуется обеспечить потенциальную наблюдаемость внутренних состояний ОУ по внешним признакам.

Решение задачи классификации состоит в отыскании такого отображения $\varphi: Y \rightarrow E$,

которое обеспечивает разбиение всего множества возможных реализации выходных характеристик Y на ограниченное число классов E , обладающих теми или иными общими свойствами (видов агрегированных состояний ОУ). Определенные заранее такие агрегированные состояния играют роль своеобразных эталонов для распознавания реальных состояний объекта в процессе его контроля. В процессе анализа каждому классу состояний ставится в соответствие определенное решение по управлению объектом.

Решение задачи идентификации заключается в отыскании такого отображения

$\psi: E \rightarrow S$,

которое определяет оптимальную в некотором смысле оценку состояния ОУ S_i по реализации входных x и выходных y сигналов объекта. Наблюдаемое реальное состояние объекта идентифицируется путем отождествления его с одним из заданных агрегированных состояний E . Другими словами, задача

идентификации состоит в нахождении методов, с помощью которых для каждого конкретного состояния S_i требуется найти класс E , к которому оно относится. Иногда эту задачу называют задачей распознавания образов.

Рассмотрим эти задачи более детально.

1. Решение задачи наблюдения. В самом общем виде модель функционирования любого объекта может быть представлена уравнением наблюдения и уравнением состояния системы:

$$z(t)=f(z(t_0),x(\tau)), \tau \in [t_0, t];$$

$$y(t)=g(z(t),x(t)).$$

В терминах общей теории систем операторы f и g реализуют отображения

$$f: T \times X \times Z \rightarrow Z;$$

$$g: T \times X \times Z \rightarrow Y, \quad (4.5)$$

где T – множество моментов времени, в которые наблюдается объект;

X и Y – множество входных и выходных сигналов соответственно;

Z – множество состояний объекта.

При этом всякое состояние объекта $z(t) \in Z$ характеризуется в каждый момент времени $t \in T$ набором переменных z_i ($i=1, \dots, k$), изменяющихся под влиянием внешних воздействий и внутренних возмущений. Заметим, что математическое состояние объекта как динамической системы и его состояние как объекта управления не являются эквивалентными понятиями. По определению состояние объекта управления – это множество значений характеристик системы в данный момент времени. Иначе говоря, это совокупность таких признаков, по которым можно судить о способности объекта к выполнению функций, т.е. установить, является ли в данный момент объект исправным или неисправным, правильно или неправильно функционирующим и т.д. Математическое состояние объекта есть набор таких переменных $z(t)$ (переменных состояния), которые хотя и полностью определяют положение объекта как абстрактной динамической системы в некотором пространстве в рассматриваемый момент времени, но сами по себе не позволяют установить, правильно ли функционирует объект. Для того чтобы вынести такое суждение, необходимо сопоставить каждую переменную состояния объекта с некоторым конкретным значением выходной переменной $y(t)$, характеризующей частный показатель качества. Только на основании результатов сопоставления всех переменных состояния объекта с априорно заданными их значениями можно отнести это состояние к тому или иному виду. Однако такое сопоставление не всегда осуществимо, так как переменные состояния $z(t)$ в общем случае являются некоторыми абстрактными переменными, физическая природа которых не всегда известна, а их измерение не всегда возможно. В отличие от них выходные переменные $y(t)$ можно наблюдать и оценивать, поскольку они являются вполне конкретными физическими величинами. В этом отношении выходные переменные более удобны для использования в

качестве признаков при определении состояния объекта, т.е. в качестве контролируемых признаков. Иными словами, определение состояния объекта практически осуществимо в пространстве выходных переменных $y(t)$, а не переменных состояния $z(t)$.

С математической точки зрения определение любого из состояний объекта возможно только в том случае, если по результатам измерения выходных переменных $y(t)$ при известных значениях входных переменных $x(t)$ может быть получена оценка любой из переменных состояния $z(t)$. Такая задача в теории систем и в теории управления известна как *задача наблюдения*.

Задача наблюдения состоит в том, чтобы на основе известного выходного процесса $y(t)$ определить неизвестные состояния объекта $z(t)$, где $y(t)$ и $z(t)$ – вектор-функции.

Формально эта задача сводится к решению относительно $z(t)$ уравнения

$$L[t, x(t), \dot{z}(t), \tau] = \dot{y}(t) \quad (6)$$

где $y(t)$ – некоторая реализация (точнее, часть реализации) выходного процесса, доступная для регистрации.

Объект считается наблюдаемым в состоянии $z(t)$ на множестве моментов времени T , при входном воздействии $x(t)$ и отсутствии возмущений, если уравнение (6) имеет единственное решение $z(t) = \dot{z}(t) \in Z$. Если утверждение справедливо для любого $z(t) \in Z$, то объект считается полностью наблюдаемым.

Необходимым и достаточным условием полной наблюдаемости объекта является инъективность отображения (5), означающая, что каждый элемент $y(t) \in Y$ при фиксированных элементах t и $x(t)$ имеет в качестве прообраза единственный элемент $z(t)$ (каждому состоянию соответствует одно и только одно значение выходной переменной). Иначе говоря, должно существовать отображение g^{-1}

$$g^{-1}: Y \rightarrow Z,$$

обратное уравнению наблюдения, которое позволяет по наблюдаемым выходным характеристикам определить внутренние состояния ОУ. Это означает, что всякому изменению вектора состояния $z(t)$ объекта соответствует определенное изменение вектора выхода $y(t)$ при фиксированном векторе входа $x(t)$. Благодаря этому выходные переменные $y_i(t)$, $i=1, \dots, n$, можно использовать в качестве признаков наблюдаемого текущего состояния объекта.

Итак, первой задачей при определении состояния контролируемого ОУ является решение задачи наблюдения, т.е. отыскание такого отображения, которое при фиксированных значениях $t \in T$ и $x(t) \in X$ обеспечивает полную наблюдаемость ОУ.

Полная наблюдаемость достигается соответствующим выбором в ОУ контрольных точек, в которых должен производиться съем информации. Поэтому выбор контрольных точек в объекте является наиболее важным моментом при решении задачи наблюдения. Ясно, что эта задача решается за-

благовременно при разработке объекта, и результаты ее решения используются при определении мест съема информации в процессе контроля. Таким образом, при полной наблюдаемости объекта всегда возможно определение его состояния по данным измерений характеристик на его выходах.

2. Решение задачи классификации. Второй задачей контроля является определение одного из заданных состояний, к которому может быть отнесено наблюдаемое текущее состояние объекта. Задача отнесения конкретного наблюдаемого состояния объекта к одному из заданных классов состояний называется *задачей классификации*.

Решение этой задачи заключается в отыскании отображения

$$\varphi: Y \rightarrow E,$$

где E – множество заданных видов состояния объекта.

Не касаясь способов задания множества E , напомним, что каждому виду состояния объекта соответствует определенное подмножество его текущих состояний, объединенных некоторыми общими свойствами, т.е. таких состояний, относительно которых может быть принято одно и то же решение.

Физически это означает следующее: всякому наблюдаемому состоянию объекта должен быть поставлен в соответствие единственный вид его состояния. При этом множество состояний объекта, которое может быть бесконечным, разбивается на конечное и обычно небольшое число классов, каждый из которых соответствует определенному состоянию. Это делает задачу контроля обозримой для объекта любой сложности и доступной для решения. Сформулированная задача классификации заключается в разбиении множества Y на ряд непересекающихся классов и в определении принадлежности каждого из возможных состояний объекта одному из классов.

Другими словами, задача классификации состоит в определении неких агрегированных состояний ОУ – в создании некоторого классификатора, эталона, по которому можно оценивать реальные состояния ОУ.

Согласно постановке задачи классификации требуется определение не конкретного состояния ОУ, а некоторого класса, в который данное состояние входит.

Таким образом, агрегированные состояния содержат в себе обобщенные признаки, которые характеризуют состояние ОУ. Именно эти состояния задают множество состояний объекта E , подлежащих распознаванию при идентификации. Другими словами, множество агрегированных состояний задаёт виды состояний, с одним из которых отождествляется наблюдаемое состояние объекта, т.е. всякое агрегированное состояние является формальным представлением (изображением) соответствующего ему вида состояния.

Отдельные состояния, входящие в агрегированное состояние, должны находиться в отношении эквивалентности. Отношением эквивалентности называется бинарное отношение $Q = Y \times Y$, обладающее следующими свойствами:

- рефлексивностью $\forall y \in Y, (y, y) \in Q$;

- симметричностью $(y_1, y_2) \in Q \Rightarrow (y_2, y_1) \in Q$;
- транзитивностью $(y_1, y_2) \in Q \& (y_2, y_3) \in Q \Rightarrow (y_1, y_3) \in Q$.

Отношение эквивалентности задает разбиение множества Y всех состояний объекта на непересекающиеся классы, каждый из которых содержит эквивалентные в том или ином смысле состояния ОУ, т.е. осуществляет факторизацию этого множества.

Таким образом, задание видов состояний для конкретного объекта заключается в факторизации множества его возможных состояний с учетом практических требований, вытекающих из существа задачи контроля.

Состояния объекта наблюдаются на множестве выходных сигналов Y , поэтому всякий элемент этого множества можно рассматривать как k -ю точку n -мерного пространства, поскольку компоненты Y представляют собой численные значения наблюдаемых характеристик в выбранных контрольных точках, общее число которых n .

Каждому элементу множества Y (наблюдаемому состоянию объекта) ставится в соответствие определенный элемент множества E , т.е. определенный вид состояния. Очевидно, что число задаваемых видов состояний должно соответствовать числу классов, получаемых при факторизации множества Y .

Обозначим получающиеся при этом фактор-множества через Y/Q . С учетом этого обозначения операцию факторизации можем записать в виде отображения

$$\varphi: Y \rightarrow Y/Q.$$

Принципы построения фактор-множеств основываются на теории алгебраических структур, в частности теории групп. В терминах данной теории множество Y является группой относительно ассоциативной операции сложения, определенной на этом множестве. Класс, содержащий эквивалентные по свойству Q состояния $y \in Y$, называется смежным классом или классом эквивалентности. Множество, образованное из классов эквивалентности Y , дает нам фактор-множество Y/Q , т.е. $Y/Q = \{Y\}$. Фактор-множество должно быть таким, чтобы искомое множество E находилось с ним во взаимно однозначном соответствии. Это возможно, если отображение $\varphi: Y \rightarrow Y/Q$ есть гомоморфизм, т.е. отображение, при котором сохраняется операция, заданная на множестве Y .

Необходимость выполнения этого условия является первым требованием при факторизации множества состояний объекта.

Для задания отношения эквивалентности необходимо определить разбиение множества Y на непустые, попарно не пересекающиеся части $Y_j, j=1, 2, \dots, m$, обладающие теми или иными общими свойствами. В этом случае подмножества Y_j являются смежными классами (классами эквивалентности), т.е. $Y \subseteq Y/Q$.

При контроле требуется установить, какими свойствами из этих классов наблюдаемое текущее состояние объекта обладает в наибольшей степени.

Для этого необходима соответствующая мера, одинаково применимая ко всем классам. Такой мерой может служить расстояние между точкой, изображающей наблюдаемое состояние объекта в некотором пространстве, и другими точками одного класса. При решении вопроса о принадлежности наблюдаемого состояния объекта одному из классов предпочтение отдается тому из них, к точкам которого испытываемая точка расположена ближе по сравнению с другими классами. Эта задача может быть решена тем успешнее, чем плотнее расположены точки, изображающие состояние одного класса, и чем более отдалены они от точек, изображающих состояния других классов. Иными словами, для решения задачи классификации классы U должны обладать свойством компактности – представлять собой компактные множества в метрическом пространстве. Обеспечение компактности формируемых классов является другим требованием для факторизации множества состояний объекта. В общем случае это требование на практике не выполняется. Поэтому формируемые классы преобразуются в компактные классы на основе принципа сжимающих отображений.

Сжимающее отображение полного метрического пространства Y в себя имеет единственную неподвижную точку в каждом из классов. Эти точки являются наилучшим приближением к любой точке данного класса и могут рассматриваться как изображение в пространстве Y агрегированного состояния i -го класса. Воздействуя сжимающим отображением на каждое из наблюдаемых состояний $y(t)$ объекта, принадлежащих i -му классу, получим множество преобразованных состояний, также принадлежащих i -му классу, но уже удовлетворяющих требованию компактности. Вновь испытываемое состояние $y(t)$ объекта, о котором неизвестно, к какому классу оно относится, также должно быть преобразовано с помощью сжимающего отображения.

Решение о принадлежности состояния ОУ одному из классов принимается по критериям (решающим правилам) на основе измерения расстояний от испытываемой точки до неподвижных (центральных) точек каждого класса.

Поиск неподвижной точки может быть осуществлен и другими способами, рассматриваемыми в теории классификации (методами стохастической аппроксимации, обучения и т.д.), но все они в той или иной мере используют идею принципа сжимающих отображений.

Отметим, что сжимающим отображением является, например, матрица преобразования U , составленная из собственных векторов корреляционной матрицы измеряемых параметров объекта, причем эти векторы упорядочены в матрице по убыванию соответствующих им собственных чисел.

3. Решение задачи идентификации (распознавания образов). Третьей задачей, решаемой в процессе контроля, является задача идентификации, которая в прямой постановке заключается в определении оптимальной в некотором смысле оценки преобразования φ по реализации входных x и выходных y характеристик объекта.

Формально это преобразование задается отображением

$$\psi: E \rightarrow S,$$

где S – оценка реального состояния, полученная на основе измерения входных и выходных характеристик объекта.

Другими словами, определенному виду состояния объекта E преобразование ψ ставит в соответствие вполне конкретное решение S о его истинном состоянии с учетом вероятностных характеристик возможных ошибок при контроле, погрешностей выполняемых измерений и помех.

Условно эту задачу можно назвать этапом построения модели контролируемого объекта и непосредственного контроля ОУ. По принятой терминологии процесс построения модели объекта называется идентификацией оператора φ .

На практике оператор φ идентифицируется путем отождествления обусловленного им состояния ОУ с одним из априорно заданных классов состояний по результатам измерений входных и выходных характеристик.

В ряде случаев точные результаты дает контроль по параметрам модели ОУ (например, по отклонениям от требуемого состояния). В этих случаях по результатам измерения входных и выходных сигналов ОУ (последний предполагается полностью наблюдаемым) определяется закон его функционирования, который непрерывно сравнивается с законом, заданным теоретически, и по результатам сравнения принимается решение о правильности функционирования объекта. Здесь имеет место решение задачи идентификации в прямой постановке.

1.5. Организационная структура систем с управлением

1.5.1. Понятие структуры системы

Создание системы с управлением требует выявления таких элементов и отношений между ними (внутреннего устройства системы), которые реализуют целенаправленное функционирование системы. Элементы любого содержания, необходимые для реализации функции, называются частями или компонентами системы. Совокупность частей (компонентов) системы образует ее элементный (компонентный) состав. Упорядоченное множество отношений между частями, необходимое для реализации функции, образует структуру системы.

Понятие структуры происходит от латинского слова *structure*, означающего строение, расположение, порядок, а наиболее точное определение структуры выглядит, как известно из системного анализа, следующим образом: «Под структурой понимается совокупность элементов системы и взаимосвязей между ними». Понятие «связи» может характеризовать одновременно и строение (статику), и функционирование (динамику) системы. Кро-

ме того, при проведении анализа используются два определяющих понятия структуры: материальная структура и формальная структура.

В общем случае под *формальной* структурой понимается совокупность функциональных элементов и их отношений, необходимых и достаточных для достижения системой поставленных целей. Из определения следует, что формальная структура описывает нечто общее, присущее системам одного типа. В свою очередь, *материальная* структура является носителем конкретных типов и параметров элементов системы и их взаимосвязей.

Приведенные рассуждения позволяют сделать два вывода относительно сущности формальных структур: фиксированной цели соответствует, как правило, одна и только одна формальная структура; одной формальной структуре может соответствовать множество материальных структур.

При проведении системного анализа на этапе изучения формальных и материальных структур системы аналитики решают обычно следующие задачи:

- соответствует ли существующая структура основным целям и функциям системы;
- требуется ли реорганизация существующей структуры либо необходимо спроектировать принципиально новую структуру;
- каким образом распределить (перераспределить) новые и старые функции системы по элементам структуры.

Все эти задачи во многом зависят от типов применяемых в системе структур. В этой связи кратко рассмотрим ряд типовых структур систем, использующихся при описании организационно-экономических, производственных и технических объектов.

Типовыми структурами систем являются линейная, кольцевая, сотовая, многосвязная, иерархическая, звездная, графовая.

Линейная структура характеризуется тем, что каждая вершина связана с двумя соседними. При выходе из строя хотя бы одного элемента (связи) структура разрушается.

Кольцевая структура отличается замкнутостью, любые два элемента обладают двумя направлениями связи. Это повышает скорость общения, делает структуру более живучей.

Сотовая структура характеризуется наличием резервных связей, что повышает надежность (живучесть) функционирования структуры, но приводит к повышению ее стоимости.

Многосвязная структура имеет структуру полного графа. Надежность функционирования максимальная, эффективность функционирования высокая за счет наличия кратчайших путей, стоимость максимальная. Частным случаем многосвязной структуры является колесо.

Иерархическая структура получила наиболее широкое распространение при проектировании систем управления. В ней все элементы кроме верхнего

и нижнего уровней обладают как командными, так и подчиненными функциями управления.

Поскольку иерархические структуры имеют важное значение в практике управления, дадим основные формальные определения.

Пусть $X = \{X_1, \dots, X_n\}$ – конечное множество. Тогда иерархией s на X называется система подмножеств (классов) $\{S: S \subset X\}$, такая, что

- 1) $X \in s$;
- 2) $\{X_i\} \in s, i=1, \dots, n$;
- 3) если классы S и S' из s имеют не пустое пересечение, то $S \subset S'$ либо $S' \subset S$.

Например, $X = \{X_1, \dots, X_7\}$. Тогда система подмножеств $s = \{\{X_i\}, i=1, \dots, n, \{X_1, X_2\}, \{X_3, X_4, X_5\}, \{X_1, X_2, X_6\}, X\}$ является иерархией на X .

Графом $G = G(s)$ иерархии s на X называется ориентированный граф (V, E) , вершины $v \in V$ которого соответствуют множествам $S \in s$, а ребра $e \in E$ – парам (S', S) , таким, что $S' \not\subset S$, $S' \subset S$ и в s не существует $S'' \not\subset S$, для которого $S' \subset S'' \subset S$.

Ребро $e = (S', S)$ изображается стрелкой с началом S' и концом S . Так, граф $G = (V, E)$ иерархии s из представленного примера имеет множество вершин:

$V = \{v_1 = \{X_i\}, i=1, \dots, n; v_8 = \{X_1, X_2\}; v_9 = \{X_3, X_4, X_5\}; v_{10} = \{X_1, X_2, X_6\}, v_{11} = X\}$.

В графе иерархии вершина может быть концом нескольких стрелок, но является началом только одной стрелки. В случаях когда смысл понятен, ребра графа стрелками могут не помечаться.

Звездная структура имеет центральный узел, который играет роль центра, все остальные элементы системы являются подчиненными.

Графовая структура инвариантна по отношению к иерархической и используется обычно при описании производственно-технологических систем.

1.5.2. Понятие организационной структуры и ее основные характеристики

Одним из основных понятий теории управления является *организационная структура системы управления*, которая определяется как совокупность подсистем, объединенных иерархическими взаимосвязями, обеспечивающими распределение функций управления между **ЛПР** и подчиненными управленцами для достижения целей системы.

Организационная структура объединяет человеческие и материальные ресурсы, задействованные в управлении, упорядочивает связи между ними, должна соответствовать целям, решаемым задачам, составу и условиям функционирования объекта управления. Организационную структуру определяют следующие характеристики:

- количество звеньев управления;

- количество уровней иерархии;
- степень централизации (децентрализации) управления;
- делегирование полномочий;
- норма управляемости.

Звено (отдел) – это организационно обособленный, самостоятельный орган управления, выполняющий определенные функции управления. Связи между звеньями одного уровня иерархий называются горизонтальными и выражают отношение взаимодействия (координации).

Уровень (ступень) иерархии – это группа звеньев, в которых ЛПР имеют одинаковые полномочия. Связи между уровнями иерархии называются вертикальными и выражают отношение подчинения нижних уровней верхним. Для каждого звена управления связи со всеми подчиненными ей уровнями называют внутренними, а остальные – внешними. Иногда уровень иерархии определяется как отношение числа исходящих связей к числу входящих.

Степень централизации (децентрализации) управления. Система управления называется *централизованной*, если принятие решений осуществляется только в центральном (старшем) органе системы. Центральный орган управления имеет право распоряжаться всеми материальными, финансовыми и людскими ресурсами системы, принимать решения по целеполаганию, перераспределять ресурсы из одной части системы в другую, координировать деятельность всех ее частей.

Система управления называется *децентрализованной*, если решения принимаются отдельными элементами системы независимо от других элементов и не корректируются центральным органом управления. Децентрализованная система обладает тем преимуществом, что в ней органы управления максимально приближены к объектам управления. При этом облегчается контроль состояния ОУ, ускоряются получение информации о состоянии объекта управления и окружающей среды, а также выработка управляющих воздействий при изменении этих состояний. Это повышает оперативность управления при небольших воздействиях внешней среды, учитываемых в рамках действующего плана.

В реальных системах часть решений принимается централизованно, а часть – децентрализованно.

Делегирование полномочий – передача части функций и прав принятия решений нижестоящим системам управления. Используется для разгрузки центра, повышения оперативности и качества управления. В этом случае подчиненный действует от имени начальника, но ответственность перед вышестоящими органами полностью сохраняется за руководителем, делегировавшим свои полномочия.

Норма управляемости – число непосредственных подчиненных, которыми может эффективно управлять один руководитель. В настоящее время

считается, что норма управляемости составляет 5-12 подчиненных на одного руководителя.

Организационные структуры делятся на механистические (рис. 1.6) и органические (рис. 1.7), определяемые по принципу действия структур. Механистические структуры функционируют подобно механизму. Органические структуры функционируют подобно живой материи. При этом считается, что как бы эффективна ни была работа машины, деятельность живой материи более плодотворна, поэтому проблеме включения органических структур в систему управления современная теория управления уделяет большое внимание.

