

О.В. Сизова

Общая теория систем

Учебное пособие

Иваново
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ивановский государственный химико-технологический университет

О.В. СИЗОВА

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ

Учебное пособие

Иваново 2013

УДК 303.732(07)

ББК 60.80 я7

С 349

Сизова, О. В.

Общая теория систем: учеб. пособие / О.В. Сизова; Иван.гос. хим-технол. ун-т. – Иваново, 2013. – 101 с.

Учебное пособие содержит краткий обзор основных понятий и категорий общей теории систем, методологические аспекты общей теории систем и основные свойства самоорганизующихся систем, рассмотрен основной состав систем и различные виды блоков управления системами, циклы и переходные процессы в системах, иерархия целей. Приведены вопросы для самооценки знаний и упражнения по изучаемому материалу.

Предназначено для студентов дневной формы обучения по направлению 08.05.00 «Бизнес-информатика».

Табл. 1 Ил. 18. Библиогр.: 16 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета

Рецензенты:

доктор технических наук В.Я. Жарницкий (ФГБОУ ВПО Московский государственный университет природообустройства); кандидат экономических наук Е.Е. Гольшева (ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»)

© Сизова О.В., 2013

© ФГБОУ ВПО «Ивановский
государственный химико-
технологический университет», 2013

Оглавление

Введение.....	4
Тема 1. Краткий очерк истории развития системных представлений.....	9
Тема 2. Основные понятия общей теории систем.....	17
Тема 3. Основные свойства самоорганизующихся систем.....	23
Тема 4. Методологические аспекты ОТС.....	31
Тема 5. Основной состав систем.....	38
Тема 6. Простейший блок управления (прямая положительная связь)	43
Тема 7. Простой блок управления (отрицательная обратная связь).....	50
Тема 8. Циклы системы и переходные процессы.....	57
Тема 9. Эволюция систем. Сложный блок управления.....	62
Тема 10. Самообучающийся блок управления. Сигнальные системы.....	68
Тема 11. Иерархия целей и систем. Образование систем.....	75
Тема 12. Эволюция нашего Мира.....	84
Заключение.....	96
Библиографический список.....	100

Введение

В современном обществе системные представления уже достигли такого уровня, что мысль о полезности и важности системного подхода к решению возникающих в практике проблем вышла за рамки специальных научных истин и стала привычной, общепринятой. Уже не только ученые, но и инженеры, педагоги, организаторы производства, деятели культуры обнаружили системность собственной деятельности и стараются осуществлять свою работу осознанно системно. Широко распространилось понимание того, что наши успехи связаны с тем, насколько системно мы подходим к решению проблем, а наши неудачи вызваны отступлениями от системности.

Человек – активная часть природы. Добиваясь своих целей, человек использует природу, воздействует на нее, преобразует ее и себя. Без преувеличения можно сказать, что самым важным и самым интересным для человечества кругом вопросов являются вопросы о возможностях человека в его отношениях с природой, о способах реализации этих возможностей, о факторах, способствующих и препятствующих расширению этих возможностей.

Начнем с рассмотрения практической деятельности человека, т.е. его активного и целенаправленного воздействия на окружающую среду. Наша первая задача – показать, что человеческая практика системна. Впоследствии мы будем подробно и всесторонне рассматривать признаки системности, а сейчас отметим только самые очевидные и обязательные из них: *структурированность системы, взаимосвязанность составляющих ее частей, подчиненность организации всей системы определенной цели*. По отношению к человеческой деятельности эти признаки и в самом деле очевидны, поскольку каждый из нас легко обнаружит их в своем собственном практическом опыте. Всякое наше осознанное действие преследует определенную цель (пока оставим в стороне неосознанные действия). Во всяком действии легко увидеть его составные части, более мелкие действия. При этом легко убедиться, что эти составные части должны выполняться не в произвольном порядке, а в определенной их последовательности. Это и есть та самая определенная, подчиненная цели взаимосвязанность составных частей, которая и является признаком системности.

Другое название для такого построения деятельности – *алгоритмичность*. Понятие *алгоритма* возникло сначала в математике и означало задание точно определенной последовательности однозначно понимаемых операций над числами или другими математическими объектами. В последние годы стала осознаваться алгоритмичность любой деятельности, и уже всерьез говорят не только об алгоритмах принятия управленческих решений, об алгоритмах обучения, алгоритмах игры в шахматы, но и об алгоритмах изобретательства, алгоритмах композиции музыки. Подчеркнем, что при этом делается отход от математического понимания алгоритма: сохраняя логическую принудительность последовательности действий, мы допускаем, что в алгоритме данной деятельности могут присутствовать и такие действия, которые не формализованы; важно лишь, чтобы этот этап алгоритма успешно выполнялся человеком, хотя и не осознанно.

Здесь важными являются следующие моменты. Во-первых, всякая деятельность алгоритмична. Во-вторых, не всегда алгоритм реальной деятельности осознается (композитор сочиняет музыку, шофер мгновенно реагирует на изменения дорожной обстановки, вратарь ловит в броске мяч – “не думая”). В-третьих, в случае неудовлетворенности результатом деятельности возможную причину неудачи следует искать в несовершенстве алгоритма. Это означает – пытаться выявить алгоритм, исследовать его, искать “слабые места”, устранять их, т.е. совершенствовать алгоритм и, следовательно, повышать системность деятельности. Таким образом, явная алгоритмизация любой практической деятельности является важным средством ее развития.

Перейдем теперь к другой задаче – показать, что роль системных представлений в практике постоянно увеличивается, что растет сама системность человеческой практики. Последнее можно проиллюстрировать многими примерами, но поучительно сделать это на несколько схематизированном примере проблемы повышения производительности труда.

Одна из важнейших особенностей общественного производства состоит в непрерывном росте его эффективности и, прежде всего, в повышении производительности труда. Подчеркнем, что этот процесс роста очень сложен, многогранен, но его итог выражается, овеществляется в развитии средств труда и методов его организации.

Простейший и исторически первый способ повышения эффективности труда – *механизация*. Человек вооружается *механизмами* – от простейших орудий и приспособлений, приводимых в действие мускульной силой, до сложнейших машин со встроенными в них двигателями. С помощью механизмов и машин один человек выполняет физическую работу, которую без них пришлось бы выполнять многим людям.

Механизация позволяет решать многие проблемы. Однако механизация имеет естественный предел: работой механизмов управляет человек, а его возможности ограничены физиологически. Нельзя делать лопату слишком широкой – поднимать ее придется человеку. Машина не должна иметь слишком много приборов-индикаторов и рычагов управления: у человека всего два глаза и две руки. Скорость реакции человека ограничена, поэтому механизация очень быстрых процессов бессмысленна. Короче говоря, сам человек является “узким местом” механизации.

Решение проблемы состоит в том, чтобы вообще исключить участие человека из конкретного производственного процесса, т.е. возложить на машины не только выполнение самой работы, но и выполнение операций по регулированию хода, течения процесса работы. Технические устройства, объединившие эти две функции, называются *автоматами*.

В соответствии с этим второй способ повышения производительности труда получил название *автоматизации*.

Автоматы полностью освобождают человека от выполнения данной работы. Они могут иметь разную сложность и выполнять разнообразные работы. В быт вошли торговые и игровые автоматы, автоматическая телефонная связь, в промышленности уже существуют целые автоматические линии, цехи и заводы,

развивается промышленная и транспортная робототехника. Расширенные возможности представляют перестраиваемые, многофункциональные автоматы, среди которых особое место занимают ЭВМ. Автоматизации поддаются все более сложные работы, в том числе такие, которые прежде выполнялись только в виде мыслительной деятельности. Это опять-таки вызывается объективной необходимостью. А.И. Берг приводил данные, что если бы плановые, экономические и финансовые органы нашей страны обрабатывали всю информацию по старому, на счетах и арифмометрах, то сейчас все трудоспособное население страны должно было бы работать “в бухгалтериях”. Этого не произошло – благодаря автоматизации с помощью ЭВМ.