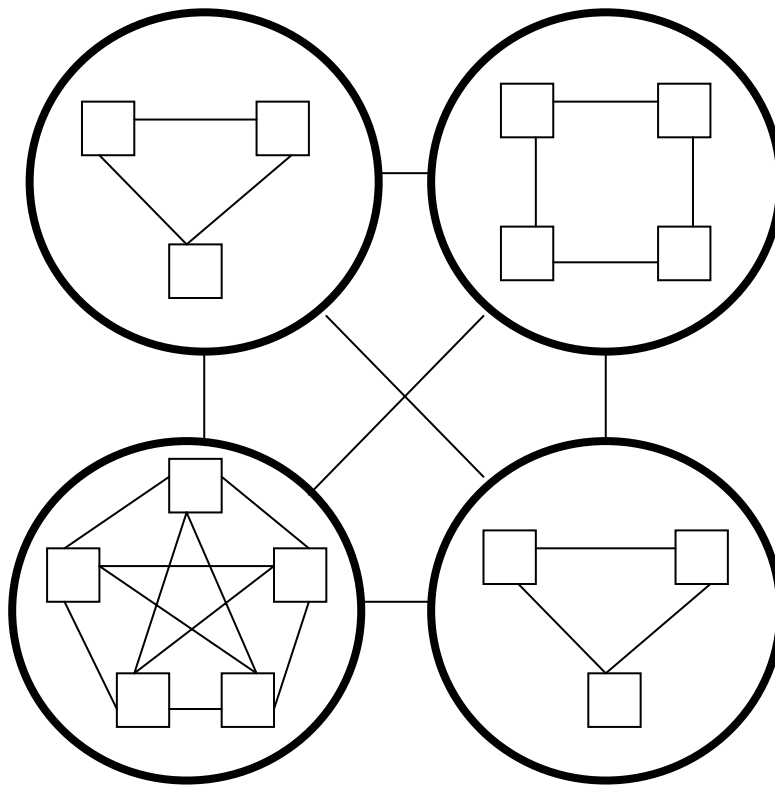


Рис. 1.6. Механистическая структура

Механистическая структура характеризуется высокой степенью разделения функций, жесткими иерархическими связями, регламентированными обязанностями, высокой степенью формализации обмениваемой информации, централизованным принятием решений, отсутствием делегирования полномочий. Это жесткая иерархия, или пирамида, управления. Она была разработана для повышения рациональности управленческих решений за счет сведения до минимума личного влияния того или иного руководителя на принятие решения, а также согласования всех конкретных решений с целями системы. Подобные структуры приняты в силовых ведомствах различных стран, крупных промышленных корпорациях.

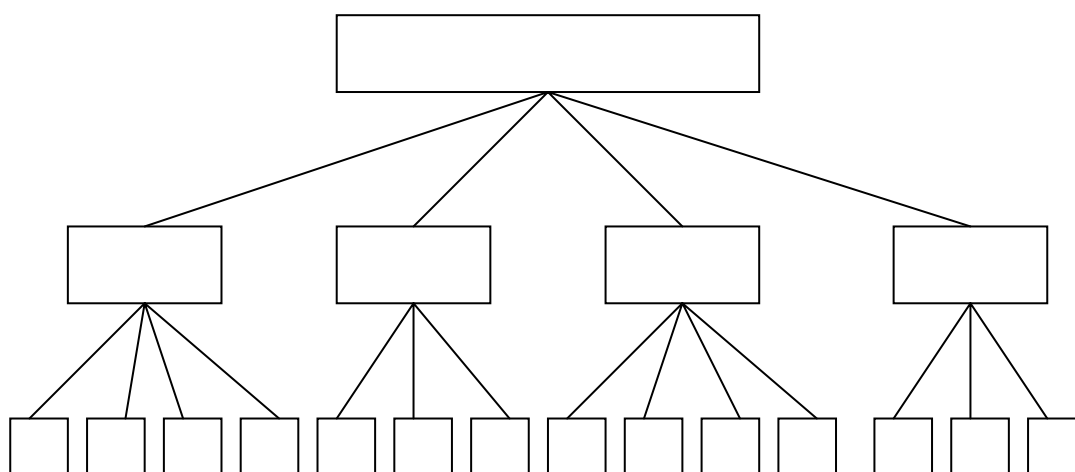


Рис. 1.7. Органическая структура

В отличие от механистической органическая структура является гибкой, адаптивной формой управления. Органическая структура характеризуется низкой степенью разделения функций, небольшим числом управленческих уровней, децентрализованным принятием решений. Для нее характерны: сотрудничество ЛПР по вертикали и горизонтали, адаптивные обязанности (в зависимости от необходимости), низкая степень формализации обмениваемой информации. Формы и стиль общения в органической структуре управления – партнерские, совещательные (в механистической – это приказы и инструкции).

Возможность неформального общения является главной при разработке ИС в организационно-технических системах, она определяет предел автоматизации управления. Так, использование информационно-вычислительных сетей (локальных и глобальных) способствует процессу коммуникаций. Крупные производители программного обеспечения предлагают системы поддержки для работы в группах (Lotus Notes, Microsoft Exchange и др.). Однако полная замена непосредственного общения лиц, входящих в рабочую группу, компьютерными средствами информационного обмена в большинстве случаев не является оправданной, так как способна затруднить творческий процесс, в котором дискуссии, публичные обсуждения и личное общение должностных лиц играют значительную роль.

Иерархические системы управления имеют следующие особенности:

1. Возможность распределения функций управления и задач принятия решений по различным уровням управления. Решение стратегических задач осуществляется на высших уровнях, тактические задачи решаются на более низких уровнях. Это обеспечивает оперативность принятия решений, а в большинстве случаев и более высокую точность.

2. Автономность органов управления промежуточных и низшего уровней: каждый из них самостоятельно, в пределах своих полномочий управляет подчиненными ему ОУ.

3. Наличие опасности того, что некоторая подсистема, добиваясь достижения поставленной перед ней цели, может действовать в ущерб общей цели системы.

4. Неполнота информации в подсистеме высокого уровня о целях и ограничениях нижестоящих подсистем.

1.5.3. Степень соответствия решений состояниям объекта управления

Наиболее общим является показатель, называемый *степенью соответствия решений состояниям объекта управления*. Этот показатель может быть количественно определен с помощью теории информации через условную энтропию. Известно, что условная энтропия отражает качество управления в соответствии с принципом необходимого разнообразия Эшби в форме выражения

$$H(Y/X) = H(Y) - H(X) + H(X/Y).$$

Таким образом, энтропия управляемого объекта при наличии управления удовлетворяет неравенству $H(Y/X) \geq H(Y) - H(X)$.

Это неравенство отражает предельные возможности управления. Достижение равенства возможно, когда управляющие воздействия и состояния управляемого объекта находятся в однозначном соответствии (когда управляющая система точно определяет отклонения состояния управляемого объекта под воздействием случайных возмущений среды N и точно вырабатывает нужное корректирующее воздействие). На практике случайные отклонения состояния управляемого объекта от заданного не поддаются точному определению. Известные погрешности возникают также при выработке корректирующих воздействий и при их исполнении управляемым объектом. В силу указанных причин однозначная связь между управляющими воздействиями и состояниями управляемого объекта будет отсутствовать и условная энтропия $H(X/Y)$ больше нуля.

Критерий качества управления по степени соответствия решений состояниям объекта управления может быть сформулирован как

$$H(X)_{\text{треб}} \geq H(Y),$$

что означает: требуемая энтропия системы управления должна быть не меньше энтропии объекта управления.

Однако практическое использование приведенного критерия затрудняется из-за того, что в нем не учитывается содержательная сторона состояний ОУ и воздействий СУ.

Пример. Определить требуемую энтропию системы управления $H(X)_{\text{треб}}$ при условии, что объект управления Y может находиться в двух состояниях $\{y_1, y_2\}$.

Пусть объект управления Y – это администратор ЛВС. Состояние y_1 означает выполнение им служебных обязанностей. Состояние y_2 означает отклонение от правильного выполнения служебных обязанностей.

Рассмотрим вероятность p нахождения ОУ в различных состояниях:

1. $p_1=0,5$ в состоянии y_1 ; $p_2=0,5$ в состоянии y_2 .
2. $p_1=0,9$ в состоянии y_1 ; $p_2=0,1$ в состоянии y_2 .
3. $p_1=0,1$ в состоянии y_1 ; $p_2=0,9$ в состоянии y_2 .

Рассчитаем требуемую энтропию систем управления для каждого случая.

1. Определим энтропию ОУ для случая 1:

$$H(Y) = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i = -\{0,5 \cdot \log_2 0,5 + 0,5 \cdot \log_2 0,5\} = \\ = -\{0,5 \cdot (-1) + 0,5 \cdot (-1)\} = -\{(-0,5) + (-0,5)\} = 1 \text{ бит.}$$

Так как должны выполняться условия $H(X)_{\text{треб}} \geq H(Y)$ и $H(Y)=1$, значит, $H(X)_{\text{треб}} \geq 1$ бит.

2. Вычислим энтропию ОУ для случая 2:

$$H(Y) = -\{0,9 \cdot \log_2 0,9 + 0,1 \cdot \log_2 0,1\} = -\{0,9 \cdot (-0,152) + 0,1 \cdot (-3,322)\} = 0,469 \text{ бит,}$$

значит, $H(X)(2) \geq 0,469$ бит.

Полученная величина меньше, чем энтропия системы управления для случая 1. Это означает, что управлять дисциплинированным сотрудником (вероятность выполнения которым своих обязанностей $p_1=0,9$) легче, чем недисциплинированным, который с одинаковой вероятностью может как выполнять обязанности, так и уклоняться от них.

3. Определим энтропию ОУ для случая 3:

$$H(Y) = -\{0,1 \cdot \log_2 0,1 + 0,9 \cdot \log_2 0,9\} = -\{0,1 \cdot (-3,322) + 0,9 \cdot (-0,152)\} = 0,469 \text{ бит,}$$

значит, $H(X)_{\text{треб}}(3) \geq 0,469$ бит.

Из расчетов следует, что $H(X)_{\text{треб}}(2) = H(X)_{\text{треб}}(3)$. Это противоречит интуитивным представлениям о разных требованиях, которые должны предъявляться к системам управления для второго и третьего случаев.

Приведенный пример показывает ограниченность критерия соответствия управляющих воздействий состояниям объекта управления. В целом недостатком статистического подхода является отсутствие учета семантики принимаемых решений.

Снять эти ограничения удастся на основе анализа групп функций системы управления.

Такой анализ выявил, что в аспекте построения ИС основной вклад в эффективность управления вносят показатели *ценности информации* и *остаточной неопределенности принимаемых решений (минимума эвристик)*. Относительно систем управления военного назначения важными являются показатели *устойчивости, непрерывности, оперативности (длительности цикла управления)* и *скрытности*.

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНЫХ СИСТЕМ

2.1. Жизнеспособные системы и Закон необходимого разнообразия

Как известно, *система управления и объект управления должны находиться в состоянии равновесия*. Для этого должен соблюдаться принцип: система управления должна быть в состоянии обработать (дать соответствующее управляющее воздействие на все возможные состояния объекта управления) все поступающие сигналы от объекта управления. Для обеспечения такого взаимодействия разнообразие управляющей системы должно быть либо равно разнообразию объекта управления, либо превосходить его.

Такая проблема актуальна для любой системы управления, и ее решением занимаются многие люди, ставя задачу выяснить, какой уровень разнообразия необходим для функционирования системы, потому что различные части любой системы должны быть в равновесии.

Рассматриваемая причина – одна из основных, по которым многие менеджеры отказываются от использования теории VSM. *Проблема выбора разнообразия системы управления* является базовой для ее проектирования и, соответственно, не может быть решена быстро и по одному четкому алгоритму. Требуется индивидуальный подход к решению каждой задачи подобного рода. И на подобные вопросы С. Бир нашел достаточно новый вариант ответа, кроме того, он является достаточно интересным и требует наличия некоторых базовых знаний по этой теме.

Так для решения следует выяснить, какой уровень разнообразия присутствует в объекте управления. Проводится анализ всех возможных состояний объекта, в процессе которого все его состояния отображаются на бумаге. Что дает эта процедура? Она позволяет получить ответ на вопрос о разнообразии объекта управления и возможность тем самым скоординировать действия по проектированию систем управления. Следующий пример описывает несоответствие разнообразия системы управления разнообразию объекта управления. Пусть система 4 занимается прогнозированием, необходимым для выработки управляющего воздействия, один раз в месяц. Для того чтобы отвечать на изменяющиеся условия внешней среды, этой системе требуется дождаться конца месяца и только тогда принять соответствующее управляющее воздействие. Именно здесь видны проблемы несоответствия разнообразия двух систем. В этом случае видно, что структура системы 4 является неадекватной, т.е. находится вне состояния равновесия с остальными элементами структуры модели.

В сбалансировании модулей фирмы одним из важных моментов является обеспечение экологического равновесия с внешней средой. Для решения требуется ответить на такие вопросы:

Имеют ли операционные элементы возможность адекватно отвечать на изменения во внешней и внутренней среде?

Имеют ли системы 2 и 3 возможность выполнять функции по изменению внутренней структуры модели?

При разработке системы 4 учитывался ли такой параметр, как соблюдение равновесия с внешней средой. Может ли она адаптироваться к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды?

Закон Росса Эшби, называемый также Законом необходимого разнообразия, является основой моделей жизнеспособных систем. *Разнообразие* представляет собой меру сложности системы – это количество возможных состояний системы. В общих чертах Закон необходимого разнообразия утверждает, что управляющая система имеет необходимое разнообразие – т.е. возможность поддерживать состояние управляемой системы в пределах заданных границ – тогда и только тогда, когда она в состоянии вырабатывать отклики на все возмущения, которые могут вывести состояние управляемой системы за пределы заданных границ. Иными словами, разнообразие возможных состояний управляемой системы должно быть равно разнообразию откликов, вырабатываемых управляющей системой.

Под разнообразием при этом понимается число состояний, которое может принимать система. Смысл данного следствия заключается в том, что для поддержания жизнеспособности системы должен быть обеспечен как внешний, так и внутренний *гомеостазис*, т.е. поддержание критических параметров системы в заданных пределах. С понятием гомеостазиса тесно связано такое свойство системы, как устойчивость, математическое определение которой будет приведено несколько позднее. В устойчивой системе все последствия возмущений быстро восстанавливаются путем гашения колебаний. Причем устойчивая система имеет способность возвращаться в состояние равновесия даже после таких возмущений, на существование которых она не была рассчитана, и причины возникновения которых полностью ею не изучены. *Внешний гомеостазис* предполагает, что при любом изменении внешних условий функционирования система переходит в такое состояние, которое наилучшим образом отвечает сложившимся условиям и сохраняет стабильность системы относительно окружающей среды. *Внутренний гомеостазис* предполагает, что на каждое непредвиденное изменение внутреннего состояния системы в системе управления вырабатывается управляющее воздействие, которое ликвидирует последствия данного изменения и сохраняет внутреннюю стабильность системы.

Количество состояний достаточно сложной системы велико и с трудом поддается точному количественному подсчету. Поэтому в качестве количе-

ственной мерой сложности системы используется не само число ее состояний, а логарифм этого числа по основанию 2. Таким образом, если число состояний равно n , то *сложность системы* определяется формулой:

$$H_m = \log_2 n \quad (1)$$

Величина H_m является одним из важнейших показателей – она характеризует способность системы к адаптации к окружающей среде. Рассмотрим ситуации, которые могут возникнуть при установлении адекватности по сложности между ПЭС и окружающей средой

ПЭС имеет определенное число состояний n_s . Функция числа состояний системы, умноженная на некоторый коэффициент k_H , сравнивается со сложностью окружающей среды. *Ошибка рассогласования по сложности*

$$\varepsilon_H = H_m^e - k_H H_m^s = \log_2 n_e - k_H \log_2 n_s \quad (2)$$

определяет соответствие организации системы закону Эшби о необходимом разнообразии. При $\varepsilon_H > 0$ разнообразие окружающей среды превышает разнообразие системы, что ведет к несоблюдению закона Эшби. При $\varepsilon_H \leq 0$ условие Закона необходимого разнообразия выполняется, причем при $\varepsilon_H < 0$ система имеет потенциал для реагирования на неожиданные и незнакомые события, что обеспечивает адаптацию системы к постоянно изменяющимся условиям внешней среды.

Рассмотрим три случая взаимодействия среды и системы в зависимости от величины коэффициента k_H :

1) $k_H = 1$: каждому состоянию окружающей среды соответствует одно состояние системы;

2) $k_H < 1$: каждому состоянию окружающей среды может соответствовать некоторое множество состояний системы. Этот случай возможен, например, при детальном структурном или количественном анализе состояний среды.

3) $k_H > 1$: определенному набору состояний среды соответствует некоторый меньший набор состояний системы. Этот случай может соответствовать процессу обобщения показателей среды по тем или иным критериям либо игнорированию некоторых показателей.

Функция сложности системы, умноженная на коэффициент k_H (4), имеет вполне определенный смысл:

$$k_H \log_2 n_s = \log_2 (n_s^{k_H}) \quad (3)$$

При $k_H > 1$ одному состоянию среды соответствует отклик системы, состоящий из более чем одного состояние системы. Таким образом, разница

между разнообразиями системы и среды компенсируется тем, что система может реагировать на каждое состояние среды некоторой комбинацией своих состояний. Соответственно, число откликов, которыми система реагирует на изменение условий внешней среды, равно $n_s^{k_H}$, т.е. числу возможных сочетаний из числа состояний n_s по $1, 2, \dots, k_H$. Как уже было отмечено, способность системы к адаптации к среде определяется ошибкой рассогласования по сложности ε_H , которая, в свою очередь, зависит как от функции сложности системы, так и от коэффициента k_H . Адаптация ПЭС к окружающей среде может проходить в условиях, когда структура управления не может обеспечить необходимое увеличение числа состояний. В этом случае для обеспечения адаптации и поддержания жизнеспособности системы, необходимо изменение коэффициента пропорциональности k_H .

Оценка сложности относительно числа состояний среды не показывает, в каком из возможных состояний среда находится в данное время, и в какое состояние она перейдет в следующий момент времени. Чтобы это установить, необходимо длительное наблюдение за средой, для того чтобы по частоте появления функциональных состояний судить о вероятностях пребывания среды в этих состояниях. Для общей оценки системы по вероятностям используется понятие неопределенности или энтропии:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (4)$$

где p_i – вероятность принятия средой i -того состояния. Если, например, система все чаще находится в l -том состоянии, то вероятность p_l стремится к единице, а энтропия, соответственно, – к нулю. Если система безразлична к своим состояниям, то вероятности равны друг другу, а неопределенность, вычисленная по формуле (4), приобретает максимальное значение H_m .

В связи с этим необходимо отметить, что формула расчета ошибки рассогласования по сложности ε_H (2) предполагает тот случай, когда полностью отсутствует информация о поведении окружающей среды, и все состояния системы считаются равновероятными. Если же производится анализ поведения отдельных подсистем внешнего окружения, и на основе моделей прогнозирования рассчитываются предполагаемые значения показателей-характеристик внешнего мира, то энтропия среды снижается, и, соответственно, повышается степень адаптации системы к окружающей среде.

Рассмотрим элементы внешнего окружения, функциональные значения которых представляют собой множество состояний среды, т.е. ее разнообразие. Как было сказано, имеет смысл выделить три подмножества элементов, взаимодействие которых с ПЭС представлено на рис.2.1.

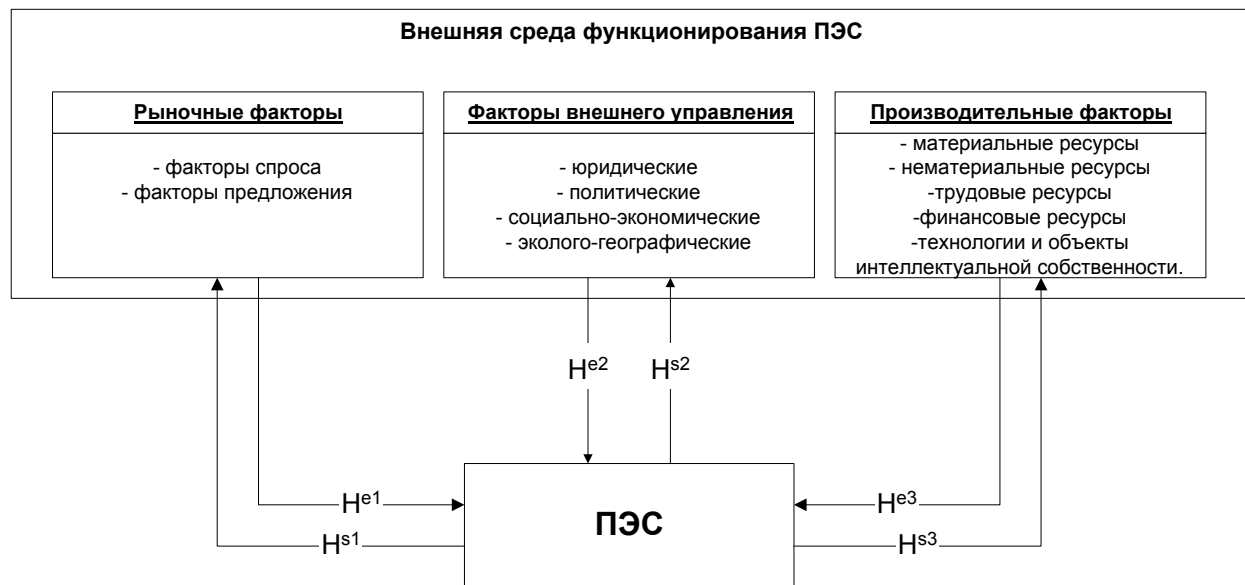


Рис. 2.1. Взаимодействие внешней среды с ПЭС

Как видно из рисунка, подмножества рыночных факторов, факторов внешнего управления и производительных факторов имеют разнообразия H^{e1} , H^{e2} и H^{e3} соответственно. В связи с этим ошибку рассогласования по сложности ε_H необходимо рассчитывать отдельно для каждого подмножества возмущающих факторов. Организационная структура ПЭС может обеспечивать высокий уровень адаптации к факторам одного из подмножеств, и, напротив, уровень адаптации к факторам другого подмножества может быть неоправданно низким. Таким образом, анализ величины ε_H для каждого подмножества факторов внешней среды позволит определить адаптационный потенциал ПЭС к внешним возмущающим воздействиям различной природы и выявит узкие места в организации ПЭС.

Разнообразие H^{e1} определяется значениями таких элементов подмножества рыночных факторов, как:

- 1) спрос на продукцию ПЭС;
- 2) поведение потребителей;
- 3) цены на продукцию конкурентов;
- 4) качество продукции конкурентов;

Для реакции на указанные рыночные факторы система использует разнообразие H^{s1} , представленное возможными значениями следующих показателей:

- 1) цена на продукцию;
- 2) качество продукции;
- 3) схемы сбыта продукции;
- 4) затраты на рекламу;
- 5) затраты на исследование рынка;
- 6) затраты на разработку новой продукции.

К факторам внешнего управления, образующим разнообразие H^{e2} , относятся действия государства, имеющие отношение к деятельности ПЭС:

- 1) политическая обстановка в стране в целом и в регионе основных операций ПЭС;
- 2) система юридического регулирования бизнеса, включая налоговое и таможенное законодательство, контрактное и частное право, антимонополистическое регулирование;
- 3) экономическая политика государства, в том числе политика учетных ставок, налоговая политика, политика обменного курса;
- 4) механизм формирования и размещения государственных заказов и их аналогов.

Задача ПЭС при выработке откликов на возмущающие сигналы со стороны внешнего управления сводится к поддержанию производственно-хозяйственной деятельности в рамках законодательных ограничений, устанавливаемых государством.

Взаимодействие ПЭС с третьим подмножеством элементов внешнего окружения обеспечивает необходимыми ресурсами процесс производства. Разнообразие H^{e3} образуют значения факторов, характеризующих деятельность поставщиков, предоставляющих материальные ресурсы, финансово-кредитных институтов, предоставляющих финансовые ресурсы и услуги по обеспечению движения денежных средств, и т.д. К основным внешним факторам, оказывающим существенное влияние на процесс производства, можно отнести следующее:

- 1) стоимость материальных ресурсов, получаемых от поставщиков;
- 2) условия поставки и оплаты ресурсов;
- 3) кредитная ставка и условия кредитования;
- 4) организация рынка труда, существующие системы и традиции оплаты труда, воздействие профсоюзов и т.д.

Реакцией ПЭС на возможные значения этих факторов является применение соответствующих планов производства, образующих разнообразие H^{s3} .