Однако очень важно понять, что автоматизировать, т.е. полностью возложить на машину, можно только те работы, которые детально изучены, подробно и полно описаны, в которых точно известно, что, в каком порядке и как надо делать в каждом случае, и точно известны все возможные случаи и обстоятельства, в которых может оказаться автомат. Только при таких условиях можно сконструировать соответствующий автомат, и только в этих условиях он может успешно выполнять работу, для которой предназначен. Пользуясь уже знакомой нам терминологией, можно сказать, что автомат реализует некоторый алгоритм (в математическом смысле этого слова), и если алгоритм в какой-то своей части неправилен или неточен либо встретилась ситуация, не предусмотренная алгоритмом, то поведение автомата не может соответствовать целям его создания.

Итак, автоматизация является мощным средством повышения производительности труда: по мере совершенствования наших знаний о тех или иных производственных процессах последние могут быть автоматизированы во все большей степени. Однако и у автоматизации, в свою очередь, существует естественный предел: в реальной жизни часто приходится сталкиваться с неподвижными условиями и с невозможностью полной формализации многих практических действий.

Наиболее остро такие проблемы возникают в процессе руководства человеческими коллективами, при управлении производственными системами, при проектировании и эксплуатации крупных технических комплексов, при вмешательстве (например, медицинском или исследовательском) в жизнедеятельность человеческого организма, при воздействии человека на природу, т.е. в тех случаях, когда приходится взаимодействовать со сложными системами. Повышение эффективности такого взаимодействия является как объективной, так и субъективной необходимостью, и, естественно, человечество вырабатывает способы решения возникающих при этом проблем.

Совокупность таких способов представляет собой третий уровень системности практической деятельности человека. Этот уровень можно назвать *кибернетизацией*, поскольку кибернетика первой среди других подходов стала претендовать на научное решение проблем управления сложными системами.

Основная идея разрешения проблем, связанных со сложными системами, состоит в том, чтобы в тех случаях, когда автоматизация (т.е. формальная алгоритмизация) невозможна, использовать ту человеческую способность, кото-

рая именно в таких случаях проявляется и которая называется *интеллектом*: способность ориентироваться в незнакомых условиях и находить решение слабо формализованных задач (сказочный герой мог решать даже такую задачу: “Пойди туда, не знаю куда, принеси то, не знаю что”). При этом человек выполняет именно те операции в общем алгоритме, которые не поддаются формализации (например, экспертная оценка или сравнение многомерных и неколичественных вариантов, принятие управленческих решений, взятие на себя ответственности). Именно на этом принципе строятся автоматизированные (в отличие от автоматических) системы управления, в которых формализованные операции выполняют автоматы и ЭВМ, а неформализованные (и, возможно, неформализуемые) операции – человек. Этот путь, следовательно, состоит в разумном использовании естественного человеческого интеллекта.

Однако на этом возможности кибернетизации не кончаются, а, скорее, лишь начинаются. Вполне логично, в духе лучших научных традиций, возникает вопрос: нельзя ли смоделировать интеллектуальные возможности человека – хотя бы в той части, которая необходима для выполнения конкретных, пусть частных, интеллектуальных операций? Здесь опыт науки и техники подсказывает два пути: “подглядеть” у природы алгоритмы интеллектуальной деятельности (т.е. изучать естественный интеллект) либо “изобрести” эвристически алгоритм предположительно с интеллектуальными свойствами и исследовать, что это даст (т.е. конструировать интеллект искусственно).

Рассматривая объективные причины возникновения и факторы развития системных представлений, необходимо отметить объективные особенности человеческого мышления. Покажем, что сам процесс познания систем и что знания, добытые человечеством, также системны.

Современные представления об окружающем нас мире позволяют говорить об его бесконечности в пространстве и времени, о возможности неограниченного расширения и углубления наших знаний о любом объекте, сколь бы велик или мал он ни был. Человек существует конечное время и располагает конечными материальными, энергетическими и информационными ресурсами. И все же человечеству удается познавать мир и, как показывает его практика, познавать верно. А. Эйнштейн отмечал, что самое удивительное в природе то, что она познаваема.

Противоречия между неограниченностью желаний человека познать мир и ограниченностью существующих возможностей сделать это, между бесконечностью природы и конечностью ресурсов человечества имеют много важных последствий, в том числе и в самом процессе познания человеком окружающего мира.