Следует также отметить, что разнообразие окружающей среды постоянно увеличивается. В случае большого адаптационного потенциала системы адекватность по сложности, т.е. условие соответствия Закону Эшби может установиться достаточно быстро. Если же способность системы к адаптации низкая, то для достижения адекватности со средой необходима перестройка организационной структуры системы или введение в структуру новых функциональных элементов.

На рис. 2.2 представлена жизнеспособная система (например, промышленное предприятие, предприятие сферы услуг или государственное учреждение), которая управляется своим директором и взаимодействует с окружающей средой.

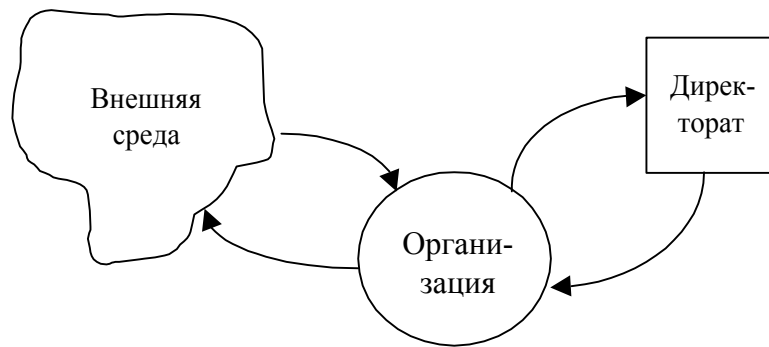


Рис. 2.2. Взаимосвязь жизнеспособной системы с директором и внешней средой

Метасистема обладает необходимым разнообразием для того, чтобы обеспечить корректное управление операционным модулем. Если предположить, что в системе управления не соблюдается правило равенства разнообразия, то можно выявить моменты, при которых система не будет находиться в состоянии равновесия. Это может быть случай, когда поступает новая продукция, происходит найм людей и т.д. Система управления (метасистема) не может адекватно реагировать на возникающую ситуацию и не генерирует никаких управляющих воздействий. При этом наблюдаются потери в прибылях, возрастают убытки, ситуация дестабилизируется. Система не может принять никаких действий по планированию рыночной ситуации.

Таким образом, *большое разнообразие должно быть сокращено до такого количества возможных ситуаций, которым сможет управлять принимающий блок.* Для поддержания стабильности своей внутренней среды по отношению к внешнему окружению система должна не только снижать разнообразие взаимодействующей с ней системы, но и увеличивать свое разнообразие. Снижение и увеличение разнообразия взаимодействующих систем происходит за счет применения так называемых *аттенюаторов* и *усилителей*.

С учетом вышесказанного, взаимосвязь между жизнеспособной системой, ее директором и окружением примет вид, приведенный на рис. 2.3.

Так мы управляем сложностью, при этом возникают вопросы о роли структуры и ее гибкости, о геометрии связей, пропускной способности каналов и преобразователей информации, о синхронизации их работы. Оставим эти вопросы специалистам по управленческой кибернетике и сосредоточимся на организационных моментах.

Ст.Бир вводит понятие «ресурсный договор», который согласует и легализует степень автономности сотрудников. Этот договор декларирует те виды деятельности, которые они могут осуществлять, и обеспечивает их ресурсами. Ресурсный договор корректируется в процессе непрерывного планирования и маневрирования ресурсами. В свете этого можно заявить, что капиталовложения являются аттенюаторами разнообразия, а ответственность — ограничителем степени риска в разнообразии решений.

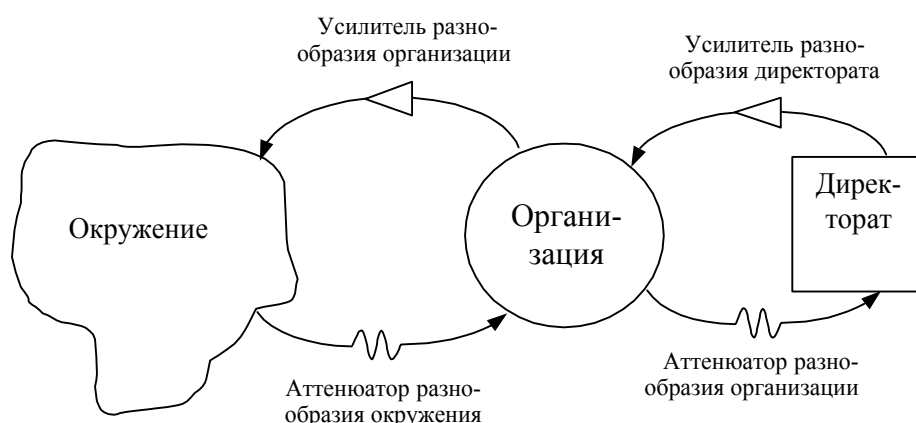


Рис. 2.3. Инструменты управления разнообразием

Следует заметить, что *применение усилителей и аттенуаторов* очень часто выводит систему из состояния равновесия. Обязательства, взятые на себя в результате рекламной кампании, не могут быть полностью выполнены из-за недостатка запасов готовой продукции (значительное усиление собственного разнообразия, ведущее к перегрузке системы); при сегментации рынка различные группы потребителей объединяются в одну группу и рассматриваются как однородные (сильное снижение разнообразия внешнего окружения, ведущее к игнорированию важной информации).

На рис. 2.4 слева представлена окружающая среда, при этом каждая точка внутри контура представляет собой одно из возможных ее состояний.

Следует отметить, что окружение жизнеспособной системы представляет собой очень сложную вероятностную систему и имеет огромное количество параметров, характеризующих его состояние. Кроме того, многие из этих параметров не могут быть не только измерены, но и точно определены. Поэтому при анализе поведения внешнего окружения используется его гомоморфная модель с учетом только тех параметров, которые оказывают существенное влияние на систему и могут быть с большей или меньшей точностью измерены.

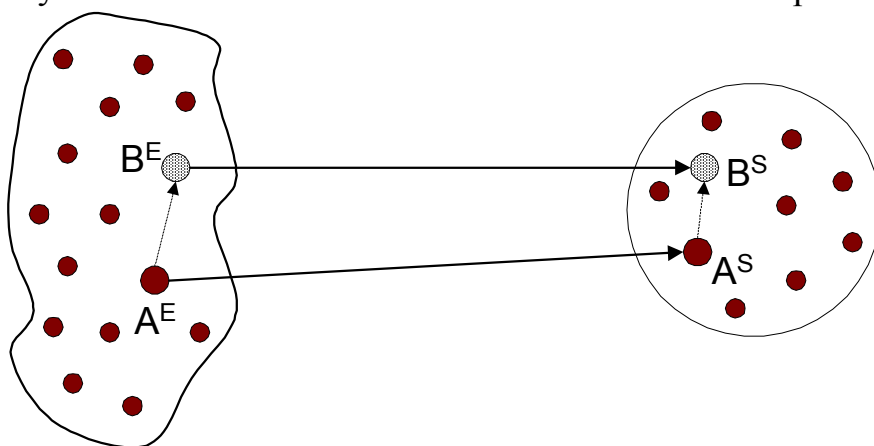


Рис. 2.4. Взаимодействие разнообразия системы и внешней среды

Справа на рис. 2.4 представлен контур, ограничивающий возможные состояния системы и представляющий собой ее разнообразие. При этом каждая точка внутри контура представляет собой одно из возможных состояний, в которые может переходить система.

Рассмотрим возмущающее воздействие, направленное на систему, которое выражается в переходе окружающей среды из состояния A^E в состояние B^E . Контур пассивной адаптации должен с наименьшими затратами обеспечить переход системы из состояния A^S , которое является наилучшим при внешних условиях функционирования A^E , в состояние B^S , являющееся наилучшим в сложившихся внешних условиях B^E . Однако может возникнуть ситуация, когда внешняя среда переходит в состояние, непредвиденное в процессе пассивной адаптации, т.е. когда оптимальное в данных условиях состояние системы лежит за пределами области маневрирования. В этом случае система внутреннего контроля извещает правление о том, что достижение тех целей, которые установлены на данный момент времени с заданными критериями эффективности в сложившихся условиях невозможно. На основе информации о текущем состоянии внешней среды правление пересматривает цели и критерии функционирования. Так система маневрирует на основе изменения целевых установок, определяется новое оптимальное состояние системы для данных условий функционирования, находящееся уже внутри области маневрирования.

Способность системы к переходу из одного состояния в другое внутри области маневрирования и маневрирование на основе изменения целевых установок, т.е. адаптация системы к изменяющимся условиям функционирования без структурной перестройки, определяет *уровень гибкости системы*. Чем больший диапазон возмущающих воздействий может быть нейтрализован без структурных изменений системы, тем большей гибкостью она обладает. В силу неизменности структуры системы при ее гибком реагировании на возмущающие воздействия имеет смысл предположить, что дополнительно возникающие затраты на реакцию должны оставаться в относительно небольших пределах.

Таким образом, *процесс управления организацией должен быть направлен на то, чтобы необходимое разнообразие обеспечивало стабильное функционирование организации и сохраняло ее жизнеспособность*. Это достигается, как уже отмечалось, либо разработкой методов снижения разнообразия, с которым столкнулось управление, либо увеличением разнообразия методов управления, либо, чаще всего, и тем, и другим одновременно. В таблице 1 перечислены некоторые из наиболее известных методов достижения этой цели.

2.2. Функциональная схема жизнеспособной системы

В течение 50-ых годов XX столетия Стаффорд Бир работал администратором в British Steel и был неудовлетворен традиционными методами организации работы фирмы. Он не стал делать косметические преобразования в системе управления организацией, а предложил коренным образом изменить всю структуру. Он начал изучать организации, которые были более развиты и приспособлены к жизни. Бир увидел, что наиболее приспособленным организмом является структура человеческого головного и спинного мозга, организующих работу мускулов и органов.

«Мы будем искать источник эффективной организации в кибернетике естественных процессов – непосредственно в мозге».

Можно восхищаться человеческим совершенством и основывать проектируемую модель на методах, используемых центральной и периферической нервными системами, которые управляют работой всех органов и мускулов.

Знания Бира об устройстве человеческих мускулов и всех видов нервной системы послужили основой создания теории жизнеспособных систем.

Рассматривая структуру и действие жизнеспособных систем посредством человеческих форм, Бир пришел к выводу, что организм человека состоит из 5 взаимодействующих систем:

- 1) система 1: все мускулы человека, т.е. те части тела, которые осуществляют определенные действия;
- 2) система 2: периферийная нервная система, которая контролирует мускулы и гарантирует, что их взаимодействие устойчиво сохраняется;
- 3) система 3: головной мозг, который наблюдает за всем комплексом мускулов и органов, оптимизируя внутреннюю среду;
- 4) система 4: центральный мозг, который обеспечивает связь с внешним миром через органы чувств, осуществляя планирование на перспективу, проектирование и прогнозирование;
- 5) система 5: высшие функции мозга, вырабатывающие стратегические решения.

Вначале Бир решил рассмотреть человеческий организм как три главные взаимодействующие части: мускулы и органы, нервные системы и внешние условия (рис. 2.5).

Эти части обобщены в модели жизнеспособных систем следующим образом: вначале идут *операционные элементы* – мускулы и органы – модули, которые делают всю основную работу, первичные действия; затем – *метасистема*, представленная мозговой и нервными системами. Это те части, которые гарантируют, что различные операционные модули будут работать вместе гармонично и слаженно. Предназначение метасистемы заключается в обеспечении целостности нашей модели. Третий элемент – это среда. Она

включает все те части внешнего мира, которые должны анализироваться управляющим центром системы.

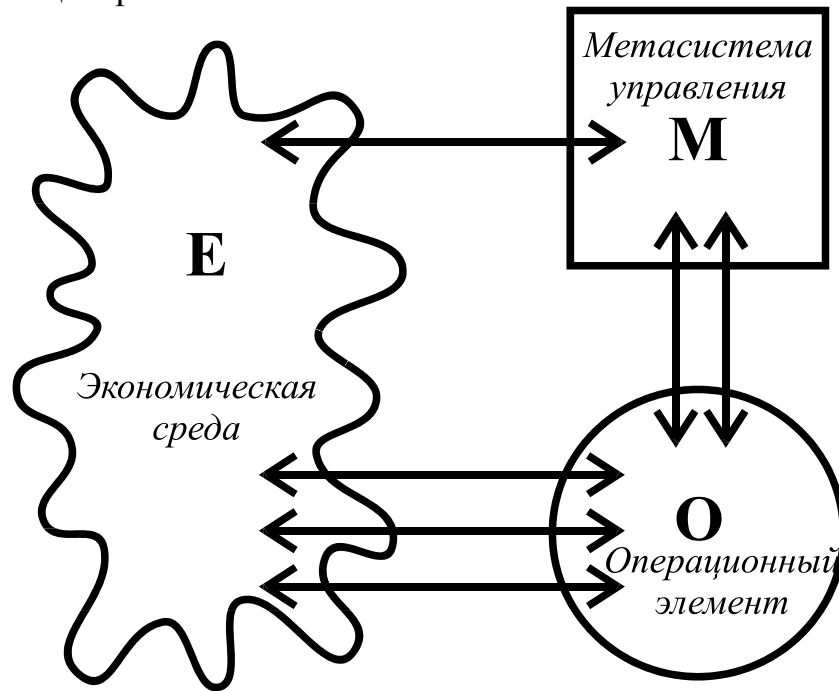


Рис. 2.5. Общий вид жизнеспособной системы

Это основная *VSM-диаграмма*: среда схематично обозначена амeboподобным овалом, операционный элемент и метасистема как окружность и прямоугольник соответственно. Стрелки указывают некоторые из множества возможных путей взаимодействия этих трех элементов. Каждая стрелка может иметь несколько аспектов: информационные, человеческие, финансовые или материальные потоки.

Жизнеспособная система рассматривает организацию как целостную систему, которая должна находиться в равновесии с внешней средой.

Поддержание равновесия в моделируемой системе – основная задача жизнеспособных систем. Это подобно подходу, согласно которому болезни возникают из-за дисбаланса в системе. Методом иглоукалывания восстанавливается равновесие, и болезнь исчезает. По такому же принципу работает и модель жизнеспособной системы. Подход сбалансированной целостной системы решил многие традиционные дилеммы, с которыми другие модели обычно борются путем абстрагирования от них. При моделировании мы должны использовать метод централизации или децентрализации? Должны ли мы выделять центр в нашей модели? Ответы на эти вопросы и дает модель жизнеспособной системы.

При моделировании жизнеспособной системы и отражении ее целостности используют в основном графический метод, который позволяет более наглядно, по сравнению с ее словесным описанием, представить модель.

Модель жизнеспособной системы состояла из трех элементов: операционных элементов, метасистем и среды. При дальнейшем анализе операционные элементы и метасистемы были разделены на 5 взаимодействующих систем. Первоначально они были получены Биром теоретически при анализе работы мускулов вследствие воздействия на них импульсных сигналов из головного мозга и периферической нервной системы.

Для представления жизнеспособной системы в графическом виде необходимо использовать все полученные ранее знания о жизнеспособных системах. Результат приведен на рис. 2.6.

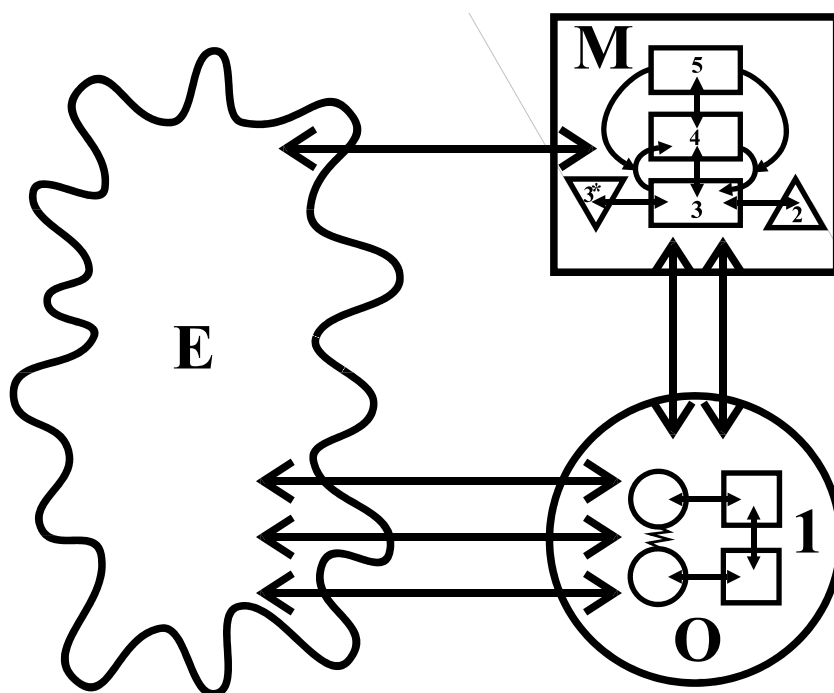


Рис. 2.6. Выделение структурных подсистем жизнеспособной системы

На диаграмме представлены три элемента – среда, операции и метасистема, а также различные связи (взаимодействия) между ними.

Можно заметить, что:

- 1) операции – это то же самое, что и система 1;
- 2) метасистема состоит из систем 2, 3, 4 и 5;
- 3) система 4 взаимодействует с окружающей внешней средой, т.е. занимается анализом действий и прогнозированием;
- 4) системы 2 и 3 взаимодействуют с внутренней средой (операциями).

При создании модели жизнеспособной системы следует заново продумать структуру организации, детализируя ее по представленным 5-ти модулям. Наиболее мощный подход состоит в том, чтобы визуализировать понимание данной проблемы и представить ее в виде схемы (рис. 2.7).

Задание метасистемы заключается в обеспечении сплоченности и единства, стабильности, оптимизации, планировании будущего, адаптации к изменяющейся среде.

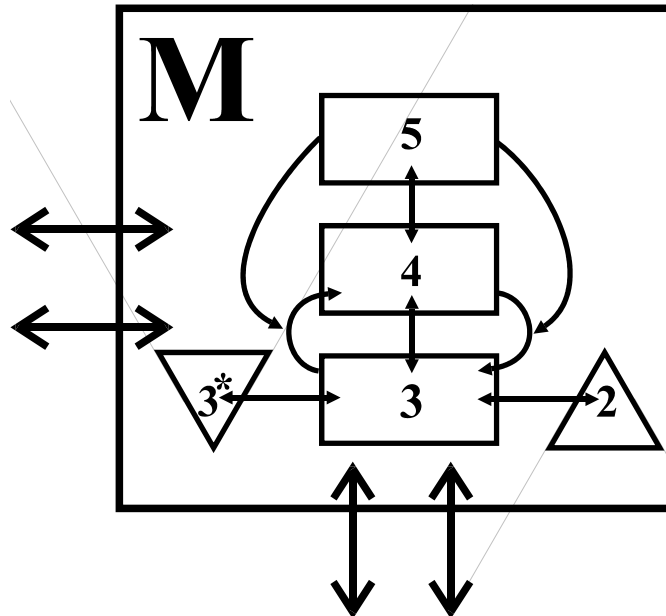


Рис. 2.7. Структура метасистемы жизнеспособной системы

Стрелками показано, как метасистема взаимодействует со своими элементами и внешней средой. Сущность взаимодействия состоит в том, что метасистема должна уравнивать данные, поступающие в систему 4, и управляющую информацию от руководства компании (система 5), объединять ее с адаптационными воздействиями и отправлять системе 3, откуда информация направляется в систему 2.

Система 5 в основном только наблюдает за ходом процесса и в случае очевидного отклонения посылает управляющие воздействия.

Любая организация состоит из подмодулей. Это операционные модули или операции. Это могут быть люди, отделы, подразделения, части компании.

На рис. 2.8 можно видеть, что большой операционный элемент также имеет структуру, похожую на исходную и представленную тремя меньшими операционными элементами.

Очевидно, что три вложенных операционных модуля (операции) напоминают по своей структуре главную операцию, в которую они включены.

Это иллюстрирует *принцип рекурсии*, впервые математически сформулированный Биром и являющийся одной из ключевых концепций VSM. Он применяется на всех уровнях VSM. Везде операции состоят из более мелких жизнеспособных систем и включены в большую жизнеспособную систему. Они все вложены одна в другую, подобно матрешкам.

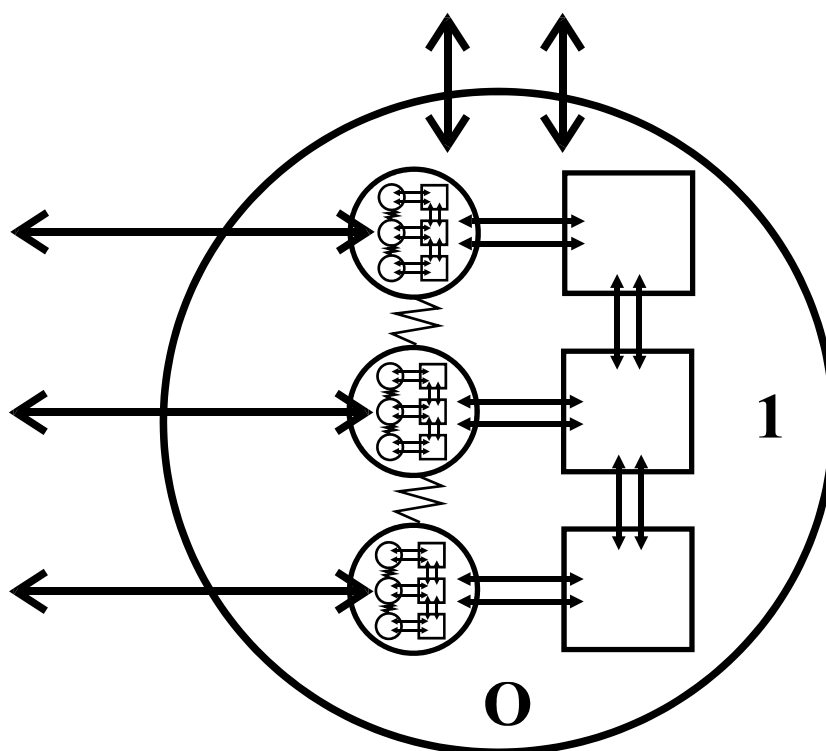


Рис. 2.8. Представление операционного элемента в соответствии с принципом рекурсии

Рекурсия означает, что на всех уровнях VSM принципы организации одинаковы. Таким образом, не имеет значения, что рассматривается – бизнес с рабочим персоналом из двух человек или мировая экономика – принципы везде аналогичны.

VSM предполагает организацию ряда операционных модулей и метасистем, объединенных для совместной работы как интегрированного, гармоничного целого (рис. 2.9).

Система 1 призвана управлять подразделением в ответ на плановые директивы и указания, поступающие сверху, *реагировать на прямые требования внешнего мира* по отношению к ней и *быть готовой удовлетворять нужды соседних подразделений*. Директорат подразделения осуществляет административное руководство (несет ответственность за все виды планирования). С точки зрения корпорации его деятельность – работа по установленному порядку.

Подразделения в силу своей автономности могут делать все, «что хотят», в рамках единственного ограничения: они должны сохранять принадлежность данному организму (т. е. работать в целях всего организма, действовать в координационных рамках системы 2 и подчиняться автоматическому управлению системы 3).

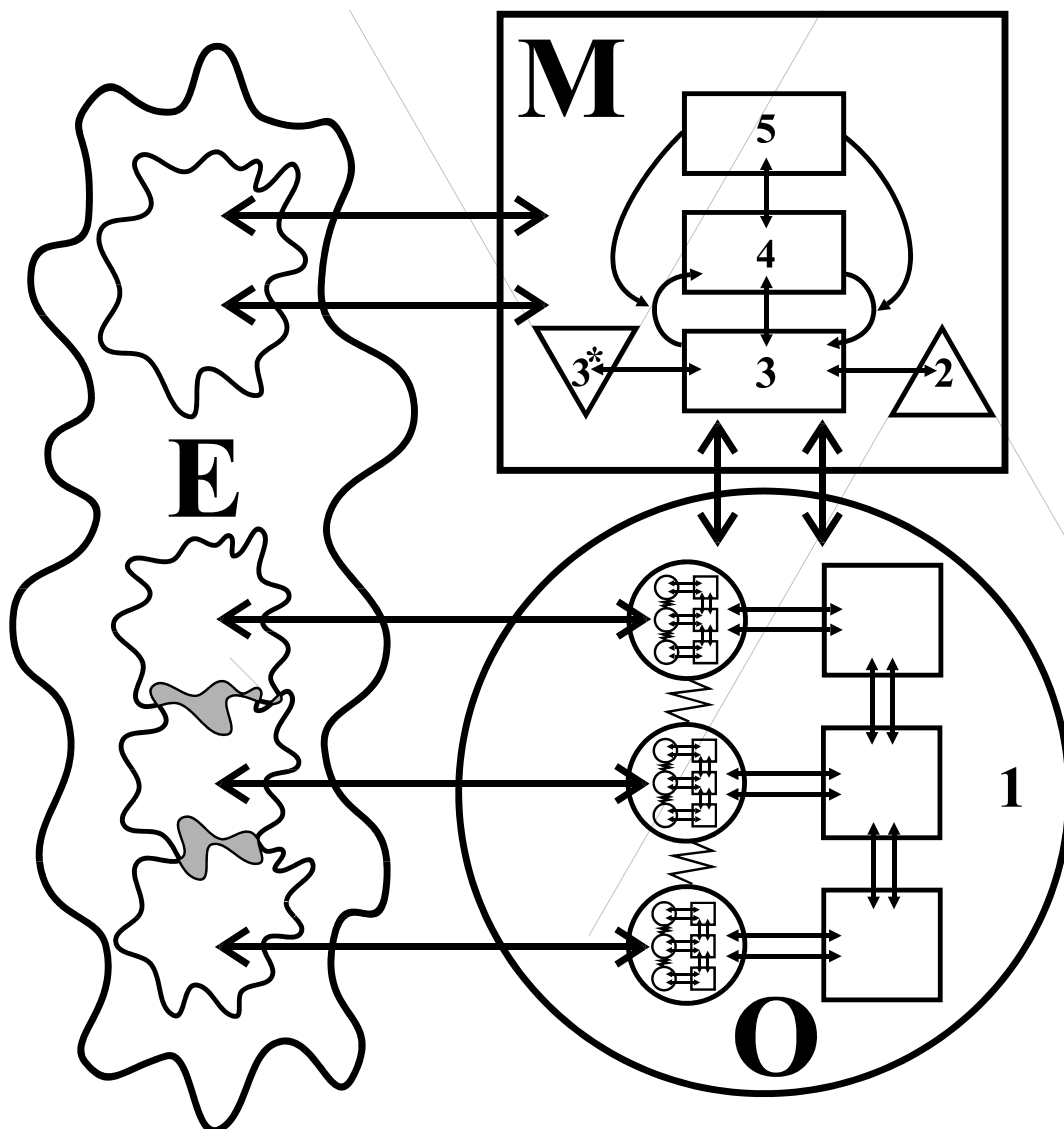


Рис. 2.9. Схема жизнеспособной системы

Двойственность роли директоров подразделений, имеющих на руках «собственную корпорацию», постоянно проявляется в принятии своих решений и реализации вышестоящих, в разработке которых руководитель нижнего уровня, возможно, сам принимал участие в составе совета директоров, полностью не осознавая свою будущую роль в их выполнении. Это старая дилемма заботы о своем подразделении в условиях преданности центру приводит к недоверию, конфронтации, завышению потребностей и опасным колебаниям. Нужен специальный орган, координирующий работу подразделений, обладающий необходимой для этого властью и точной информацией, ослабляющий колебания и служащий интерфейсом между ними и высшим руководством. Этим занимается система 2 (цепочка треугольных блоков в правой части рис. 2.9). Причем колебания должны быть обязательно – это неотъемлемое свойство гомеостазиса, но их необходимо контролировать.

Система 2 – это метасистема, подводящая промежуточные итоги всех систем 1. Она участвует в работе систем 1 и 3 и является интерфейсом, отвечающим за увязку работ центров регулирования подразделений и центра регулирования корпорации. Это единственное звено в представленной на схеме структуре, с помощью которого предотвращаются неуправляемые колебания, возникающие между различными подразделениями.

Двойственная задача системы 2 заключается в том, чтобы, во-первых, изменение производительности в каком-либо подразделении автоматически переносилось на другие подразделения, которые должны будут оценить его влияние на собственные планы и пересмотреть меры по обеспечению запасами, во-вторых, центр регулирования всей корпорации, получив эту информацию, мог на более высоком уровне оценить последствия изменения ситуации.

Система 3 относится уже к высшему управлению, и ее взаимодействие с системами 1 связано с пониманием подчиненной роли подразделений, с правом руководства ограничивать автономию подразделений в целях корпоративного синергизма. Система 3 *«разъясняет» политику верхнего уровня, координирует распределение усилий и ресурсов между подразделениями*, проводит ревизии, в общем, занимается тем, что можно определить как «внутри и сейчас», поддерживая стабильность автономной работы подразделений.

Система 3 представляет собой высший уровень автономного управления и низший уровень управления корпорацией. Она следит за выполнением принятого плана и делает это до тех пор, пока решения правления (систем 4 и 5) выполнимы в пределах физиологических ограничений. Если же в какой-то момент выяснится, что план выполнить нельзя, правление должно пересмотреть его.

Таким образом, система 3 находится в центре процедуры распределения ресурсов. Здесь, по мнению Бира, можно с успехом использовать все методы оптимизации текущей деятельности (включая теорию запасов) и динамического программирования.

Три системы нижнего уровня (1, 2 и 3) отличает одно важное качество – они автономны. При этом они питают информацией вертикальную командную структуру, порождая намерения внутри «думающей палаты» (уровни 4 и 5).

Система 4 – главный механизм, соединяющий волевое и автономное управление и выполняющий множество «обязанностей». Он расположен на главной командной оси, связывающей «думающую палату» всего организма с его составными частями. Система 4 обеспечивает передачу вниз волевых требований высшего руководства, а также включает каналы для пересылки вверх информации, необходимой для управления всей корпорацией. Через нее также проходят данные о состоянии окружающей среды.

Представление высшего руководства о фирме, которой оно управляет, сводится к некоторой общей модели корпорации, обязательно содержащейся в системе 4.

Эта система, прежде всего, *отвечает за эффективное планирование деятельности фирмы*, причем Бир подчеркивает, что план корпорации должен постоянно пересматриваться, в противном случае не удастся достичь равновесия между внешним миром и представлением фирмы о нем. Он предлагает использовать для этого адаптивную систему, архитектура которой известна из теории автоматического регулирования.

Рассматривая функцию планирования деятельности фирмы как постоянно меняющуюся, Бир дополняет систему управления, ранее отвечавшую только за управление доходами (на уровне выше минимума), еще двумя видами регулирования: контролем над соответствием качества продуктов требованиям рынка и реакцией на внезапные изменения на товарном рынке, возникающие вследствие давления конкурентов.

На практике директорат состоит из высококвалифицированных специалистов и может привлекать к своей деятельности множество людей. Организационно обстановка принятия решений может быть представлена как главный штаб, оперативный центр управления или «ситуационная комната» (она существовала еще у древних греков и называлась *phrontisterion*).

Такая комната размышлений должна быть обеспечена:

- 1) качественной версией схемы, изображенной на рисунке;
- 2) системой «памяти» (базой данных, к которой можно обратиться, чтобы что-то вспомнить или рассмотреть);
- 3) системой прогноза (моделирования будущего).

Система 5 – механизм для разработки политики и принятия решений (им владеет высшее руководство организации), предназначенный для управления как внутренними, так и внешними событиями. По существу, это взаимосвязанная многоузловая система (названная Биром «мультинодом»), облегчающая процесс принятия решений высшим звеном управления фирмой.

Система 5 представляет собой последний поглотитель того разнообразия, которое оказалось не «по зубам» фильтрам всех нижних подсистем. Это высшее управление, политика, разработка планов, обеспечивающих выживание, среда для принятия решений. Люди используют разные способы организации этих функций, не всегда адекватные разнообразию и сложности задач верхнего эшелона иерархии. Система 5 обеспечивает логическую завершенность жизнеспособной системы, соблюдая равновесие внешних требований и внутренних возможностей. Речь идет о вечном поиске компромисса. Скажем, начальник отдела сбыта заявляет: «покрыть спрос любой ценой», начальник производства добавляет «но с минимальными риском для оборудования и себестоимостью», главный бухгалтер тоже скажет свое «но». Найти пересечение интересов означает выжить.

Вертикальные информационные каналы на рис. 2.9, реализуя корпоративное сцепление, должны справляться с разнообразием среды и операций,

при этом блок аудита «З*» призван покрывать возможный дисбаланс управленческого разнообразия и разнообразия технологических операций и среды.

Приведем пример. Совет директоров фирмы (система 5) с информационной поддержкой отдела развития (система 4) разработал план, который внутри систем 4 и 3 будет расписан по всем горизонтальным и вертикальным осям. Система 3 обеспечивает автономное выполнение плана. Система 2 регулирует взаимодействие подразделений, гасит конфликты и колебания, перераспределяя задачи и ресурсы. Затем, не исключено, что какое-то из подразделений упрется в некий, возможно, «физиологический» предел. В этом случае конфликт между подразделениями выходит из сферы компетенции системы 2. Тогда система 3 оценит ситуацию и невозможность ее автономного разрешения и обратится к системе 4. Здесь сформируется сигнал о необходимости корректировки, будет определен способ ее осуществления, и подразделения будут переведены в режим централизованного управления на время уточнения плана.

Принцип организации жизнеспособных моделей подразумевает наличие принципа рекурсии. Этот принцип и изображен на рис. 2.10. На нем показаны три жизнеспособных системы с тремя операционными элементами и тремя метасистемами. Внутри каждой из этих систем находится другая жизнеспособная система, которая имеет такую же структуру, как и родительская система, т.е. жизнеспособную (принцип раскрывающихся матрешек)

Любой живой организм состоит из группы подсистем, которые обладают возможностью самоорганизации и саморегулирования и действуют с некоторой степенью автономности. Каждая из этих подсистем в свою очередь состоит из подсистем следующего уровня, и т.д., причем каждая из этих подсистем является жизнеспособной системой.

Независимо от размера, все жизнеспособные системы состоят из функциональных подразделений, системы, которая противостоит нестабильностям, системы, занимающейся прогнозированием и выработкой стратегии фирмы и т.д.

Рассмотрим теперь применение принципа рекурсии на примере транспортной системы. Ее подсистемами могут быть системы автомобильных, железнодорожных, воздушных, морских и речных перевозок. Каждая из этих систем является жизнеспособной, т.е. обладает относительной автономностью и возможностью самоорганизации и саморегулирования. Каждая из этих систем включает в себя ряд жизнеспособных систем следующего уровня рекурсии (система воздушных перевозок, к примеру, включает в себя авиакомпании и аэропорты).

Отсюда следует *теорема о рекурсивных системах*: «В рекурсивных организационных структурах каждая жизнеспособная система состоит из жизнеспособных систем низшего уровня рекурсии и, в свою очередь, является подсистемой жизнеспособной системы высшего уровня рекурсии».

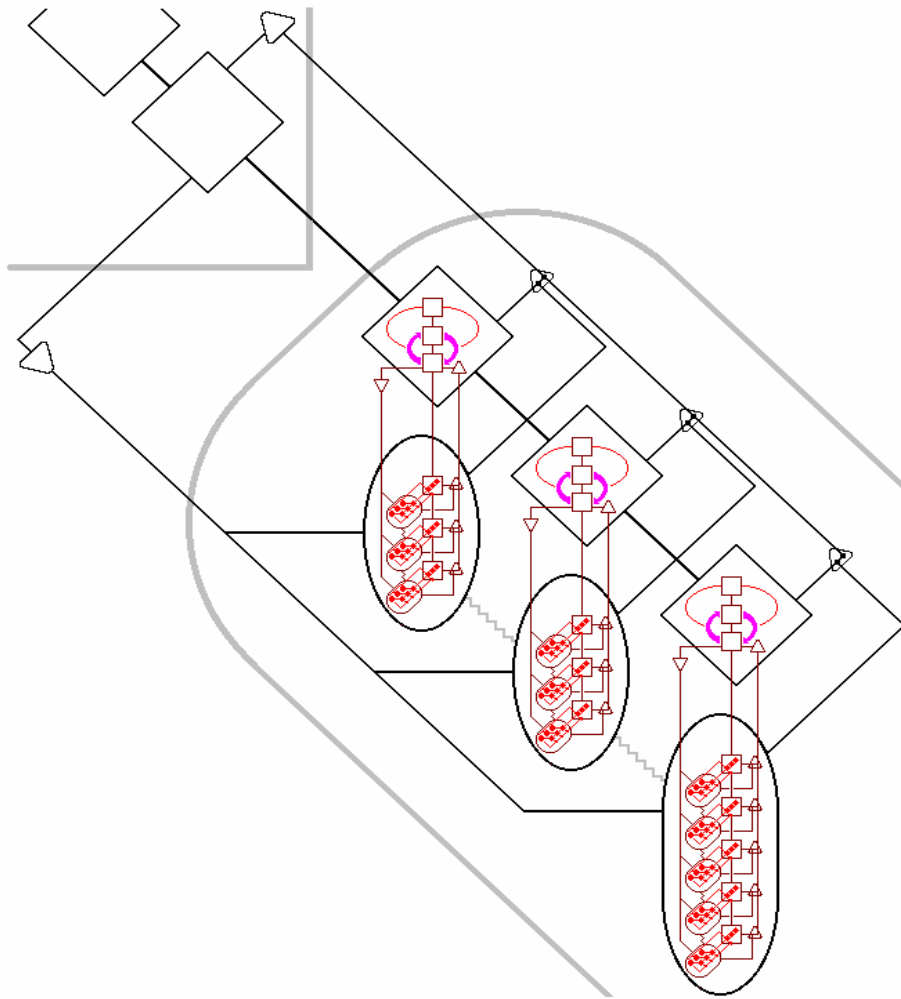


Рис. 2.10. Три уровня рекурсии жизнеспособной системы

Из истории известно, что термин *рекурсия* появился очень давно и применяется в математике для решения систем линейных уравнений методом обратной матрицы. Это понятие используется следующим образом: находится отношение в одном уравнении и подставляется в другое, после это полученный результат подставляется дальше и так до тех пор, пока не будет найдено решение всей системы уравнений. Этот же принцип соблюдается и при работе с VSM. Рассматривается среда функционирования системы, моделируются отношения, после чего переходят к рассмотрению других уровней абстракции. Таким образом, выделяются такие понятия как: *system in focus*, *system up*, *system down*.

Первоначально эта концепция была разработана математически, а С. Бир отобразил эту теорию графически, в результате чего все основные положения стали интуитивно понятны и легко достижимы. Когда имеется перед глазами рисунок, на котором изображена VSM, то можно начинать ее реализацию на практике путем внесения имеющихся элементов в соответствующие модули модели.

Основанием для рекурсии жизнеспособных систем является утверждение, что *все жизнеспособные системы имеют аналогичную структуру* и по-

этому легко могут быть идентифицированы.

При работе с реальной моделью перед исследователем, во-первых, стоит глобальная *задача определения границ* рассматриваемой *системы*, т.е. определения *system in focus*. Исходя из принципа рекурсии С. Бира, можно сказать, что это легкая задача. В других моделях, не обладающих свойством рекурсии, можно практически со 100% уверенностью выделить контуры модели.

Во-вторых, при практическом построении модели *необходимо учитывать универсальные свойства жизнеспособности*. Все жизнеспособные системы и их модификации имеют одну и ту же структуру. На этом шаге необходимо определить структуру системы и досконально ее проанализировать. После этого можно идентифицировать все элементы системы и диагностировать их работоспособность.

Практические преимущества такого под хода очевидны: достаточно выявить какие-то несоответствия в работе какой-либо из систем, провести контроль связей и сохранности структуры жизнеспособной модели.

Рассмотрим следующий пример: Вас пригласили для изучения работы достаточно крупной компании, и при проведении анализа Вы начинаете постепенно запутываться в ее структуре. Что Вы можете предпринять для решения такой проблемы? Обрисовать для себя контуры рассматриваемой системы и выделить несколько уровней абстракции. Итак, вводится несколько *уровней рекурсии*. Вот некоторые из возможных рекурсий:

- 1) рекурсия 1 – корпорации, состоящая из структурных подразделений;
- 2) рекурсия 2 – структурные подразделения, включающие компании;
- 3) рекурсия 3 – компании, содержащие предприятия;
- 4) рекурсия 4 – предприятия, содержащие отделы;
- 5) рекурсия 5 – отделы, содержащие людей.

При рассмотрении уровней рекурсии их можно определить как:

- 1) корпорация, содержащая три компании;
- 2) компании, содержащие три подразделения;
- 3) подразделения, содержащие несколько отделов.

(Обратите внимание, что завершенная модель без применения принципа разбиения по рекурсивным системам выглядела бы так: 3 компании, 11 подразделений, 53 отдела и так далее).

Как только стало понятно, что означает принцип рекурсии, можно начинать построение собственной жизнеспособной модели. Начинать следует с определения операционных элементов и их взаимодействия друг с другом. Для этого придется изобразить схему жизнеспособной системы и постепенно заносить получаемые элементы по имеющимся системам. Также следует выяснить, соответствует ли структура получаемой метасистемы принципам построения VSM. Нужно провести диагностику всех систем на устойчивость и работоспособность. Также необходима проверка взаимодействия систем с внешней средой и системой обеспечения информацией (ее надежность и качество).

Так, работая в Чили, С.Бир представил для себя всю экономику этой страны как большую рекурсивную систему, в которой необходимо провести преобразования, чтобы сделать ее жизнеспособной. Во время своей работы он обращал внимание на взаимоотношения людей, их взаимодействие и возможные причины конфликтов. Он расценивал это как основную причину колебаний в операционном модуле. Он говорил, что нельзя переходить к рассмотрению следующего уровня рекурсии, пока не доведено до совершенства текущее состояние, не выяснены все параметры и тонкости. Наличие нерассмотренных вопросов при некоторых входных параметрах повлечет за собой колебания в системе, и эффективность ее работы будет снижена.

2.3. Модель жизнеспособных систем С. Бира

Ниже описана *процедура проверки полученной модели на жизнеспособность*. Однако существует определенное ограничение на проведение данной работы, вы должны понимать функционирование VSM, принципы организации производства и главные концепции проводимой работы.

VSM ориентируется на структуру, взаимодействующую со средой, внешними данными. Структура состоит из двух частей: операционного модуля, который делает всю основную работу (производство, распределение) и метасистемы, которая корректирует работу операционного модуля, гарантируя целостность проводимой работы, ее организацию и интеграцию с другими работами (ведение учетных записей, стратегическое планирование).

Рис. 2.11 иллюстрирует взаимосвязи элементов жизнеспособной системы.

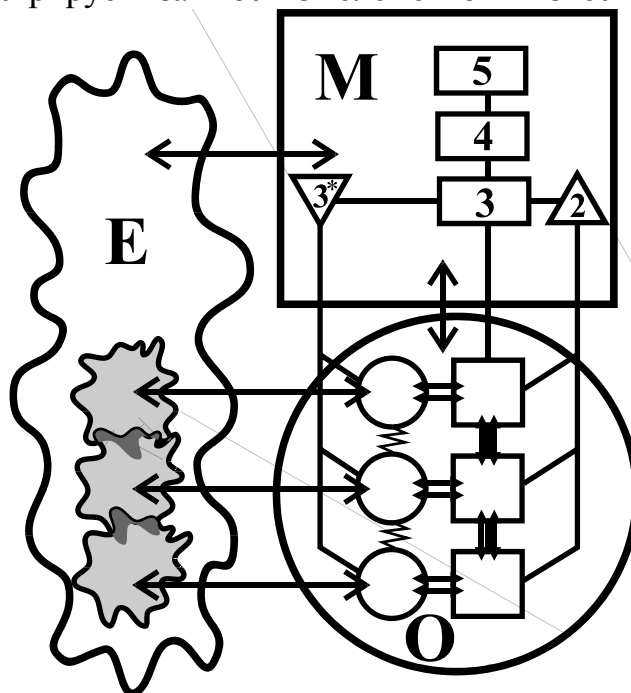


Рис. 2.11. Взаимосвязи элементов жизнеспособной системы

E представляет среду.

O – операционный модуль.

M – метасистема.

Стрелки указывают направления взаимодействия элементов. Каждая стрелка может иметь несколько аспектов.

Операционный модуль может состоять из множества операционных элементов. Это могут быть промышленные модули или группы людей, выполняющих различные задания.

Метасистема может выполнять следующие основные функции:

- 1) *внутреннее наблюдение*: следит за работой операционных элементов и оптимизирует их совместную работу, решая возникающие конфликты;
- 2) *внешнее наблюдение*: анализирует условия работы, оценивает перспективу развития, т.е. пытается предсказать поведение внешней среды в будущем путем анализа текущего состояния и тенденций развития среды;
- 3) *управленческий аппарат*: устанавливает основные правила работы организации. Управленческий аппарат должен принимать окончательные решения в своих действиях и приказах.

VSM представляет любую жизнеспособную систему как совокупность операционных элементов, которые вместе определяют корректную работу метасистемы.

Операционные элементы и метасистема должна находиться в контакте с внешней средой.

Операционные элементы непосредственно должны быть жизнеспособны, и, таким образом, их можно рассматривать как меньшие жизнеспособные системы, внедренные в систему более высокого уровня рекурсии.

Расширенный вариант VSM представлен на рис. 2.12.

Имеется три основных части: операционный модуль, среда и метасистема.

В метасистеме присутствует внутреннее и внешнее наблюдения.

Операционный модуль представлен пятью операционными элементами, каждый из которых содержит меньшие жизнеспособные системы.

Предварительное обнаружение ошибок

Для проведения предварительной диагностики необходимо провести анализ деятельности организации и исследовать основные подразделения, которые в нее входят. Данный процесс заключается в перечислении тех структурных подразделений, которые выполняют определенные операции, функции координации, планирования, учета и так далее.

В результате получится большая VSM, которая будет выглядеть подобно VSM на предыдущих рисунках.

Следующий шаг заключается в выделении операционных элементов, а также элементов, осуществляющих внутреннее наблюдение и оптимизацию работы операционных элементов, обеспечивающих стабильность и внешнее

наблюдение, совершающих анализ дальнейшего развития организации с учетом развития внешней среды.