Одна из таких особенностей познания, которая позволяет постепенно, поэтапно разрешать эти противоречия, – наличие аналитического и синтетического образов мышления. Суть *анализа* состоит в разделении целого на части, в представлении сложного в виде совокупности более простых компонент. Но чтобы познать целое, сложное, необходим и обратный процесс – *синтез*. Это относится не только к индивидуальному мышлению, но и к общечеловеческому знанию.

Аналитичность человеческого знания находит свое отражение в существовании различных наук, в продолжающейся дифференциации наук, во все более глубоком изучении все более узких вопросов, каждый из которых сам по себе, тем не менее, интересен, важен и необходим. Вместе с тем столь же необходим и обратный процесс синтеза знаний. Так возникают “пограничные” науки типа биохимии, физикохимии, биофизики или бионики. Однако это лишь одна из форм синтеза. Другая, более высокая форма синтетических знаний реализуется в виде наук о самых общих свойствах природы. Философия выявляет и отображает все (любые) общие свойства всех форм материи; математика изучает некоторые, но также всеобщие, отношения. К числу синтетических относятся и системные науки: кибернетика, теория систем, теория организации и др. В них необходимым образом соединяются технические, естественные и гуманитарные знания.

Итак, расчлененность мышления (на анализ и синтез) и взаимосвязанность этих частей являются очевидными признаками системности познания.

Ныне системность понимается не только как свойство человеческой практики (включающей и внешнюю активную деятельность, и мышление, и даже пассивное созерцание), но и как *свойство всей материи*. Системность нашего мышления вытекает из системности мира. Современные представления позволяют говорить о мире как о бесконечной иерархической системе систем, находящихся в развитии, на разных стадиях развития, на разных уровнях системной иерархии, взаимодействующих друг с другом. Все новые и новые естественнонаучные данные подкрепляют такие представления.

Итак, нет ни одной стороны нашей жизни, которой не касалась бы общая теория систем (ОТС). Любой цельный объект состоит из каких-либо частей, соединенных каким-либо образом. Сообщества людей, живые организмы и их подсистемы, колонии насекомых, залежи минеральных ископаемых, планетные, звездные и галактические системы, системы радиосвязи и телевидения, атомарные, политические, гуманитарные, экологические и прочие системы. Короче, всё что нас окружает – всё это системы. Понятие «система» пронизывает всё, что наполняет Мир, в котором мы существуем и развиваемся.

Следовательно, ОТС – это общая теория обо всём. Такая теория должна объяснить необходимость существования и устройства всего – от элементарных частиц, атомов и молекул и до всей Вселенной, включая эволюцию человека. Мы видим наш Мир в развитии, следовательно, у него могло быть начало и может быть конец. Если это так, то ОТС должна показать, каким образом возник наш Мир и кто или что создало эту систему, если у него было начало, почему он меняется и по каким законам, почему есть жизнь и её развитие, дать объяснение эволюции всех неживых объектов и видов живых существ, показать направление этой эволюции и её этапы. И если будет и его конец, то ОТС должна показать, каким и почему будет этот конец. А если не было начала и не будет конца Мира, то почему Мир вечный.

Как видим, более грандиозной задачи, чем та, которая стоит перед ОТС, нет ни у какой другой теории. Если Мир сам является системой и заполнен системами, то специалисты всех областей знания, не только физики, электроники

или информдинамики, но и биологии, медицины или, скажем, филологии должны знать ОТС, потому что наше знание – это всегда знание о тех объектах Мира, которые являются системами.

Тема 1. Краткий очерк истории развития системных представлений

Считается, что первые представления о системах возникли в античной философии, выдвинувшей онтологическое истолкование системы как упорядоченности и целостности бытия. Ещё в древнегреческой философии и науке (Евклид, Платон, Аристотель, стоики) разрабатывалась идея системности знания (аксиоматическое построение логики, геометрии). Идеи и представления о системности бытия, начатые в античности, продолжали развиваться как в системно-онтологических концепциях Б. Спинозы и Г. Лейбница, так и в построениях научной систематики XVII – XVIII вв., стремившейся к естественной (а не телеологической) интерпретации системности мира.