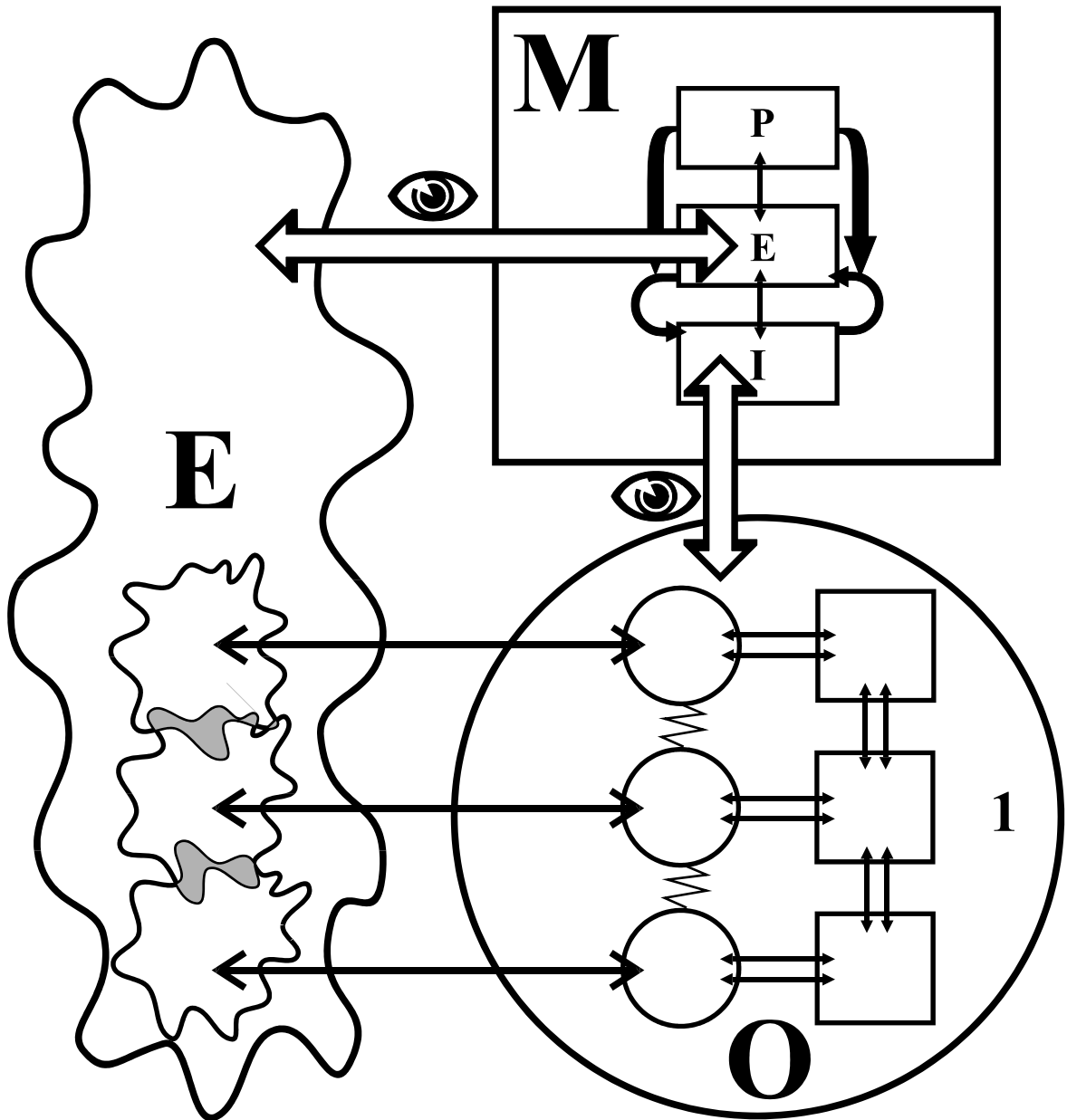


Рис. 2.12. Расширенный вариант VSM

В результате данного процесса будет получена схема, которая дает представление о структуре организации во всем ее разнообразии.

Это основная часть, от которой зависит остальная работа по обнаружению ошибок.

В некоторых случаях процесс предварительного обнаружения ошибок особенно полезен, т.к. появляется возможность установить, что необходимо и чего недостаточно для того, чтобы организация была жизнеспособна.

Можно также выяснить, что некоторые из решаемых задач не имеют никакого отношения к жизнеспособности рассматриваемой системы. Организация может решать эти задачи, но они не являются необходимыми.

Проектирование автономии

Для успешной работы всей системы необходимо обеспечить максимальный уровень автономии элементов, составляющих VSM. *Проектирование автономии* подразделений жизнеспособной системы *включает три этапа*: обеспечение равновесия внутренней среды, обеспечение информацией и обеспечение равновесия с внешней средой.

Индивидуальные инструкции элементов

При увеличении автономии каждого из модулей следует быть уверенным в том, что повышающийся уровень автономии не будет угрожать жизнеспособности системы в целом. Модули должны нести ответственность за выполняемую работу и демонстрировать максимально сглаженную работу для достижения желаемых результатов.

Сбалансированность внутренней среды

На этой стадии необходимо рассмотреть структуру различных частей исследуемой организации и решить, как они отражаются в VSM. Необходимо также рассмотреть автономию операционных элементов.

Внутренняя среда VSM включает в себя операционные элементы, а также элементы, которые предназначены для анализа внутреннего состояния и работоспособности системы. Так, например, сбор комитета по решению организационных вопросов, который собирается раз в три месяца, является абсурдной идеей, т.к. большинство из этих вопросов должны быть решены немедленно, не ожидая созыва комитета.

Подход к обеспечению внутреннего равновесия заключается в следующем:

- 1) максимизируется автономия каждого модуля так, чтобы основные проблемы возникали не на глобальном уровне, а на уровне операционных элементов;
- 2) исследуется обмен товарами и услугами между операционными элементами;
- 3) исследуются условия работы каждого операционного элемента (возможно, все они используют одних и тех же поставщиков и, таким образом, можно извлечь выгоду из оптовой закупки);
- 4) оптимизируется распределение ресурсов между операционными элементами;
- 5) исследуются функции координации и планирования;
- 6) метасистемы обеспечиваются своевременной информацией о работе операционных элементов.

Сущность процесса достижения внутреннего равновесия *заключается в том, чтобы рассмотреть внутреннюю среду фирмы как систему автоном-*

ных операционных элементов, работу которых должна координировать метасистема.

Обеспечение информацией

VSM требует полной и своевременной информации. Совершенная система обеспечения информацией должна ежедневно оценивать все необходимые показатели с целью поддержания существования модели. Главное преимущество подобной системы по сравнению с обычной управленческой информацией заключается в том, что в реальной жизни информация, поступающая в блок принятия решений, может быть уже устаревшей, поэтому необходимо использовать ежедневные индикаторы эффективности. Они в конце дня оценивают все показатели деятельности фирмы в пределах каждого операционного модуля (производительность, убытки, продажи).

Сущность подхода VSM к информации заключается в том, что достаточно всего лишь знать, изменяются определенные показатели или нет. Если все идет нормально, то можно не предпринимать никаких действий. Однако, как только что-то изменится (например, уменьшится производительность), Вас должны немедленно об этом известить.

Таким образом, нет необходимости в огромных распечатках стандартной информации, которая говорит о том, что «ничего не изменилось».

Когда произойдет важное событие, появятся сигналы, которые известят Вас о том, что произошло что-то, требующее немедленного решения.

Эти *сигналы*, называемые *алгедоническими* (algedonic: αλγος – боль, ηδος – удовольствие), являются основой обработки информации в VSM. Они предназначены для того, чтобы обеспечивать операционные элементы информацией, необходимой для их адаптации к изменениям внешней среды, определять границы автономии элементов, гарантировать взаимосвязанную работу всех операционных элементов системы.

Равновесие со средой

Внешнее наблюдение позволяет получить информацию об условиях внешней среды, прогнозирует дальнейшее развитие организации и дает возможность выработать стратегию для дальнейшего поведения на рынке: смена вида деятельности, уменьшение объема производства и т.д. Для этого все элементы системы должны быть сбалансированы между собой.

Система планирования должна быть в состоянии исследовать внешнюю среду и находить необходимую информацию.

Действия должны быть адаптированы для планирования и моделирования различных внутренних показателей.

Необходимо знать пределы возможностей операционных модулей и подстраивать под них планы.

Воздействия на операционные модули должны осуществляться через связи с ними.

Высший уровень управления должен действовать в пределах, установленных системой контроля (системой 5).

Система 5 как система наивысшего контроля

Система наивысшего контроля *предназначена для анализа действий организации в целом*. Она обладает окончательной властью, и ее решениям подчиняются все элементы VSM. Чтобы система могла осуществлять все возложенные на нее функции, она должна быть особенно тщательно спланирована. Кроме того, необходимо, чтобы все элементы жизнеспособной системы работали согласованно и принимали участие в решении той или иной проблемы.

При проектировании и работе такой системы будут возникать вопросы: насколько согласованно выполняются работы, будут ли они эффективны? В зависимости от того, как осуществляется работа всех элементов системы, и какие границы автономии определены для них, зависит эффективность жизнеспособной системы.

Словарь основных терминов VSM

Метасистема – система, объединяющая работу систем 3, 4 и 5 (внутреннее регулирование и оптимизация, планирование, высшие функции мозга).

Ежедневные индикаторы эффективности измеряют произошедшие изменения в пределах каждого операционного элемента.

Алгедоноды – сигналы, сгенерированные для оповещения руководящих модулей о необходимости вмешательства в деятельность системы.

Понятие о *пяти системах* в VSM:

- 1) система 1: первичные действия;
- 2) система 2: стабилизация работы системы 1;
- 3) система 3: внутреннее регулирование и оптимизация;
- 4) система 4: система планирования;
- 5) система 5: высший аппарат управления.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОДСИСТЕМАМИ В ЖИЗНЕСПОСОБНОЙ СИСТЕМЕ

3.1. Проектирование автономии подразделений жизнеспособной системы

Если говорится об автономии в человеческом организме или фирме, то имеется в виду, что та или иная их часть или определенная функция сама отвечает за свое регулирование. Необходимо, чтобы крупные части любой сложной организации работали фактически автономно. Если бы каждый аспект деятельности фирмы, каждое решение доводились до верхнего уровня и продумывались им, то работа в такой фирме быстро пошла бы на спад вплоть до полной остановки. То же самое произошло бы с организмом человека и по той же причине. Обе системы используют *автономное управление*, т. е. управление на таком уровне, когда не требуется принятия сознательных решений всем организмом в целом.

Любая организация нуждается в обеспечении некоторыми ресурсами, которые необходимы для работы операционных элементов. Чтобы выполнять свои функции, операционные элементы нуждаются в деньгах и людях.

Это отправная точка для проектирования обеспечения ресурсами.

Система 3, которая наблюдает за набором операционных элементов, должна рассматривать работу в финансовом аспекте, т.е. быть заинтересованной в максимальной экономической выгоде для фирмы. Одним из заданий системы 3 является распределение ресурсов между элементами.

Обычно это происходит так: на ежегодном собрании каждый из модулей говорит о своих нуждах и потребностях, после чего система 3 пытается распределить ресурсы фирмы наиболее оптимальным образом, используя при этом критерий экономической оптимальности производства.

Этот процесс продолжается до тех пор, пока все требования операционных элементов не будут удовлетворены, или не будет достигнуто оптимальное состояние в работе этих элементов.

В большинстве случаев распределение ресурсов происходит только один раз в год, после чего каждый операционный элемент будет выполнять задание согласно полученным установкам и направлениям работы.

Обычно используются следующие положения:

- 1) каждому отделу назначается бюджет;
- 2) перед каждым отделом стоит простая задача – поддерживать ход дел в нормальном состоянии.

В случае экономических проблем, произошедших с одним из элементов, вся система может даже некоторое время и не знать о случившемся, если это, конечно, катастрофически не отражается на продуктивности всей системы в целом. Этому элементу позволяют работать до тех пор, пока он не влияет на

производительность системы в целом, т.е. находится в определенных рамках. Таким образом, для каждого элемента выделяется его сфера деятельности, и эта сфера является не только четко определенной, но и не пересекающейся с задачами других элементов.

Каждый отдел должен экономически обосновать эффективность своей работы, чтобы выровнять использование ресурсов между модулями.

В данном случае, как упоминалось выше, система 3 предназначена для повышения эффективности распределения ресурсов между модулями на определенном уровне абстракции.

Тогда возникает *проблема управления вмешательством*, заключающаяся в установлении определенных стандартов деятельности в условиях предоставления автономии каждому операционному элементу.

Первая часть решения состоит в том, чтобы при изменении эффективности системы и своевременном отражении его на диаграмме VSM данное ухудшение, по возможности, было учтено, и была предпринята попытка решения этой проблемы.

Вторая часть решения этой задачи заключается в том, что необходимо определить чистую производительность операционного элемента, к которой необходимо стремиться.

На заключительной стадии решения проблемы вырабатывается стратегия, использование которой помогает найти выход из сложившейся ситуации. Следует помнить, что решению поддаются практически все задачи, для этого необходимо систематически стремиться к поиску решения. Рассмотрим пример.

Пусть имеется некоторая фирма, на которой производительность труда падает на 85 % и улучшения не намечается в течение 10 дней. В этом случае можно нарушить автономию работы системы и применить внешние воздействия для улучшения текущего состояния системы. Только применив такой способ воздействия, можно решить возникшую проблему, т.к. без вмешательства других систем в данный процесс нельзя выйти из сложившейся ситуации.

Основные замечания к правилам вмешательства:

1) заранее согласовываются все взаимосвязи между системой 3 и операционным элементом;

2) определяется промежуток времени, в течение которого операционный элемент будет пытаться решить проблему самостоятельно, по истечении этого срока автономия данного объекта будет нарушена – к решению этой проблемы подключится система 3. Немедленное вмешательство системы 3 в решение возникающих проблем в каждом из операционных элементов подорвало бы как их автономию, так и автономию системы в целом;

3) разрабатывается стратегия поведения системы в случае опасности, т.е. возможности разрушения. Она должна отвечать всем требованиям безопасности, предъявляемым к системе.

Сущность системы 3 заключается в принятии и поощрении автономии операционных элементов. В тоже время необходимо непрерывное взаимодействие операционных элементов и системы 3. Следовательно, модуль должен быть свободен, для того чтобы преследовать собственную цель и отвечать на запросы среды, но в пределах установленных ограничений, являясь частью целого.

Как уже говорилось, проектирование автономии подразделений жизне-способной системы включает три этапа: обеспечение равновесия внутренней среды, обеспечение информацией и обеспечение равновесия с внешней средой, которые были рассмотрены в пункте 1.4.

Пример: рабочий совет

В то время как С. Бир работал, рабочие клали покрытие возле его дома. Двое рабочих размещали на земле деревянные доски, для того чтобы определить, какой уровень необходим для укладки покрытия. Через некоторое время прибыла другая бригада рабочих, которая должна была уже напрямую заниматься укладкой покрытия. Они привезли с собой специальный агрегат, предназначенный для нагнетания жидкого покрытия.

Тут С. Бир спросил, что они собираются делать? Рабочие ответили, что собираются использовать этот агрегат для укладки покрытия, после чего они преступили непосредственно к делу.

Теперь настал момент для анализа проведенных действий.

В данной системе не присутствует никакой операционной автономии – рабочие не могли изменить местоположение прокладываемого покрытия ни при каких условиях! Они должны были делать то, что им приказали.

Контроль над исполнением порученного задания также отсутствовал – рабочие могли по своему усмотрению изменить положение покрытия, и ничто бы их не остановило.

Ясно, что решение такого, казалось бы, легкого задания достаточно не просто. Нельзя предпринять ничего «лишнего», если все действия расписаны в инструкции. Следовательно, нет никаких оснований для принятия самостоятельного решения.

Заранее подготовленный план действий не сможет справиться со сложностями, возникающими на местах. Т.к. проведение каждого такого «мероприятия» – дело сложное и требующее значительных усилий, то контроль над выполнением этих заданий значительно усложнен.

С. Бир обсуждал эти проблемы с одним из рабочих, на что тот ответил: «Мы являемся лишь исполнителями поставленного задания и не можем внести в решение такого рода задачи что-либо новое».

Любое подразделение управляется директором, выделенным на схеме (рис. 16) прямоугольником, и при этом обладает относительной автономией. Это означает, что оно «делает, что хочет», но в определенных рамках: оно

продолжает принадлежать данному организму, что накладывает на него три *управленческих ограничения*:

1. Работать в целях всего организма.

Цели всей организации и вытекающие из них указания передаются от системы 5 вниз по вертикальной командной оси, а отчетность подразделений на схеме направлена вверх по каналам, лежащим на той же оси. Цели организации и указания должны быть во всех случаях тщательно доведены до сведения всех подразделений; предпочтительно, чтобы подразделения участвовали в их формировании. Здесь идет речь о «физиологии» системы (а не о логике), а весь объем знаний о поведении человека для того и существует, чтобы помогать решать возникающие на конкретной фирме проблемы.

Что касается логики, то не следует забывать, что подразделение не располагает всем метаязыком фирмы. Это значит, что цели корпорации невозможно выразить даже на языке системы 1. Отсюда следует, что работники подразделений, прежде всего, должны осознать свою принадлежность делу корпорации и научиться говорить на ее метаязыке, прежде чем они начнут понимать ее проблемы. Вопреки широко распространенному утверждению оптимистов работники подразделений часто не хотят этого делать. При наличии метаязыка всей фирмы подразделения всегда имеют потенциал влиять на намерения всей фирмы, но методы для его реализации исчерпываются следующими:

- 1) мерой возможностей подчиняться идущим сверху указаниям, которые передаются вниз по командной оси (из системы 5);
- 2) автономной подготовкой подразделением отчетной информации, предоставляемой системе 3.

Описанные здесь особенности работы подразделений отнюдь не очевидны, а их непонимание является главной причиной трений между периферией и центром почти во всех крупных организациях. Непонимание возникает как следствие того, что в соответствии с нашими культурными установками в штате любого подразделения всегда есть люди, которые выступают представителями всей корпорации. Это означает, например, что главный руководитель подразделения, который по логике не может правильно понять цели корпорации, может выступать членом ее правления, действующего как система 5. Он, следовательно, помогает формулировать намерения корпорации, которые позже сам получит уже в другом качестве как «уму непостижимые» указания. Любое важное лицо в большой организации, включая главного руководителя подразделения, часто и безбоязненно признает двойственность своих интересов. Но весьма редко все участники подготовки корпоративного решения в любой момент времени полностью осознают, кому и какая роль при этом отведена. Этот факт вполне можно считать отправной точкой управленческой путаницы во всем нашем современном обществе.

2. Действовать в координационных рамках системы 2.

Директорат данного подразделения должен считаться с существованием других подразделений, на взаимодействии которых держится синергизм корпорации. Главные руководители подразделений не в состоянии – по соображениям формальной логики – отвечать за этот факт. Так происходит потому, что у них на руках их собственная «корпорация», которой они управляют в рамках своего «контура» на схеме, и, по их мнению, не может быть формального метода, который бы мог решить проблему двойственности их роли. Можно создать некий комитет, для того чтобы решать эту проблему, и, кроме того, отдельные люди могут (в силу их двойственной роли в организации) понять некоторые из возникающих здесь вопросов. Но практически руководитель подразделения должен быть целиком поглощен задачей эффективного управления своим подразделением так, как будто его подразделение собирается поглотить все остальные в борьбе, например, за финансирование. Из этого следует, что управление должно быть возложено на центр регулирования корпорации, отвечающий за эффективность достижения целей, – систему 2.

Следует, однако, учитывать, что главному управляющему подразделением довольно трудно играть свою двойственную роль в рамках системы 1 и, вероятно, системы 5. Взять на себя роль регулятора действий относительно низкого уровня управления – анафема на этот раз в физиологическом плане. Достаточно плохо, считает главный руководитель подразделения, принимать «указания сверху» от системы 5, находясь в положении человека, который частично сам принимал участие в их подготовке. Но регулирующие меры системы 2 представляют собой «всестороннее вмешательство людей, которые не знают что творят». Если эта проблема не будет преодолена, то, как предсказывает кибернетика, такая организация обречена на рискованные колебания.

3. Подчиняться автоматическому управлению системы 3.

Внутренний гомеостазис корпорации сводится не просто к предохранению от колебаний (за это отвечает система 2). Если синергизм корпорации должен поддерживаться постоянно – иначе говоря, при выполнении повседневных функций, – то иногда возникает необходимость принести в жертву интересы одного из ее подразделений, но не в пользу всей корпорации (за это отвечает система 5), а исключительно в пользу других подразделений. Трудности, возникающие в этом случае, хорошо известны в связи с изменением цен на примерах многих крупных организаций. Из этих объективно возникающих обстоятельств вытекает возможность появления требования ликвидации даже целого подразделения по настоянию других. Это вполне может быть обосновано оптимизацией работы других подразделений как следствие повседневной практики и независимо от той роли, которую играло несчастное подразделение в блестяще разработанном перспективном плане корпорации. Логично предположить, что такой конфликт ценностей может быть разрешен только на самом верху.

Динамика структуры рассматриваемой пятиуровневой иерархической системы управления зависит от возможности количественно выразить результаты функционирования каждого подразделения и фирмы в целом.

На уровне оперативного управления критерием эффективности могут выступать такие показатели, как производительность и рентабельность производства. Данные показатели, являясь наиболее часто используемыми в современной практике для оценки уровня достижений, тем не менее, характеризуют эффективность функционирования лишь в краткосрочном периоде. С точки зрения фирмы как жизнеспособной системы деятельность подразделения должна предусматривать оценку его как кратковременной, так и долгосрочной жизнедеятельности.

Чтобы оценить меру достижений подразделения, применяются *числовые индексы достижений*. Бир классифицировал достижения таким образом, чтобы их предлагаемые измерители связывали потенциал с тем, что уже стало фактом.

Им были определены *три уровня достижений*:

- 1) *фактический* (то, что удастся получить в настоящее время при существующих ресурсах и ограничениях);
- 2) *наличный* (то, что в принципе можно сделать при существующих ресурсах и ограничениях);
- 3) *потенциальный* (то, что удастся сделать, если наращивать ресурсы и снимать ограничения, действуя в пределах доступных средств).

Теперь появляется возможность составлять планы на будущее на базе любых из перечисленных замечаний об измерении достижений или приступить к разработке трех различных планов, каждый из которых будет построен на базе одного из этих уровней достижений. Планирование на базе фактического уровня будем называть *программированием*. Планирование на базе наличного уровня – *целевым планированием*. Планирование на базе потенциала – *нормативным планированием*. Первое из них – просто программа, поскольку учитывает неизбежные дефекты ситуации и не допускает возможности что-то предпринять для их устранения. Нормативное планирование устанавливает достижение потенциала в качестве своей цели и поэтому связано с большим риском – крупного, возможно, решающего выигрыша или существенных потерь. Но как бы ни осуществлялось планирование, то, что получается в итоге, всегда называется *действительностью* – фактическим положением дел, а предлагаемые измерители достижений связывают возможность и потенциал с тем, что к тому времени станет фактом. Теперь еще несколько определений.

Производительность – это отношение фактического уровня достижения к наличному.

Скрытая производительность – отношение наличного уровня достижения к потенциальному.

Текущая производительность – это, с одной стороны, отношение фактического уровня достижения к потенциальному, а, с другой стороны, отношение скрытой и расчетной производительностей.

Если достижения всего потенциала принять за единицу (т.е. 100 %), то меньшее из двух всегда должно быть числителем, а большее – знаменателем. Но не всегда можно записывать эти пары терминов один за другим, поскольку то, в каком порядке записывается данная часть, будет зависеть от того, что измеряется. Потенциал всегда лучше, чем наличный уровень, который всегда лучше фактической производительности. Но если мы, например, говорим о прибыли, то «лучше» здесь означает «больше», если же мы говорим о людских ресурсах, необходимых для выполнения работы, то «лучше» означает «меньше».