История развития системных представлений в науке неразрывно связана с развитием каузальности научного знания. Принцип *каузальности* впервые был четко сформулирован Демокритом, который учил, что все происходящее представляет собой движение атомов, различаемых по форме, величине, расположению и другим характеристикам. Стоики и Эпикур дополнили это учение описанием строгой причинной связи явлений.

В средние века вопрос о причинности в природе и обществе, в связи с господством теологии, совершенно не развивался. И только в Новое время принцип последовательной каузальности природных и даже социальных явлений прочно занял свое место в научной методологии.

Этот переход ознаменовался выходом в 1687 году главного труда И.Ньютона - "Математические начала натуральной философии". Ньютон настаивал на необходимости строго механистического, каузального и математического объяснения природных явлений.

Такая концепция мироздания вытекала из открытого Ньютоном закона всемирного тяготения. С ее помощью долгое время после Ньютона объяснялись многие закономерности не только физического, но и социального уровней мироздания.

Вероятно, следует отметить, что, несмотря на религиозные воззрения самого Ньютона, его концепция до сих пор не потеряла актуальности и во многом определяет методологию современной науки. Именно из-за каузальности ньютоновских построений механистический подход лег в основу построений И.Кеплера, Г.Галилея, Ф.Бэкона, Р.Декарта и многих других выдающихся ученых.

Однако на этом развитие системных представлений о строении мироздания и законах самоорганизации не остановилось. В 1745 году французский философ Ж.О.Ламетри отмечал, что свойства материи - это свойства "...субстанции тел, в особенности организованных...".

В качестве свойств такой субстанции Ламетри выделил не только протяженность (как у Декарта), но и способность приобретать двигательную активность, а также способность чувствовать.

Весьма интересным представляется также вывод Ламетри о значении способности к адаптационному поведению. Более 250 лет назад он писал, что "человек не рождается разумным, он от природы глупее многих животных, но так как он обладает организацией более благоприятной развитию памяти и усвоению знаний, то, если даже инстинкт и проявляется у него позднее, последний достаточно быстро преобразуется в зародыш ума, который, подобно телу, получающему хорошее питание, укрепляется мало-помалу благодаря обработке".

Исходный пункт рассуждений Ламетри заключается в том, что материальный мир *"существует сам по себе"*, у него нет начала и не будет конца, так как элементы материи обладают *"несокрушимой прочностью"*. Заключенная в материи движущая сила (энергия) действует всегда, когда материя выступает в различных *"материальных формах"*. Без формы материя выступает лишь в качестве абстракции, поскольку в действительности она всегда имеет определенные формы.

Ламетри одним из первых выступил против тезиса о неизменности видов в пользу единства живой природы. Речь шла о том, что все нынешние виды представляют собой результат длительного эволюционного перехода по направлению от менее устроенных организмов к более устроенным. Он впервые в мире дал иерархическую схему самоорганизации материи:

1 уровень, когда движение материи лишено целесообразности (объекты неживой природы);

2 уровень, характеризуемый организацией, регулирующей движения тел, направляющей их к самосохранению; на этом уровне нет ни чувствительности, ни субъективных состояний (растения);

3 уровень, на котором существует нервная система и связанные с ней ощущения и чувства (животный мир);

4 уровень организации материи, на котором благодаря совершенствованию мозга материя мыслит (человек).

Ламетри отмечал, что переход от одного уровня к другому, многообразие форм живой и неживой природы имеет в своей основе присущее на всех уровнях универсальное свойство самодвижения. Это положение было сформулировано за 100 лет до выхода в свет работ Дарвина и Клаузиуса.

В качестве следующего значительного этапа развития системного мышления можно выделить философию Гегеля. Гегелевская философия природы включила в себя методологические особенности, отрицаемые механистической философией Ньютона:

- качественное различие между простым поведением, описываемым физическими величинами, и поведением более сложных систем (например, живых существ);

- отрицание возможности сведения этих уровней друг к другу и тезиса о механистичности природы;

- утверждение о наличии иерархии, где каждый верхний уровень предполагает наличие уровня нижнего и т.д.

Позднее основоположник теории самоорганизации И.Р.Пригожин писал, что введенные Гегелем различия между уровнями можно "...считать соответствующими идее возрастающей сложности в природе и понятию времени, обогащающемуся с каждым переходом на более высокий уровень".

Гегель считал, что механика поддается математизации потому, что она наделяет материю одними только пространственно-временными свойствами: "Сам по себе кирпич не убивает человека, а производит это действие лишь благодаря достигнутой им скорости, т.е. человека убивают пространство и время". Человека убивает то, что мы называем кинетической энергией: $mv^2/2$ — абстрактное соотношение, в котором масса и скорость взаимодополняют друг друга. Иначе говоря, удар будет нанесен одинаковой силы, независимо от увеличения массы или скорости кирпича.

Непременным условием математизации Гегель считал взаимозаменяемость. Однако он признавал, что при усложнении описания на уровне физических явлений, включающем более широкий спектр физических свойств, оно уже не выполняется. Кроме того, математизация системных процессов наталкивается на труднопреодолимые препятствия, связанные с несовершенством математического аппарата.

В XIX веке Ч.Дарвин создал учение, легшее впоследствии в основу не только современной биологии, но и западной теории менеджмента (бихевиоризм) и даже социальной философии (социобиологии). Философское значение дарвинизма заключается в попытке каузально-механистического объяснения явления "*целесообразности*", встречающейся в природе и жизни человека.

Начиная с конца XIX века, системная проблематика постоянно находилась в поле зрения науки. Дальнейшее развитие естественно-научных знаний неизменно придерживалось концепции системного строения Вселенной. В качестве иллюстрации этого можно привести множество примеров практически из всех отраслей научного знания: от открытия Д.И.Менделеевым периодической системы элементов до теории относительности А.Эйнштейна.

Особое внимание уделялось вопросам структуры и организации систем. К числу наиболее значимых исследований можно отнести открытие академика Е.С.Федорова, опубликованное в 1891 году. Суть его заключается в том, что хотя любое вещество при определенных условиях кристаллизуется, но в природе может существовать лишь 230 типов кристаллической решетки.

Несмотря на то, что это открытие было совершено в области кристаллографии, его значение для развития системных представлений в науке трудно переоценить. Ключевая мысль открытия Федорова заключается в следующем: *все невообразимое разнообразие природных тел имеет в своей основе весьма ограниченное число исходных форм.*

Это диалектически важное утверждение в равной степени применимо для языковых конструкций, принципов молекулярного строения вещества, музыкальных произведений и любых других систем. Однако Федоров установил и некоторые закономерности развития систем. Основное из них состоит в том, что механизмом системной эволюции является не адаптированность систем, а способность к адаптации (*«жизненная подвижность»*), не стройность структу-

ры, а способность к ее повышению. Федорова вполне заслуженно следует отнести к числу основоположников ОТС.

Можно долго перечислять достижения естественно-научного знания, так или иначе внесшие свой вклад в формирование методологической базы ОТС. Однако есть научная дисциплина, кардинально изменившая представления о строении и эволюции Вселенной.

Эта дисциплина - *термодинамика*. Открытие закона сохранения энергии имело далеко идущие методологические последствия. В их числе можно назвать представление об обществе и человеке как о системах, преобразующих энергию внешней среды.

В 1865 году Р.Ю.Э.Клаузиус сформулировал понятие "*энтропия*". Этот термин позволил выйти за рамки закона сохранения энергии и обозначить принципиальное различие между "*полезными*" обментами энергии и "*диссипированной*" энергией, теряемой необратимо.

Вслед за логическими построениями Ньютона, буквально взорвавшими идеалистическую картину мира, появилась новая концепция мироздания, постепенно внедряющаяся в методологию естественных и общественных дисциплин. Два термодинамических принципа Клаузиуса, перевернувшие сложившуюся систему взглядов, звучат очень просто:

- 1) *энергия мира постоянна;*
- 2) *энтропия мира стремится к максимуму.*

Пригожин пишет по этому поводу: "Возрастающая энтропия перестает быть синонимом потерь. Теперь она относится к естественным процессам внутри системы. Под влиянием этих процессов система переходит в термодинамическое "равновесие", соответствующее состоянию с максимумом энтропии".