Заметим, что *общая мера производительности* определяется как соотношение фактической и потенциальной, как двух ее крайностей. Это означает, что наличная производительность находится между ними и может изменяться, никак не влияя на любую из них.

Таковы три вида измерителей, которые нам необходимы, и которые должны применяться к оценке работы подразделений или к оценке отдельного работника. Они могут применяться к оценке различных аспектов работы, например, рабочей силы или технологических возможностей фирмы. В этом случае эти отдельные индексы могут перемножаться для подсчета общей оценки работы фирмы, что соответствует непосредственным расчетам по исходным данным. Каким бы образом данная работа ни выполнялась, ее проведение может потребовать изучения затрат времени на отдельные технологические процессы и исследования операций в значительных масштабах. Конечные индексы достижений просты и удобны для использования. Во всяком случае, все три индекса достижений должны увеличиваться.

3.2. Система регулирования деятельности подразделений

Любая система все время пытается выйти из состояния равновесия, и задача системы 2 заключается в борьбе с колебаниями системы. Их необходимо сгладить, а в идеале – вообще подавить. Конфликты между операционными элементами возникают из-за того, что каждый из них пытается «взять» для себя большее количество ресурсов, но нельзя забывать, что все операционные элементы работают не изолированно, а в тесной взаимосвязи, и их совместную работу необходимо оптимизировать.

История становления системы 2

Все началось с того, что в одной компании был склад, в котором контейнеры располагались на трех этажах. Контейнеры перемещались между ними с помощью специальных подъемников через отверстия в этажах. Иногда для контейнера, который отправляли на третий этаж, не было свободно-

го места, и администратор этого этажа отправлял его на нижний этаж. Администратор 2-го этажа рассуждал так: «Этот контейнер направлен не ко мне. Его место или на 1-ом, или на 3-ем этаже» и отправлял его дальше. Таким образом, этот контейнер «путешествовал» по этажам, не находя себе места. Это движение было подобно движениям всемирно известной игрушки «Йо-Йо». Оно возникало, по определению С. Бира, в связи с конфликтом интересов операционных модулей.

Решение этой локальной проблемы заключается в организации возможности общения администраторов каждого этажа и совместного определения места для контейнеров.

Общей стратегией для системы 2 в этом случае является свод правил для распределения контейнеров. Если эти правила будут выполняться, то колебания будут возникать реже.

С. Бир приводит множество примеров нестабильности в промышленности, которые ведут к колебаниям. Например, в процессе наблюдений С. Бир заметил, что запасы сырья в производственном цехе постепенно уменьшались. Иногда их оказывалось очень мало, и производство практически останавливалось. И наоборот – иногда запасы были очень велики, и возникала проблема их хранения, связанная с нехваткой места.

Вот тут и должна прийти на помощь система 2, призванная обеспечивать стабильную и согласованную работу всех операционных элементов. Для разных систем она будет выполнять различную работу, однако ее функции остаются неизменными. Довольно часто при рассмотрении небольших организаций проблемы нестабильности решаются довольно просто, но как только рассматривается фирма побольше, нестабильность проявляется в более явном виде.

Как уже было сказано, система 2 – это метасистема, которая подводит промежуточные итоги работы всех систем 1. Она увязывает работу центров регулирования работы подразделений и центра регулирования работы корпорации.

Взаимодействие подразделений порождает чрезвычайно большое разнообразие, поэтому колебания, возникающие в процессе взаимодействия, не могут погашаться системами 1 из-за отсутствия необходимого разнообразия. С другой стороны, метасистема тоже не должна вмешиваться в этот процесс, т.к. для поддержания автономии систем 1 ее вмешательство должно быть минимальным. Функцию обеспечения логического взаимодействия элементов жизнеспособной системы выполняет система 2. На рис. 3.1 показана связь системы 2 с системами 1 и метасистемой.

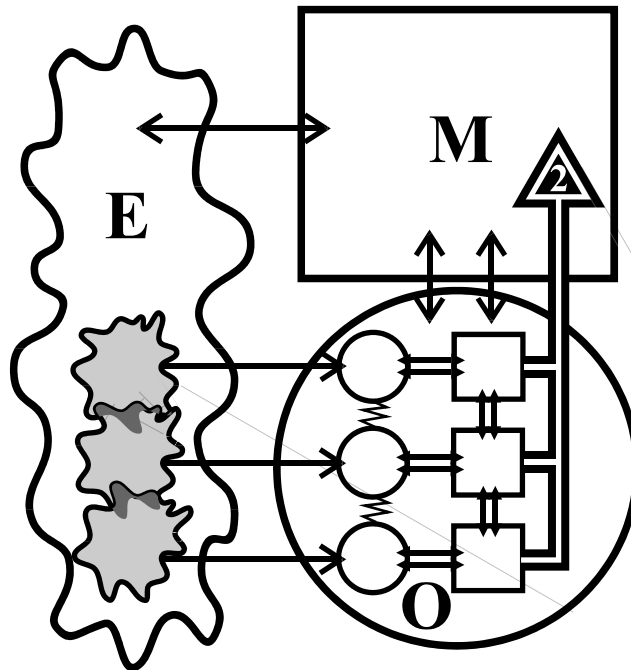


Рис. 3.1. Связь системы 2 с системами 1 и метасистемой

Необходимость в системе 2 объясняется тем, что она – единственное средство предотвращения неуправляемых колебаний, возникающих между различными подразделениями. Рассмотрим, как это происходит. Здесь может подойти произвольный пример выполнения какой-либо работы, поскольку теперь результаты всех работ измеряются относительными показателями их достижения.

Предположим, что подразделение В получает в качестве сырья продукцию подразделения А, для которого она является конечным продуктом. Требования на эти полуфабрикаты, их приемка, дальнейшая обработка и накладные – все это информация, которая должна перемещаться по вертикальному каналу от систем 1 к системе 2.

Рассмотрим, как осуществляется процесс подготовки требований. В большинстве фирм требования на продукцию подразделения А в определенные сроки подготавливаются подразделением В и направляются им в А. Однако в большинстве случаев такая немудреная процедура представляет собой ритуал, который, по мнению большинства, выполняется только лишь для финансовой отчетности подразделений, что противоречит замечаниям о непрерывности планирования и управления. Фактически подразделение А хорошо знает объем своих поставок подразделению В и производит в данный момент времени столько продукции, сколько ее потребляет подразделение В, если, конечно, нет межцехового запаса полуфабрикатов. В последнем случае могут быть использованы более сложные правила управления производством полуфабриката в подразделении А для удовлетворения нужд В. Но в общем, в данный момент времени реальная потребность в полуфабрикате будет одина-

кова для подразделений А и В. В противном случае запас был бы бесконечно большим, или же в подразделении В из-за недопоставок простаивало бы оборудование.

Начнем с материальных потоков, которые, как бы мы ими не управляли, для удовлетворения потребностей обоих подразделений должны соответствовать реальным потребностям подразделения В. Они колеблются в зависимости от величины его заказов. Теперь предположим, что из-за ряда причин возможности подразделения А уменьшились, и это сказалось на его производительности. Далее предположим, что производительность упала настолько, что стала ниже среднестатистического объема поставок необходимой группы изделий. В подразделении А будет произведена корректировка плана, что непременно скажется на общей производственной программе фирмы. Будет задействован директорат, члены которого в этом случае должны восстановить производство до первоначального уровня, что они и сделают.

Теперь возникает вопрос: как весь этот процесс влияет на подразделение В, снабжение которого теперь нарушено. В системе с общепринятой структурой возникают споры относительно того, предупреждать ли официально об этом подразделение В или нет, если да, то когда.

Теперь несколько усложним этот пример. Предположим, что кроме подразделения В полуфабрикаты А использует также подразделение Е, F и D. Возможно, подразделение В может взять их в долг у подразделений Е, F из D. Но тогда работа этих подразделений также оказывается под угрозой срыва. Внезапно вместо сотрудничества обнаруживается конкурентная борьба, и, как показывает опыт, именно в такой ситуации нарушаются все связи. В сложную и без того ситуацию вводится элемент игры. Тот факт, что все это может произойти приводит к тому, что отделы снабжения начинают весьма осторожно подходить к проблеме своих запасов, стараются их увеличить, финансовое руководство перепугано (поскольку это сказывается на программе капиталовложений) и тоже подключается к разбирательству. Тем временем все заинтересованные лица изобретают правила и процедуры разрешения подобных ситуаций, считая предлагаемые меры справедливыми, направленными на сотрудничество и оптимальными. Теперь люди будут разыгрывать ситуацию как покер: доверие потеряно, вступают в действие неформальные связи на уровне подразделений, чтобы обезопасить местные интересы и т.д., что приводит к раскачиванию всей фирмы.

У системы 2 двойная задача. Во-первых, изменение производительности подразделения А автоматически переносится на другие подразделения. Уведомление об изменениях не должно быть нечетким или возбуждающим эмоции, — оно должно представлять собой статистическое заявление, содержащее численные показатели. Центры регулирования других подразделений немедленно оценят влияние произошедших перемен на свои производственные планы и программы, пересмотрят обеспечение себя запасами. Во-вторых, центр регулирова-

ния всей корпорации, получив всю эту информацию, сможет со своего уровня оценить последствия сложившейся ситуации. Он доложит результат системе 3 и предпримет соответствующие управленческие меры, подключив в случае необходимости систему 5. Центр регулирования всей корпорации, как можно видеть, взаимодействует, например, с системой 3 точно так же, как вход синапса на горизонтальной командной оси с системой 1.

Возможно, главный смысл всего этого механизма заключается в его простоте и, следовательно, быстродействии. Сообщение о произошедших изменениях из центра регулирования работы подразделения автоматически направляются в директорат подразделения, другие центры регулирования, центр регулирования деятельности всей корпорации, откуда при необходимости направляется в систему 3. Задача руководства подразделения, прежде всего, разобраться в случившемся – выяснить, почему это произошло, и какие меры необходимо предпринять, чтобы исправить положение. Колебания системы в наше время – факт, с которым надо бороться. Поэтому центр регулирования работы подразделения должен перепрограммировать его работу. Другие подразделения должны оценить последствия и быстро сообщить об этом в центр регулирования деятельности всей корпорации, который в свою очередь должен быстро предпринять корректирующие меры через свой механизм регулирования или (когда дело касается прерогатив руководства) через систему 3 и командную ось.

3.3. Оптимизация функционирования подразделений и управление стабильностью внутренней среды системы

Функция системы 2, как было сказано выше, заключается в ликвидации противоречий между системами 1. Однако для эффективной работы жизнеспособной системы этого недостаточно, – необходимо организовать работу систем 1 таким образом, чтобы они работали в целях всей системы.

Система 3 представляет собой высший уровень автономного управления и низший уровень управления корпорацией. Ее функция заключается, прежде всего, в том, чтобы управлять стабильностью внутренней среды организации в соответствии с ее целью.

История становления системы 3

Рассмотрим жизнеспособную систему, состоящую из нескольких дюжин людей, занимающихся тушением лесного пожара. Сам эпицентр пожара расположен недалеко от озера. Каждый человек поглощен собственной работой: он бежит к озеру, набирает в ведро воду, а затем бежит обратно.

Метасистема представлена человеком, контролирующим проведение всех работ по тушению пожара. Очевидно, что систему необходимо оптимизировать: продуктивность будет гораздо выше, если организовать цепочку из людей, которые будут передавать друг другу ведра с водой. Таким образом,

минимизируется время доставки одного ведра воды до времени передачи этого ведра между 2-мя людьми. Здесь имеется в виду максимальное время передачи. Будет выполняться та же самая работа, но более эффективно. Вот этой работой – оптимизацией, – по мнению С. Бира, и занимается система 3.

Принцип работы системы 3

В любом случае система 3 предназначена для выполнения только одной функции – *оптимизации работы операционных элементов*.

Она анализирует работу каждого элемента, делает выводы и принимает решения о необходимых для оптимизации действиях.

Сущность сотрудничества заключается в том, что два человека могут работать с той же производительностью, что и четыре, выполняя одинаковую работу, но с различной организацией труда.

Тогда постановка задачи заключается в следующем: выявить направления, по которым будет обеспечено создание и благополучное функционирование системы 3 в рамках жизнеспособной системы.

Схема системы 3

При изображении системы 3 лучше всего расположить ее в середине, а операционные элементы, с которыми она функционирует, вокруг нее (рис. 3.2).

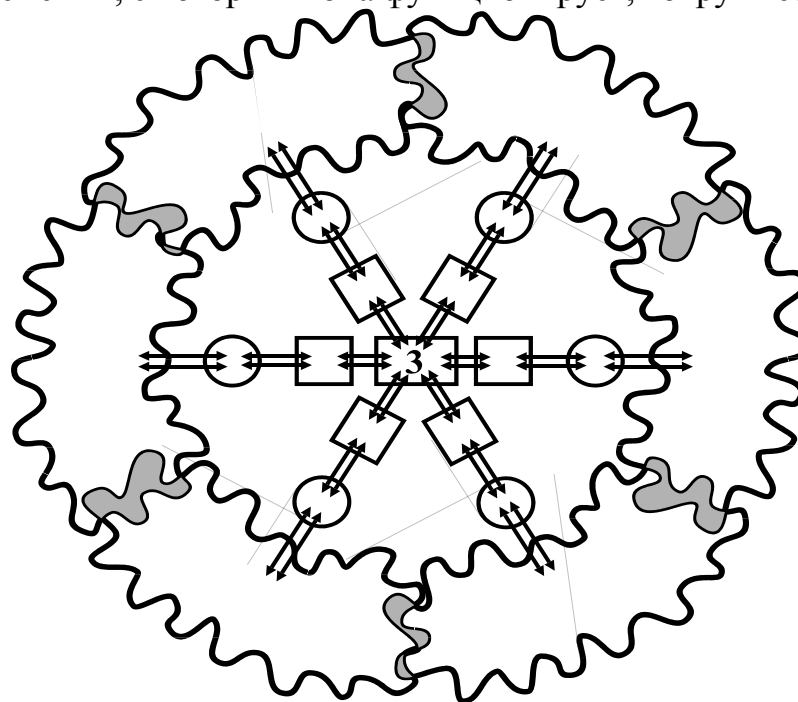


Рис. 3.2. Взаимосвязь системы 3 с операционными элементами

Система 3 находится в центре этого рисунка.

Хотя такое расположение и оптимально, с точки зрения всей VSM такую схему следует представлять несколько иначе (рис. 3.3).

Система 3 имеет два вертикальных канала управления системами 1. По первому каналу осуществляется вмешательство корпорации в установление

основных правил поведения систем 1 (например, утверждение единой формы отчетности, предоставляемой системами 1 метасистеме, или определение времени начала и окончания рабочего дня всех подразделений). Прямое вмешательство корпорации снижает разнообразие систем 1, но, как уже отмечалось, для сохранения автономии систем 1 оно должно быть минимальным. Второй канал управления предназначен для распределения производственных ресурсов между системами 1 с одновременным наделением блоков управления подразделений ответственностью за использование полученных ресурсов. Ответственность за ресурсы также снижает разнообразие систем 1.

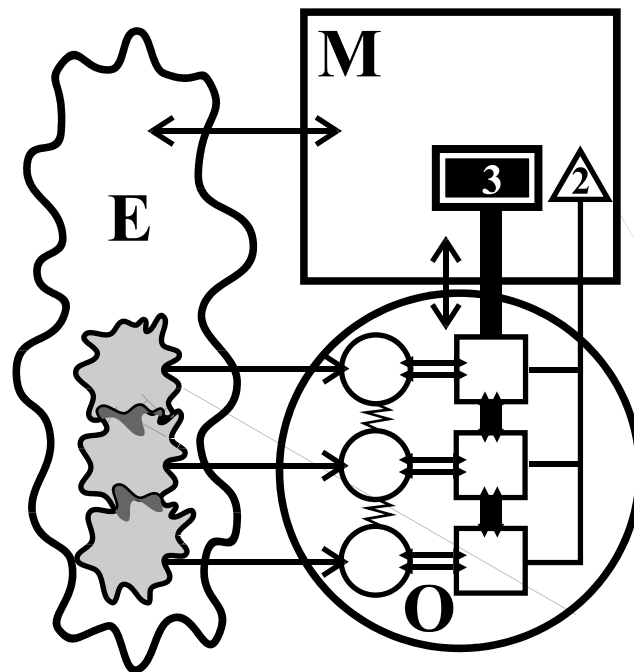


Рис. 3.3. Место системы 3 в структуре метасистемы

Кроме того, система 3 имеет еще два канала управления, которые функционируют по аналогии с симпатической и парасимпатической нервными системами человеческого организма. Функция симпатической системы заключается в активизации деятельности внутренних органов в соответствии с инструкциями, полученными от головного мозга. Она наблюдает за взаимодействием органов и притоком адреналина. Задача парасимпатической системы состоит – контроль над степенью создавшегося физического напряжения. Если организм физически не в состоянии выполнить инструкции головного мозга, то парасимпатическая система приглушает активность внутренних органов, чтобы спасти организм от внутренней физической катастрофы.

Рассмотрим процесс производства продукции на фирме, предполагая, что каждое его подразделение играет свою роль в выпуске основного набора продукции. Пусть, например, подразделение В выпускает продукцию, часть которой идет прямо на продажу во внешний мир, а часть передается в под-

разделение С для дальнейшей обработки. После этого часть изделий поставляется подразделению D и т. д. Предположим, возникли проблемы с выполнением производственной программы в отделе С, и блок управления данного подразделения пытается перестроить его план. Может случиться так, что это невозможно сделать локально в том смысле, что потребуются изменить контракт на поставку продукции из отдела В, а контракт на поставку продукции в отдел D выполнить будет невозможно. Управляющий подразделения С должен информировать управляющих подразделений В и D, и уже втроем они должны попытаться изменить свои планы с тем, чтобы удовлетворить взаимные требования. Излишне говорить, что неприятности могут распространиться и на отделы А и Е от отделов В и D соответственно, и т. д.

Со всем этим справляется автономная (*симпатическая*) система, изображенная на рис. 14 справа. Она использует язык более высокого по сравнению с системой 2 уровня, поскольку оценивает ее поведение. Если ее задача – стабилизировать производственную обстановку на фирме, то она должна организовать обратную связь, поставляя данные на различные уровни, где позаботятся о том, чтобы погасить колебания, вызванные перепланированием. Но даже в этом случае происходящее выглядит довольно странно и напоминает ситуацию, когда высший центр управления фирмы требует максимальной производительности, чтобы преодолеть кризис. Тогда об этом узнают все подразделения. Реакция системы 1 пойдет прямо в систему 2, где данные будут рационализированы и через центральную (соматическую) систему направлены в центры управления системы 3. Однако та же информация будет поступать вверх по симпатическому стволу и попадет в центр управления другим путем. Стимулирующая обратная связь осуществляется таким образом, что образуется правая петля, возбуждающая деятельность, направленную на удовлетворение требований высшего руководства.

Предположим, что все это вызовет слишком большое напряжение в отделах. Существует множество способов для защиты фирмы от такого риска. Индексы производительности, измеряющие темпы производства, могут превзойти верхние контрольные пределы, установленные для работы в нормальных условиях. До опасных пределов может также дойти количество часов сверхурочной работы. Сигналы чрезмерного давления будут регистрироваться в автономной (*парасимпатической*) сети, показанной на рис. 19 слева. Эти сведения поступят также в центр управления системы 3. В результате во имя безопасности фирмы активность должна приглушиться путем срабатывания цепи сдерживания, приведенной на левой стороне рис. 19. Таким образом, задача этой автономной системы – сбалансировать возбуждающие и сдерживающие стимулы так, чтобы создать общую внутреннюю стабильность, и сообщить об этом наверх через систему 4 в систему 5.

Применительно к фирме функции парасимпатической системы могут быть реализованы посредством аудита. Под *аудитом* понимается проверка не только

финансовой отчетности, но и всех аспектов деятельности подразделения. Мониторинг текущей деятельности осуществляется системой 3 непосредственно, минуя директораты подразделений. Аудит может принимать разнообразные формы: от следственных проверок до неформальных разговоров и внеплановых визитов. Он должен придерживаться следующих *принципов*:

- 1) проверки текущей деятельности должны быть больше случайными, нежели регулярными, иначе их эффективность будет снижаться;
- 2) проверки должны осуществляться не слишком часто, чтобы не подрывать авторитет и доверие директоров подразделений.

Рассмотрим теперь одно из подразделений, осуществляющее свою деятельность в горизонтальной плоскости. Управляющий блок должен руководить текущей деятельностью подразделения в окружающей среде системы с максимальной эффективностью. Рассмотрим вертикальные ограничения, в рамках которых должна действовать система.

Блок текущей деятельности подразделения должен:

- 1) учитывать взаимоотношения с другими подразделениями;
- 2) учитывать пересечения собственной окружающей среды с окружениями других подразделений;
- 3) подчиняться указаниям прямого корпоративного вмешательства;
- 4) вести свою деятельность, учитывая ответственность за полученные производственные ресурсы;
- 5) действовать в координационных рамках системы 2.

Каждое из этих ограничений снижает разнообразие подразделения, причем, если последние два ограничения являются естественными, то первые три должны быть соответствующим образом разработаны и включены в организационную структуру корпорации.

И последнее ограничение – *аудит должен иметь необходимое разнообразие для поглощения остаточного разнообразия подразделения* – разнообразия, которое не смогли абсорбировать первые пять вертикальных каналов.

Отсюда следует *первая аксиома управления*: «Сумма горизонтальных разнообразий всех блоков текущей деятельности должна быть равна сумме разнообразий шести вертикальных элементов корпоративного взаимодействия».

Иными словами, суммарное разнообразие, генерируемое всеми системами 1, должно быть поглощено шестью указанными вертикальными ограничениями.

В деятельности любой фирмы с пятиуровневой иерархией управления можно постоянно наблюдать *противоречия между внутренней и внешней мотивировками*. Если внутренняя мотивировка примерно совпадает с производственными возможностями, а сбыт соответствует внешним требованиям, то все замечательно. Здесь явно видны в действии два критерия: один – добиваться стабильности внутренней среды, а другой – стабильности взаимодействия с внешней средой. Иначе говоря, начальник производственного отдела стремится максимально использовать производственные возможности, а на-

чальник отдела сбыта, разумеется, удовлетворить потребности своих клиентов. С точки зрения начальника производственного отдела задача состоит в том, чтобы выполнить указания самым простым путем и самым сбалансированным образом и тем самым обеспечить минимум себестоимости и максимум производительности при заданных финансовых, материальных и человеческих ресурсах. Начальник же отдела сбыта в принципе готов создать сколь угодно напряженную внутреннюю обстановку, чтобы извлечь максимальную прибыль или открыть выгодный сегмент рынка. Нет причин ожидать, что их цели совпадут. Обычно они не полностью совпадают, хотя, в общем, если активность рынка обеспечена известной степенью свободы производства, то снижение цены увеличивает шансы сбыта.

Главная задача управления фирмой, если брать только ее текущую деятельность, *сводится к согласованию* этих двух целей: *внутренней и внешней мотивировок*. Иногда производственному отделу приходится уступать (при использовании менее производительных средств увеличивать себестоимость, чтобы соблюсти сроки поставок). Иногда отделу сбыта приходится идти на уступки (соглашаться на более поздние сроки поставок, чтобы расходы на сверхурочные работы не превзошли все допустимые пределы). Если использовать все достижения науки, то обнаружится, что система 3 находится в центре важнейшей процедуры распределения ресурсов. На этом уровне должны использоваться методы линейного и динамического программирования.

Именно для этого и нужна *система управления*. Описанная пятиуровневая иерархическая система делает это самым эффективным способом. До сих пор мы рассматривали три самых низших уровня управления из пяти с точки зрения высшего (т. е. корпоративного) руководства. Они осуществляют автономное управление (этот термин взят, скорее, из нейрофизиологии, чем из деловой практики) для обеспечения внутренней стабильности фирмы при небольшом вмешательстве сверху.

На систему 3 работают *информационные системы трех видов*. Первая принадлежит вертикальной командной оси. Во-первых, система 3 – часть управления корпорацией и, следовательно, передатчик плановых и специальных указаний подразделениям. Она также получатель информации о внутренней обстановке, которой она руководит тремя способами: 1 – как метастемный контроллер, действия которого направлены вниз; 2 – как самый главный фильтр соматических новостей, направляемых вверх и 3 – как алгедонд. Во-вторых, система 3 – единственный приемник отфильтрованной и направленной из системы 2 вверх информации. Механизм этого процесса только что был рассмотрен. В-третьих, система 3 управляет цепями парасимпатической информации, которая прямо противоположна информации в симпатических цепях (системы 2).

Рассмотрим более подробно третью информационную составляющую. Ключом к пониманию парасимпатической составляющей модели (левая цепь на

рис. 19) является ограниченность симпатической (системы 2) составляющей. Мы все время настаивали на непрерывности текущего управления. Фирма существует, ее деятельность вполне понятна, ее регуляторы – системы 1 и 2 – действительно являются регуляторами, – они исправляют ошибки по принципу обратной связи. Из этого следует наличие моделей стандартного поведения, воплощенных в механизмах управления, о которых мы вели речь. Они представляют собой образцы, сравнивая с которыми, определяется «ошибка».

Однако с точки зрения управляющих корпораций, в данном случае системы 3, подобные парадигмы слишком на многое претендуют. Они не учитывают внешнюю среду, окружающую систему в целом, а только лишь внешнее окружение соответствующего подразделения. Они могут быть регулятором локального гомеостаза, но система 3 является единственным компетентным регулятором гомеостаза системы в целом, поскольку только она работает на выходных данных системы 4. Понятно, что изученные до сих пор системы 1 и 2 представляют собой управление работой подразделений и их взаимодействием, основываясь на предположении, что подразделения знают все необходимое относительно адаптации и развития всей фирмы. Но на самом деле они этого не знают.

Довольно легко предложить примеры поведения всей фирмы в целом, которое (из-за новизны, иерархичности, эволюционности) не может быть адекватно представлено в рамках системы 2 с ее образцовыми моделями, хотя они могут общаться с системой 1 через соматическую систему. Конечно, директорат подразделений поймет их сообщения, поскольку он сам участвует в управлении действиями всей фирмы. Проблема заключается в том, что такие центры регулирования не организованы таким образом, чтобы осуществлять подобную необычную деятельность. Они, в частности, не организованы так, чтобы заниматься не только собственной работой, но и делать что-нибудь другое. Здесь мы вновь сталкиваемся с проблемой необходимого разнообразия.

Решение, полученное из автономной нервной системы, заключается в прямом парасимпатическом доступе к действиям подразделения. Здесь под наблюдением локального директората можно создать абсолютно другие модели управления (другие в том смысле, что они будут справляться с теми аспектами дел, с которыми не справляется система 2).

Динамическая модель текущей внутренней работы фирмы должна синтезироваться именно на этом уровне и предоставлять инструмент управления внутренней стабильностью фирмы.

Последнее замечание относительно системы 3 касается *наличия фильтра восходящей информации*, который моделирует ретикулярную формацию системы головного мозга.

Подготовка информации для передачи на третьем уровне наверх заключается в ее фильтровании. Должны быть установлены статистические критерии, позволяющие любую восходящую алгедоническую информацию на вертикальной

оси не только просто воспринимать гомеостазом комплекса P-Q-R-S при выполнении его собственных функций, поскольку иначе она потеряется в подразделении Р как идущее вверх свидетельство прежде всего эффективности функционирования гомеостаза, а не об отдельных внутренних событиях.

Таким образом, *система 3 несет ответственность за внутреннюю стабильность и текущую деятельность фирмы, осуществляя управление «внутри и сейчас».*

Пример 1: *Внутреннее равновесие компании Сита было восстановлено следующим образом:*

- 1) *предоставлена автономность отделам;*
- 2) *назначен финансовый директор и начальник отдела кадров;*
- 3) *в главном офисе и производственных отделах созданы информационные системы для ведения ежедневной статистики эффективности;*
- 4) *обеспечено еженедельное поступление деловой информации ко всем сотрудникам.*

Сочетание локальной автономии, улучшенных информационных систем и новых систем 2 и 3 способствовало восстановлению равновесия на фирме.

Пример 2: *Изучение внутренней среды компании по производству продукции и хранению ее на складах показало, что установление точных информационных систем поможет восстановить внутреннее равновесие фирмы.*

Пример 3: *Традиционный подход опирается на то, что совместная работа складов эффективна при наличии иерархической системы управления (назначить 3-х администраторов под руководством генерального директора). Но тогда возникают сложности с автономией складов и их способностью взаимодействовать с собственными средами. Рассмотрим другие альтернативы:*

- 1) *области поставки проектировать таким образом, чтобы склады не конкурировали;*
- 2) *проводить ревизии и аудит;*
- 3) *изучать обмен товарами между складами.*

Как только все это будет сделано, потребность в авторитарной системе полностью отпадет, и системы 2 и 3 смогут разрабатываться относительно легко.

При анализе VSM нужно обязательно обращать внимание на следующие моменты:

1) *Операционные модули должны быть подотчетны системам 2 и 3. Кроме того, соответствующая информация должна доходить до адресатов – операционных элементов.*

2) *Система 3* осуществляет ревизии и аудит работы системы 1. Это так называемая информационная служба системы 3, предназначенная для контроля над текущим состоянием операционного элемента и исполнением задания системы 2.*

3) *Система 3* для корректного принятия решения и своевременной выработки управляющих воздействий для системы 1 должна иметь своевременную и полную информацию о состоянии операционных элементов. В противном случае система 3 будет принимать решения в условиях неопределенности. Такая ситуация сравнима с состоянием слепого, находящегося на главной улице города.

4) *Информационная система* все время должна быть готова к генерации алгедонических сигналов, которые должны возникать при резкой смене ситуации, а также когда требуется вмешательство системы 3.

5) Т.к. *система 4* предназначена для выработки стратегии фирмы на будущее с учетом текущей ситуации на рынке, то уместно будет сказать, что при изменении ситуации она незамедлительно должна принять участие в выработке решения. Кроме того необходима соответствующая реализация внутрисистемных связей и наличие инструментальных средств для работы с ними.

Все выше описанные требования для своего корректного выполнения требуют *наличие работоспособной и многогранной информационной системы*.

Традиционно при проектировании информационной системы для конкретной фирмы специалист учитывает поступление только финансовой информации от операционных элементов, а информацию о состоянии объектов и многое др. не учитывает. Таким образом, при несоответствующей организации информационной системы фирмы можно потерять свои денежные средства.

Другой аспект, который необходимо учитывать, это избыточная информация, поступающая от операционных элементов. Т.к. в каждой модели присутствуют связи, то через них идет поток информации, необходимой при работе с системой. *Исключение избыточной информации – первоочередная задача информационной системы*, а должное исполнение этой информации – индикатор эффективности ее применения.

Как уже было сказано, сведения о том, что все хорошо не нуждаются в пересылке. Информация для отправки должна генерироваться только в случае изменения ситуации.

Информационные системы, используемые в VSM, существенно отличаются от традиционных систем.

Они основаны на *индикаторах эффективности*, которые измеряют любые изменения в рамках каждого операционного элемента. При возникновении существенного изменения этот индикатор мгновенно сгенерирует сообщение управляющей системе о необходимости принятия решения.

Эти индикаторы работают круглосуточно и тем самым обеспечивают идентификацию проблемы в день ее появления.

При нормальной работе фирмы цикл производства является замкнутым по отношению к работнику и продукции, т.е. работник выполняет поставленное перед ним задание и получает за это деньги. Что же касается продукции, то в этом случае также имеется замкнутый цикл производства. Такие циклы

завершаются так называемыми системами вознаграждений и поощрений, что позволяет фирме создавать прибавочную стоимость. Применяется также система наказаний за невыполненную работу: штрафуются субъект предпринимательской деятельности, который виновен в невыполнении задания.

Пока действует система штрафов и поощрений, система может не волноваться за выполнение заданий, но как только возникает конфликт, тут же появляется необходимость вмешательства систем 2 и 3 для своевременного исправления ошибок.

Пример: Над уже знакомой нам компанией *Sita* были проведены экспериментальные работы:

1) *Операционный модуль – отдел, занимающийся упаковкой продукции. Этому отделу были предоставлены максимальные полномочия в сфере самоуправления и контроля, однако этот отдел подчиняется всей системе.*

2) *Индикаторы эффективности – элементы системы 1, которые постоянно сравнивают текущее состояние системы с запланированным, и при обнаружении каких-либо существенных отклонений генерируют сигнал системам 2 и 3 для принятия управленческого решения. Этот индикатор вычисляет производительность, убытки системы, подсчитывает количество запасов и готовой продукции на складах, определяет моральное состояние рабочего персонала фирмы на начало и конец дня.*

3) *Алгедонические сигналы – сигналы, которые генерируются системой только в случае каких-то неполадок.*

Все это свидетельствует о наличии какой-то проблемы на производстве. Так, например, запасы комплектующих изделий могут быть велики, но это объясняется очень низкой производительностью труда.

Так что, если в системе присутствуют даже незначительные колебания, на это стоит обратить внимание, т.к. это не является причиной для генерации алгедонических сигналов. С этими колебаниями операционные элементы справятся сами, и вмешательство систем 2 и 3 в этот процесс не потребуется, однако при их наличии эти системы немедленно должны что-то предпринять для изменения сложившейся ситуации.

«Киберфильтр»

«Киберфильтр» – компьютерная программа, которая предназначена для фильтрации входящих алгедонических сигналов и верной их интерпретации. Эта программа занимается тем, что анализирует состояние системы в конце каждого дня, принимая во внимание все изменения, произошедшие в системе. При наличии существенных отклонений «Киберфильтр» генерирует алгедонические сигналы системе 2 и 3.

Рассмотрим некоторые критические ситуации:

1. Автоматический дозатор

Предположим, что на фирме поврежден механизм дозирования, он каждый раз совершает ошибку в 10%. Никто не обращает внимания на это, хотя от этого и имеется некоторый ущерб.

В конце концов, эта проблема была решена. Было установлено, что данный аппарат совершал ошибки в пределах 2 – 10 %. Очевидно, что данная проблема является чисто инженерной и решается достаточно легко при своевременной ее идентификации. В этом и заключается основное предназначение алгедонических колебаний.

2. Изменения в персонале

После нескольких лет эффективной работы на фирме работники уходят – это естественный процесс. На смену им приходят новые, которые требуют обучения и адаптации. Если система выработки алгедонических колебаний не достаточно совершенна, то она «забьет тревогу»: показатели производства продукции падают! Нам необходимо что-то предпринимать! Но данная ситуация не является проблемной, т.к. персонал достаточно быстро освоится, и производство вновь достигнет исходного уровня. Если же предприняты меры по набору дополнительного количества персонала, то тогда через короткий промежуток времени этим работникам не будет хватать запасов комплектующих изделий для нормального производства и т.д. Приходится увольнять часть работников. От такого рода увольнений на фирме возникают колебания по выпуску продукции.

Резюме

Сущность всех этих размышлений сводится к тому, что надо предоставить некоторую автономию каждому операционному элементу.

Следует обеспечить обратную связь с системой 2 и 3, а также дать возможность отделу самостоятельно изучать сложившуюся ситуацию и принимать адаптационные меры.

Должно также гарантироваться то, что автономия системы 1 не будет нарушена до тех пор, пока она не угрожает целостности всей организации.

Должен быть обеспечен поток только существенной информации, данные о том, что ничего не произошло, не должны поступать в системы 2 и 3.

Пример: Одна из проблем, возникающих с показателями эффективности, заключается в том, что очень трудно измерить такие данные, как внутреннее душевное состояние работника или его моральная удовлетворенность работой.

Одно из решений этой проблемы было предложено фабрикой холодильников «Mondragon».

Они изменили конвейер таким образом, что на каждом участке линии находилась определенная группа рабочих. Они располагались таким образом, чтобы можно было наилучшим образом измерить производительность каждой такой группы. Кроме того, проводились измерения удовлетворенно-

сти трудом. Это позволило фирме поднять производительность труда своих рабочих и тем самым увеличить прибыль организации.

Например, имеется такая ситуация: в городе всю ночь проводился фестиваль. Естественно работники устали, и показатели производительности труда на следующий день значительно упали. Однако это не является причиной для генерации алгедонических колебаний, т.к. общая производительность труда за неделю изменилась незначительно, и нет причин для принятия управленческих решений. Таким образом, это проблема решается достаточно просто: анализ эффективности труда проводится не за каждый день, а за неделю.

Все эти данные находятся под контролем киберсистемы, и алгедонические сигналы возникнут только тогда, когда еженедельная производительность труда опустится ниже допустимой нормы.

Эта система также может иметь дело с менее материальными элементами производства.

Такое взаимодействие может быть налажено в процессе переговоров. Представитель группы рабочих еженедельно встречается с диспетчером, и они обсуждают некоторые моменты относительно показателей эффективности. Например, они обсуждают автономию системы. Рабочие стремятся достичь автономии уровня 9 или 10, управляющая система позволяет установить ее лишь на уровне 5 или 6. В конечном счете, они могут договориться об автономии на уровне 8.

Эта концепция договорных индикаторов эффективности открывает много возможностей. Так в договорном порядке можно быстро и эффективно решить многие возникающие вопросы.

Как проектировать информационную модель

1. Индикаторы эффективности

При определении каждого из индикаторов эффективности необходимо руководствоваться следующим моментом: эти индикаторы должны предоставлять системе данные о произошедших во всех контролируемых параметрах изменениях. Однако такой контроль не должен быть чрезмерно частым, т.е. данные должны поступать только тогда, когда что-то произошло. Таким образом, всегда можно сказать, в каком положении находится фирма, и какие изменения необходимы для ее нормального функционирования.

2. Алгедонические сигналы

Т.к. некоторые изменения неизбежны, то необходима некоторая система, которая бы отслеживала их и своевременно информировала о надвигающейся опасности системы 2 и 3. Для правильной идентификации таких сигналов требуется некоторое время. Следует определить, являются ли эти колебания опасными для системы, и необходимы ли по этому поводу контрмеры. Если эти условия не выполняются, то такие колебания нельзя правильно иденти-

фицировать, и система будет откликаться на посторонние колебания, которые должна была принять за шум.

Если принято решение использовать «Киберфильтр», то это не избавляет от необходимости делать ставку на анализ колебаний и отсеивание шумов.

3. Периоды времени

Каждый индикатор должен анализироваться индивидуально. Т.е. *должен быть определен период времени, на протяжении которого операционный элемент будет сам пытаться решить возникшую проблему, и только по истечении этого срока можно попытаться принять регулирующее воздействие.* Для каждого из элементов этот срок должен быть утвержден индивидуально. Так, например, для анализа убыточности фирмы можно использовать десятидневный период, не обращая внимания на колебания внутри этого цикла.

4. Потеря автономии

Если возникает необходимость вмешательства, то должны быть определены его границы и глубина. Так, например, если структурное подразделение фирмы не справляется с поставленными перед ним задачами, то необходимо вмешательство системы 3, которая должна оптимизировать данный процесс и принять контрмеры по стабилизации положения. При этом, естественно, автономия модуля будет нарушена, но это нарушение будет предпринято в целях спасения фирмы, а значит, вполне целесообразно. Но опять же: границы и условия такого вмешательства должны быть обговорены и утверждены заранее.

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

4.1. Моделирование взаимодействия системы с внешней средой

Системы 1, 2 и 3, как уже было сказано, образуют автономную трех-уровневую систему, предназначенную для поддержания внутренней стабильности системы и для оптимизации ее характеристик в определенных рабочих рамках и по заданным критериям. Успешность работы автономной системы зависит от постоянства потока указаний, направляемых вниз по центральной командной оси из системы принятия решений – системы 5. Условия принятия решения на этом высшем уровне включают в себя информацию о состоянии автономного управления, идущего вверх по центральной оси от системы 3. Система 4 расположена прямо на командной оси между системами 3 и 5, связывая «мозг» организма с его составляющими. Она обеспечивает передачу всех волевых требований мозга вниз, а всей необходимой, отфильтрованной информации о внутреннем состоянии системы вверх.

Однако есть еще один главный компонент информации, необходимой для подготовки решения на высшем уровне, – информация о состоянии окружающей среды фирмы. Все эти данные, поступающие непосредственно из внешнего мира, собираются системой 4 и направляются в систему 5. *Кроме простого сбора информации об окружающей среде к функциям системы 4 относится:*

- 1) расчет предполагаемых значений показателей – характеристик внешнего мира – на основе моделей прогнозирования;
- 2) оценка эффективности различных альтернативных действий системы в различных ситуациях на основе методов имитационного моделирования.

Т.е. система 4 направляет в систему 5 информацию не только о состоянии внешнего мира, но и о тенденции его изменения, а также предполагаемую реакцию системы на эти изменения.

Взаимосвязь систем 4 и 5 с автономной системой управления 1, 2 и 3 представлена на рис. 4.1.

Таким образом, система 4 обслуживает систему 5 в процессе принятия решений, предоставляя ей необходимую информацию, как о состоянии окружающей среды, так и о внутреннем состоянии жизнеспособной системы.

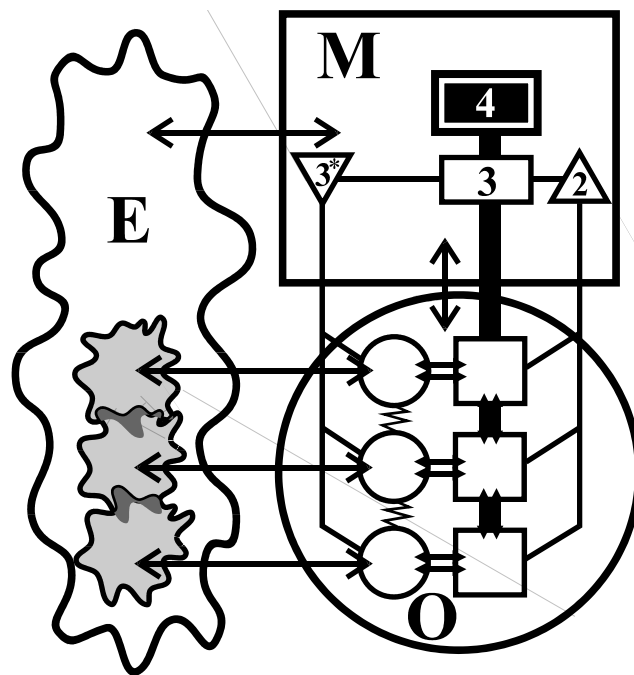


Рис. 4.1. Взаимосвязь систем 4 и 5 с автономной системой управления

Для повышения эффективности принимаемых системой 5 решений, система 4 должна быть разработана в соответствии со следующими требованиями:

- 1) Информация, предоставляемая системами 3 и 4 системе 5 для принятия решений должна быть минимальна. В противном случае система 5 будет перегружена избыточной информацией, отвлекающей ее от основного процесса принятия решений.
- 2) Системы 3 и 4 должны быть максимально взаимосвязаны. В противном случае система 5 будет не только получать информацию независимо от них, но и заниматься ее перепроверкой и сопоставлением.
- 3) Системы 3 и 4 должны иметь одинаковый уровень сложности.

Последнее требование основано на *второй аксиоме управления*: «Разнообразие, генерируемое системой 3 в результате действия первой аксиомы, должно быть равно разнообразию системы 4».

Отсутствие равновесия между системами 3 и 4 нарушает эффективность функционирования системы 5. К примеру, если система 4 имеет большее разнообразие, тогда лица, принимающие решения, получают оценку возможных перспектив, в которой не будет учтено внутреннее состояние жизнеспособной системы. Если же внимание системы 5 будет сосредоточено в большей степени на внутренней эффективности, то жизненно важные сигналы внешнего окружения могут быть упущены из виду. В связи с этим *задачей системы 5* является поддержание равновесия между системами 3 и 4, т.е. *поддержание равновесия между информацией о внутреннем состоянии системы и состоянии окружающей среды*.

Управление на высшем уровне – это забота о разработке планов и, прежде всего, о жизнеспособности системы, адаптации к постоянно изменяющейся окружающей среде. Для эффективного управления система 5 должна не только координировать деятельность систем 3 и 4 и адекватно реагировать на предоставляемую ими информацию, но и иметь возможность реагировать на разнообразие, которое не поглотилось на нижних уровнях управления, т.е. подчиняться *третьей аксиоме управления*: «Разнообразие системы 5 должно быть равно остаточному разнообразию, образованному в результате действия второй аксиомы». Таким образом, *система 4 выполняет задачу непрерывной адаптации к будущим условиям существования*. Для этого ей необходима информация о внешней среде для разработки стратегий и модель внутренних возможностей, чтобы иметь представление об инструментах, имеющихся в распоряжении системы. Целью системы 4 является обеспечение равновесия между внутренними операционными модулями и внешним миром, а также возможность организации приспособиться к изменениям.

В ходе реализации решения, предложенного системой 4 и одобренного системой 5, при возникновении отклонений система 4 осуществляет корректировку предложенной стратегии, опираясь на заданную область маневрирования. Внешние возмущения вызывают в жизнеспособной системе активную адаптацию, заключающуюся в механизме регуляции в процессе распределения и корректировки плана, обеспечивающего реализацию антисипативных качеств. Активная адаптация реализуется посредством этого механизма, эффективность которого определяется глубиной пассивной адаптации. Система 4 вновь предлагает набор решений. Система 3 получает «приказ» о распределении резервов ресурсов, формирующих область маневрирования.

Первоочередной задачей системы 4 является выделение тех частей внешней среды, которые существенны для жизнедеятельности системы. Жизнеспособная система контактирует с двумя типами внешней среды:

- 1) *предсказуемой*, изменения в которой можно наблюдать. Для нее могут быть определены тренды, на основе которых принимаются решения. (Так происходят изменения на рынке большинства отраслей экономики. Организация должна адаптироваться к изменению рыночной среды. Крупные корпораций затрачивают огромные средства на исследование рынка и проведение экспериментов с целью выяснения вкусов и потребностей покупателей.)
- 2) *инновационной*, изменения в которой непредсказуемы. В любой жизнеспособной системе должны приниматься меры предосторожности на случай возникновения неожиданных инновационных изменений.

Однако система 4 занимается не только работой, связанной с изучением внешнего окружения. Она также *отвечает за предоставление жизнеспособной системе информации о ней самой*, формируя, таким образом, представление о системе. В это представление, естественно, должна быть включена и сама система 4, следовательно, в ее задачи входит и видение себя самой «со

стороны». В это представление входит также наиболее существенная для конкретной жизнеспособной системы часть внешней среды. Типичным примером такого представления, согласно Ст. Биру, является пересечение областей интереса планирования продукции, потенциала рынка, технологического развития и технологии производства.

Таким образом, модель системы 4 данного уровня рекурсии содержит модель самой себя, включающую рекурсивную модель системы в целом, включающую модель системы 4 и т. д. Такая бесконечная рекурсия связана с такой характеристикой, как *самосознание жизнеспособной системы*.