В 1878 г. французским ученым Г.Бернаром впервые была сформулирована идея *гомеостаза*. Под гомеостазом он понимал свойство организма поддерживать параметры в определенных границах, основанное на внутренней устойчивости организма к возмущающим воздействиям внешней среды. В 1929 г. американский биолог У.Кеннон предложил использовать термин "*гомеостаз*" в связи с концепцией "*мудрости тела*".

Дальнейшие события развивались по уже известной схеме: методологические достижения естественно-научных дисциплин выступили в качестве основы реформирования общественных наук. Началось все с позитивизма – философского течения, в наибольшей степени испытавшего на себе влияние новой парадигмы.

Философский позитивизм заменил понятие каузальности понятием "*функциональная зависимость*", понятие *причины* - понятием "*совокупность условий*". Этот подход исходит из того, что не существует явлений, зависящих от единственной причины. Отсюда понятие "*причины*", примененное ко всем факторам процесса, идентично понятию "*условия*". Однако для нас гораздо важнее то, что сам принцип каузальности стал одним из основных принципов развития науки XIX – XX веков.

В России значительным шагом в изучении системности стал выход в 1911-25 гг. трехтомного труда яркого представителя русского позитивизма

Л.Л.Богданова «Всеобщая организационная наука (*тектология*)». Научная ценность тектологии связана с идеей Богданова об определенной степени организованности всех существующих объектов и процессов.

В отличие от конкретных естественных наук, тектология была призвана изучать общие закономерности организации систем всех уровней. Явления рассматриваются в ней как непрерывные процессы организации и дезорганизации.

Богданов не дал четкого определения понятия «*организация*». Однако он отмечал, что организованность системы настолько выше, насколько существеннее свойства целого отличаются от свойств его составных частей.

Тектология впервые уделила приоритетное внимание закономерностям развития организации, изучению соотношений устойчивости, роли открытости и обратных связей. При этом Богданов акцентировал внимание на том, что собственные интересы систем могут не только совпадать с интересами системы высшего уровня, но и противоречить им.

Большое внимание Богданов уделил рассмотрению проблемы кризисов, таких моментов в истории систем, когда в них происходит спонтанная перестройка структуры. Он подчеркивал роль моделирования и математики как потенциальных методов решения задач тектологии. По уровню и широте обобщений тектология Богданова сопоставима с традиционной философией, хотя и носит в основном эмпирический характер, опираясь на экспериментальные методы исследования.

Словарь «Русская философия» указывает, что тектология Богданова берет на себя функции философии, но на совершенно ином качественном уровне. Это единственная наука, которая призвана, не только вырабатывать свои методы познания, но еще исследовать и объяснять их.

Поэтому она представляет "*завершение цикла наук*". Тектология была призвана стать фактором перестройки познавательной деятельности через преодоление прогрессирующей научной специализации на основе выдвинутых Богдановым общих понятий.

Достаточно широко системные представления развивались и в западной философской науке. В начале XX века английский философ А.Н.Уайтхед убедительно продемонстрировал связь между *философией отношения* и *философией инновационного становящегося*.

Он впервые утверждал, что ни один элемент природы не может быть перманентной основой изменяющихся отношений, поскольку каждый элемент обретает тождество в своих отношениях с другими элементами. В процессе своего генезиса сущее унифицирует многообразие мира, поскольку добавляет к этому многообразию некоторое дополнительное множество отношений.

Однако по-настоящему массовое осознание системности мироздания и человеческой деятельности началось с 1948 г., когда американский математик Норберт Винер опубликовал книгу под названием "*Кибернетика*". Первоначально он определил кибернетику как "*науку об управлении и связи в животных и машинах*". Позднее Винер перешел к анализу с позиций кибернетики и социальных процессов.

Кибернетика претендовала на рассмотрение как технических, так и биологических, экономических, социальных процессов. Подход Винера основывался на изучении внутрисистемных связей, а функционирование систем рассматривалось как отклик на внешние воздействия.

В том же 1948 году англичанин У.Р.Эшби применил представление о гомеостазе для обоснования моделирования широкого круга систем (биологических, технических, социальных) с обратной связью. Гомеостатичность сложных систем достигается посредством целого комплекса вспомогательных связей и процессов.