Система 4 изучает процессы, происходящие во внешней среде:

- 1) проецирует систему на внешнюю среду, выясняя, какие процессы могут затронуть систему;
- 2) строит модели (тренды) всего происходящего во внешней среде;
- 3) проецирует систему на внешнюю среду, выясняя, какие процессы могут затронуть систему, но уже относительно будущего;
- 4) строит модели (тренды) всего происходящего во внешней среде, но уже относительно будущего.

Система 4 является встроенной частью жизнеспособной системы, и ее главная связь с системой осуществляется через систему 3. Данная связь обеспечивает стабилизацию и оптимизацию внутренней среды, учет внешних угроз и возможностей и внутренних ресурсов системы при планировании. Таким образом, система 4 уделяет внимание процессам, происходящим внутри и вне системы, и на основе анализа обоих потоков информации выдает решения. Необходимым условием этого является наличие двусторонней связи между системами 3 и 4 (орган адаптации жизнеспособной системы). Будучи подотчетной, система 4 передает собранную и обработанную информацию, а также возможные варианты решений системе 5.

Следует отметить, что система 4 существует всегда, даже если она не обозначена в такой специфической форме, как это сделано в данной книге. Ее всегда можно обнаружить по совокупности действий. Она может быть распределенной, может «подпитывать» верхний уровень принятия решений. Это дает право считать, что система 4 должна содержать некоторую модель данной корпорации.

Нет сомнения в том, что такая модель может быть скорее распределенной, т. е. отображающей деятельность достаточно больших обособленных групп людей, чем единой и хорошо сформированной. Конечно, в этом случае никто не может представить ее в виде общей модели или сослаться на нее как на таковую. Тем не менее, у фирмы должна быть общая модель. В противном случае высшее руководство не будет иметь представления о том, какой фирмой оно управляет. Представление высшего руководства о фирме, если сформировать его без строгих научных обоснований, будет представлять собой именно такую модель.

Предположим, что корпорация пытается создать филиал. Тут могут быть использованы два источника капитала. Во-первых, можно взять деньги из запасов корпорации, т. е. из прибылей всех компаний, входящих в корпорацию. Во-вторых, средства могут быть получены путем займа. Новая фирма заработает на этом капиталовложении в соответствии со своими коммерческими планами, и тогда будет два результата: выручка и амортизационные отчисления. Разница между ними образует приток капитала новой фирмы. Он в свою очередь делится на три части: налог, дивиденды (уплачиваемые держателям акций) и капитал, используемый корпорацией на другие цели. Последний ресурс используется двояко: на новые капиталовложения в новую фирму и на другие нужды корпорации. Все это показано на рис. 4.2 (время течет слева направо).

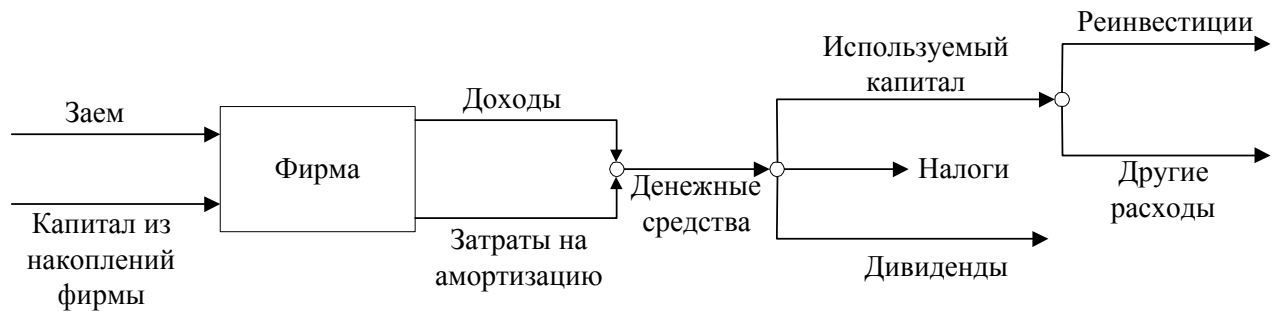


Рис. 4.2. Распределение денежных средств при открытии новой компании

Но что случится с этой «моделью корпорации» к концу первого периода, когда произойдет повторное инвестирование? Представленная схема становится бесполезной, поскольку следующее инвестирование оказывается за ее пределами. Это означает, что схема должна перестраиваться для следующего цикла инвестирования, поскольку начнется новый ввод капитала. Более того, когда с годами коммерческая деятельность новой фирмы сбалансируется, потребуется третья схема. В этом случае большая часть входных активов будет получена за счет выходных результатов деятельности фирмы.

Все это заставляет признаться, что перед нами не очень эффективная модель корпорации. Три таких схемы удовлетворяют поставленной цели, но очевидно, что они не отражают общую динамику фирмы, иначе не пришлось бы переделывать схему всякий раз, когда фирма изменяет свое поведение в процессе постепенного развития.

Роль системы 5

Например, есть система, которая замечательно работает с модулями 3 и 4, т.е. оптимизации и адаптации. Но возможен такой вариант, когда система 3 для максимальной оптимизации примет решение, которое отклонит общий курс всей модели, а последовательное отклонение повернет его чуть ли не в противоположное направление. Аналогично возможен вариант, когда ради адаптации система 4 изменяет что-либо во внутреннем устройстве модели, например, в системе 1, тем самым переводя систему в состояние, отличаю-

щееся от положенного, отклоняясь от общей цели системы. Именно для *регу-
лирования общего направления системы и предназначена система 5*, которая
отвечает за соблюдение общего курса развития модели, ее приоритетов и за-
дач. Это координационный элемент, который позволит не отклониться от
«политики центра».

Примером такого несоответствия выступает создание в 1984-1986 гг.
калькулятора. Фирма создала очень хороший экземпляр, в котором присутст-
вовали не только арифметические, но и инженерные функции. С точки зре-
ния систем 3 и 4 эта модель была идеальна, но они не учли одного момента –
стоимости этого изделия. По этой причине производство этих калькуляторов
пришлось отложить до разработки более экономичных технологий.

Практически такая же проблема возникла с автомобилями в Англии.
Разработчики не учли экономичности езды и ее продолжительность. Таким
образом, этот проект тоже пришлось оставить до лучших времен.

Очевидно, решение проблем такого рода – задача системы 5.

Контроль

На систему 5 ложится также контроль над взаимодействием систем 3 и 4
(рис. 4.3).

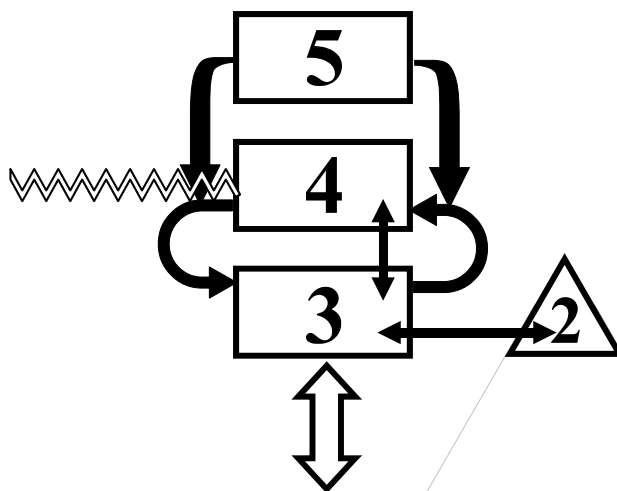


Рис. 4.3. Взаимодействие системы 5 с системами 3 и 4

Система 5 ответственна за разработку политики поведения системы, ос-
новных правил поведения каждого из ее модулей. Система 5 может выражать
мнение всей модели следующим образом: «блок 2 может делать свою работу
только в этих пределах, а блок 3 – в этих», – и эти блоки не могут откло-
ниться от назначенного курса.

Система 5 не должна вмешиваться в повседневную работу организации,
но она должна присутствовать при выполнении каждого задания и проводить
анализ их выполнения на предмет отклонения от установленного направле-
ния развития.

Пример 1: маленькая фирма

При рассмотрении маленькой фирмы системы 3 и 4 – это одни и те же
люди, и поэтому связь между этими системами уже обеспечена на долж-

ном уровне. Однако необходимо обеспечить еще и полную информированность этих систем о состоянии операционных элементов, что является залогом успеха.

При распределении ресурсов следует на некоторое время отвлечься от принципа адаптивности.

Пример 2: большая фирма

Для больших предприятий проблема адаптивности и анализа рыночной среды особенно важна. Так некоторые элементы системы функционируют без вмешательства систем 3 и 4, но при этом не теряют своей актуальности и работоспособности. Однако при динамично изменяющихся условиях эксплуатации и рыночной среды нельзя удерживать уровень производства на должном уровне без применения системы 4. Жизнеспособность такой фирмы напрямую зависит от ее способности приспосабливаться к рыночным условиям, и, таким образом, функция адаптации выходит на качественно новый уровень.

3.2 Принятие решений в жизнеспособной системе

При увеличении размера фирмы практически прямо пропорционально изменяется и ее потребность в системе, которая бы координировала общий ход развития фирмы, т.е. разрабатывала «политику» ее поведения во внешней среде (потенциальные клиенты и конкуренты). Для маленькой фирмы такая проблема не стоит особенно остро. Ее можно решить достаточно просто: собирается совет, на котором принимается управляющее решение (системная политика), и все остальные модули в своей работе ориентируются на выработанную политику. Каждая проблема обсуждается до тех пор, пока совет не придет к компромиссу.

Для более крупной фирмы этот процесс содержит гораздо больше трудностей, т.к. при вовлечении каждого из управляющих элементов в процесс принятия решения возникают проблемы. И задача заключается в том, чтобы предотвратить непродуктивные встречи руководства, принять все возможные меры для повышения эффективности принятых решений.

Принятие решений в жизнеспособной системе обеспечивается системой 5. Принятие решений осуществляется на основе информации о внутреннем состоянии системы, которая поступает от системы 3, и информации о состоянии внешней среды, поступающей от системы 4. Система 5 обеспечивает принятие стратегических решений для эффективного функционирования жизнеспособной системы в условиях постоянно изменяющейся внешней среды и ее своевременной адаптации к внешним возмущениям.

В организме человека функции системы 5 выполняет высшая нервная система (кора головного мозга). Система 5 вырабатывает политику поведения, отвечает за своеобразие жизнеспособной системы и обладает высшей властью. Жизнеспособная система должна функционировать как единое це-

лое, двигаясь в одном и том же направлении. Система 5 вырабатывает основные правила и средства принуждения для обеспечения целостности системы.

Как уже говорилось, *система 5 взаимодействует с другими элементами метасистемы*. Суть этого взаимодействия заключается в соблюдении равновесия между информацией, поступающей из внешней среды (посредством системы 4), и информацией о внутренней среде (собранной посредством системы 3) для обеспечения информационной поддержки принятия решений. Система 5 контролирует весь этот процесс и вмешивается только в случае нарушения ключевых принципов (рис. 4.4).

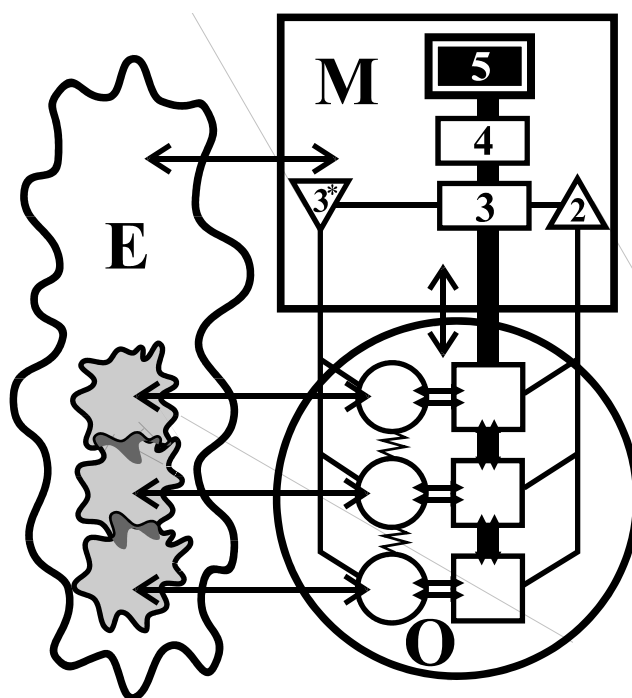


Рис. 4.4. Место системы 5 в модели жизнеспособной системы

Такой тип коммуникаций, реализуемый в жизнеспособной системе, не соответствует принципу построения связей в организации. В модели имеют место замкнутые информационные связи, т.е. это необычная иерархическая модель, в которой используются однонаправленные связи. Вообще говоря, *метасистема жизнеспособной системы* (обычно высший менеджмент) *предназначена для обслуживания функционирования подразделений*. В этом проявляется принципиальное расхождение с традиционным взглядом на управление, когда подразделения просто выполняют приказы директора.

Таким образом, система 5 определяет политику, которая представляет собой базовые правила, касающиеся всех элементов жизнеспособной системы. Ст. Бир назвал эти правила «*этосом*». Согласно Биру, базовые правила вводятся системой 5 не столько прямым их установлением, сколько посредством создания корпоративной атмосферы (этоса). Этос выступает в качестве «губки», поглощающей разнообразие, что помогает системе 5 справляться с возложенными на нее обязанностями по управлению.

Этос связан, в частности, со сложным взаимодействием систем 4 и 3, которое является потенциально нестабильным и должно контролироваться метасистемой. Контроль над этой «логической смычкой» – первая функция системы 5. Вторая функция – наблюдение за процессами, происходящими в системе, которые не должны выходить за рамки, очерченные политикой системы. Выделенные функции не лишают систему 5 права воплощать в жизнь какие-либо проекты. Однако определение системы 5 как самого важного звена жизнеспособной системы является ошибочным. Согласно концепции Ст. Бира все элементы жизнеспособной системы взаимозависимы, и поэтому приращение какому-либо из них большего значения в корне не верно.

Очевидно, что на некотором этапе принимаются решения об инвестициях в системы 4 и 3. Несоблюдение равновесия между ними может иметь нежелательные последствия. При недостаточном внимании к системе 4 продукция может перестать соответствовать требованиям внешней среды. Недостаточное внимание к системе 3 приводит к тому, что при полном соответствии продукции требованиям среды фирма не может ее реализовать из-за недостатка ресурсов или неудовлетворительного соотношения цена/качество. Решение о финансировании систем 4 и 3 должно приниматься с учетом природы экономической системы и скорости изменения рынка. Это решение принимает система 5.

Как определено структурой жизнеспособной системы, на пути информации о внутренней и внешней среде к системе 5 установлено множество «фильтров», снижающих разнообразие. Возникает опасность того, что система 5 не отреагирует на некоторые критические события в системе. Для предотвращения этого в жизнеспособной системе используется алгедонический сигнал. Он отделяет восходящий сигнал, который обычно проходит через метасистемные фильтры и, используя собственный алгедонический фильтр, определяет, нужно ли предупреждать напрямую систему 5. Алгедонический фильтр является обучающимся, поскольку невозможно указать четкие критерии, определяющие, должен ли сигнал напрямую передаваться системе 5 или проходить через фильтры метасистемы. Причина этого кроется в сложности любой экономической системы и в индивидуальности характеристик каждой конкретной фирмы. Если алгедонод будет чересчур «чувствительным», то система 5 будет постоянно находиться в возбуждении и не сможет работать. Аналогично, если алгедонод будет передавать лишь чрезвычайно «опасные» сигналы, то система 5 сможет получить сигнал только тогда, когда уже не будет возможности исправить положение. «Обучение» реализуется следующим образом: при частых сигналах тревоги система 5 «утомляется» и перестает реагировать на слабые сигналы; в случае, когда сигналы поступают редко система 5, «отдохнув», начинает реагировать на более слабые сигналы. Этот механизм позволяет в критические для жизнеспособной системы периоды не обращать внимание на незначительные «повреждения», сосредотачиваясь на жизненно важных участках. В периоды от-

носительного покоя жизнеспособная система способна реагировать на слабые алгедонические сигналы и устранять более мелкие нарушения во внутренней среде.

Таким образом, система 5 в VSM осуществляет контроль над взаимодействием системы 4 (сбор данных о среде, генерация стратегий) и системы 3 (контроль над работой операционных модулей, поиск путей создания синергии). В случае, когда равновесие соблюдается, и процессы в системе протекают в русле установленных принципов, система 5 является только наблюдателем.

В заключение следует отметить, что система 5 является высшей системой управления метасистемы, которая, согласно принципу рекурсии, является блоком управления системы 1 жизнеспособной системы более высокого уровня рекурсии. При этом система следующего уровня рекурсии также должна соответствовать всем принципам построения жизнеспособных систем, изложенным выше.

Пример 1:

Компания «Сита» достаточно подробно уже рассматривалась на предыдущих страницах этой книги, но имеет смысл вернуться к этому примеру опять. Системная политика такой компании может выглядеть следующим образом: мы ограничиваем возможность принятия решений на местах, тем самым, обеспечивая четкое исполнение предписанных системой 5 положений. Однако этот способ не является универсальным, поскольку можно не учесть положительных моментов, возникающих при предоставлении операционным элементам большей автономии. Любое изменение в работе каждого операционного элемента должно обсуждаться на общем собрании директоров компании, при этом необходимо учитывать такой фактор, как инновации в рассматриваемой сфере. Однако существует ряд претензий и критик в адрес этого подхода к решению данной проблемы. Они основаны на том, что технология такого процесса выработана не до конца, над ней и сейчас активно работают. И уже на данном этапе это не является проблемой, на которую стоит обращать внимание.

Пример 2:

Крупные фирмы для выработки системной политики используют самые различные способы. На одних созывают собрания директоров, на других существует специальный отдел в управляющей структуре фирмы. Т.е. существует множество способов решения данной проблемы. При использовании собраний, необходимо определиться со сроком их созыва. В основном С. Бир предлагает практиковать ежемесячные встречи высшего руководства для анализа решений, принятых советом рангом ниже. В свою очередь этот совет собирается уже раз в неделю для принятия более конструктивных решений по вопросам организации производства и выработки системной политики.

1. Акофф Р.Л., Сасиени М. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1971. – 203 с.
2. Ансофф И. Стратегическое управление: Пер. с англ. – М.: Экономика, 1989. – 352 с.
3. Бир Ст. Кибернетика и управление производством. – М.: Наука, 1965. – 389 с.
4. Большие системы. Теория, методология, моделирование / Под. общ. ред. Иванова А.М. – М.: Наука, 1971. – 350 с.
5. Боумэн Клифф. Основы стратегического менеджмента: Пер. с англ. – М.: Банки и биржи, 1997. – 175 с.
6. Бурков В.Н. Экономические механизмы управления производством. – М.: МФТИ, 1996. – 32 с.
7. Виноградский С.Б., Овечко А.В., Петренко В.Л. Концепция адаптивного менеджмента фирмы // Вісник Донецького університету. Серія В. Економіка і право. – №3. – 1999. – С.131-137.
8. Виссема Х. Менеджмент в подразделениях фирмы: Предпринимательство и координация в децентрализованной компании. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 287 с.
9. Гхосал А. Прикладная кибернетика и ее связь с исследованием операций. – М.: Радио и связь, 1982. – 128 с.
10. Забродский В.А., Иващенко П.А., Скурихин В.И. Методы организации адаптивного планирования и управления в экономико-производственных системах. – К.: Наукова думка, 1980. – 272 с.
11. Забродский В.А., Кизим Н.А. Развитие крупномасштабных экономико-производственных систем. – Харьков: Бизнес Информ, 200. – 72 с.
12. Забродский В.А., Кизим Н.А., Янов Л.И. Современные методы организации и управления промышленным производством. – Харьков: АО «Бизнес Информ», 1997. – 64 с.
13. Забродский В.А., Клебанова Т.С., Скурихин В.И. Анализ и предубеждение дестабилизации функционирования предприятий. – К.: Манускрипт, 1994. – 77 с.
14. Кобринский Н.Е., Майминас Е.З., Смирнов А.Д. Экономическая кибернетика. – М.: Экономика, 1982. – 166 с.
15. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы. – М.: Высш. шк., 1980. – 287 с.
16. Ланкастер К. Математическая экономика. – М.: Советское радио, 1972. – 464 с.
17. Лысенко Ю.Г. Модели управления хозрасчетным промышленным предприятием. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 208 с.
18. Лысенко Ю.Г., Петренко В.Л., Тимохин В.Н. и др. Экономическая динамика: Учебное пособие; Донецкий гос. ун-т. – Донецк: ДонГУ, 2000. – 176 с.
19. Лэсдон Л.С. Оптимизация больших систем. – М.: Наука, 1975. – 432 с.
20. Месарович М., Такаха Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978. – 123 с.

21. Михайлов В.С. Теория управления. – К.: Выща шк., 1988. – 312 с.
22. Моришима М. Равновесие, устойчивость, рост. – М.: Наука, 1972. – 235 с.
23. Нейлор Дж. Машинные эксперименты с моделями экономических систем / Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 500 с.
24. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность). – М.: Советское радио, 1977. – 216 с.
25. Петренко А.А., Петренко В.Л., Лысенко Ю.Г., Орлов А.А. Концепция адаптивного управления рисками в производственно-экономических системах / НАН Украины; Институт экономики промышленности. – Донецк, 1997. – 36 с.
26. Петренко В.Л., Денисов В.И. Концепция и моделирование адаптивной системы управления проектами / НАН Украины; Институт экономики промышленности. – Донецк, 1997. – 32 с.
27. Петренко В.Л. Технология адаптивного планирования в производственно-экономических системах. – Донецк: ИЭП АН Украины, 1991 – 32 с.
28. Петренко В.Л., Тимохин В.Н. Исследование динамики адаптивных экономических моделей. Модели управления в рыночной экономике: Сб. науч. тр. – Донецк: ДонГУ, 1998. – С. 265-271.
29. Соколов В.Г., Смирнов В.А. Исследование гибкости и надежности экономических систем. – Новосибирск: Наука, 1990. – 252с.
30. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия / Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1971. – 466 с.
31. Экономическая кибернетика: Учебник; Донецкий гос. ун-т. – Донецк: ДонГУ, 1999. – 397 с.
32. Энциклопедия кибернетики (в двух томах). Том 1. – Киев, Изд.-во Главная редакция Украинской советской энциклопедии, 1975 – 607 с.
33. Энциклопедия кибернетики (в двух томах). Том 2. – Киев, Изд.-во Главная редакция Украинской советской энциклопедии, 1975 – 619 с.
34. Эшби У.Р. Введение в кибернетику / Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. – 432 с.
35. Forrester Jay W. Industrial Dynamics. New York – London: Massachussets Institute of Technology and Jon Wiley and Sons, 1961. – 340 p.
36. Lloyd C., Rapport D., Turner J.E. The Market Adaptation of the Firm / Adaptive Economic Models. – Academic Press, Inc. (London) Ltd. 1989. – PP. 3-26.
37. St. Beer. Brain of the firm. 2nd edition. John Wiley & Sons Ltd. 1972, 1994 – 418 p.
38. St. Beer. Decision and Control. The meaning of operational research and management cybernetics. John Wiley & Sons Ltd. 1966, 1988. 556 p.
39. St. Beer. Diagnosing the system for organizations. John Wiley & Sons Ltd. 1985, 1996. – 152 p.
40. St. Beer. Platform for change. John Wiley & Sons Ltd. 1975, 1995. 470p.
41. St. Beer. The heart of enterprize. John Wiley & Sons Ltd. 1979, 1990 – 584p.