В то же время абсолютный гомеостаз недостижим. Применительно к живому организму это подтверждается неизбежностью болезней и старения, по отношению к техническим системам - их износом, а также способностью адекватно реагировать только на строго определенные воздействия.

Параллельно и независимо от кибернетики возник другой подход - *общая теория систем*. Идея построения теории, приложимой к системам любой природы, была выдвинута австрийским биологом Л.Берталанфи.

Одним из путей обоснования своей концепции Берталанфи видел изучение структурного сходства закономерностей, выявленных в различных дисциплинах, и выделение на этой основе общесистемных закономерностей. Наиболее важным достижением Берталанфи стало введение понятия *открытой системы*.

Берталанфи подчеркивал определяющее значение обмена систем веществом, энергией и информацией с окружающей средой. В открытых системах устанавливается динамическое равновесие, которое может быть направлено в сторону усложнения организации.

Функционирование систем уже не является просто откликом на изменение внешних условий, а следствием сохранения старого или установления нового внутреннего равновесия системы. Здесь присутствуют как кибернетические идеи гомеостазиса, так и особенности поведения чисто биологического свойства.

Современный прорыв в исследовании систем был совершен бельгийской научной школой во главе с И.Р.Пригожиным. Развивая термодинамику неравновесных физических систем (за которую Пригожин был удостоен в 1977 г. Нобелевской премии), он обнаружил, что выведенные закономерности относятся к системам любой природы.

Пригожин заново сформулировал многие известные прежде положения:

- иерархичность системной структуры;
- несводимость друг к другу и невыводимость друг из друга закономерностей разных уровней организации;
- присутствие случайных процессов на каждом уровне организации и др.

Но и это еще не все. Пригожин предложил новую, оригинальную теорию системодинамики. Наибольший интерес представляют те ее моменты, которые раскрывают механизм самоорганизации систем.

Согласно теории Пригожина, материя не является пассивной субстанцией, ей присуща спонтанная активность, вызванная неустойчивостью неравно-

весных состояний, в которые рано или поздно приходит любая система в результате взаимодействий с окружающей средой. Важно, что в критические моменты (называемые *"особыми точками"* или *"точками бифуркации"*) принципиально невозможно предсказать, станет система менее или более организованной (*"диссипативной"*, по терминологии Пригожина).

Однако самое выдающееся достижение Пригожина заключено в формулировке его знаменитой теоремы, которая гласит: *"то выделенное состояние, к которому стремится система, отличается тем, что в нём перенос энтропии в окружающую среду настолько мал, насколько это позволяют наложенные на систему граничные условия"*.

Эта чрезвычайно плодотворная идея в очередной раз перевернула устоявшуюся систему взглядов, но пока еще не нашла должного отражения в современной социальной философии. Если Клаузиус говорил о том, что энтропия мира стремится к максимуму, то Пригожин эмпирически доказал, что *системная эволюция, наоборот, стремится к минимуму переноса энтропии в окружающую среду*. Именно это ключевое противоречие лежит в основе самоорганизации материи во Вселенной.

Пригожину удалось конкретизировать диалектические закономерности процессов, протекающих в природе, обществе и познании. Возникла единая всеобъемлющая концепция мироздания, значение которой трудно переоценить. Хотя и сегодня так называемый *"системный подход"*, основанный на постулатах ОТС, является пока недостаточно укоренившимся подходом.

Тем не менее, можно утверждать, что концепция самоорганизующихся систем обеспечила современную науку новой методологической базой для интеграции концепций, разработанных предшествующими школами. Часть их даже, несмотря на явные недостатки, имеет огромную ценность, так как органически вписывается в ОТС, дополняя и конкретизируя ее применение.

Можно даже сказать, что теория самоорганизации Пригожина предложила более глубокий подход к анализу системных процессов. Не просто через объяснение адаптационных реакций систем на внешние воздействия (как это делают, например, социобиологи), но через диалектический подход к цивилизации как к проявлению процесса планетарной самоорганизации материи в частности и общей самоорганизации Вселенной в целом. Иногда теория самоорганизации И.Р.Пригожина находит свое подтверждение в самых казалось бы консервативных научных дисциплинах.

Для наглядности рассмотрим новое для современной науки направление - *фрактальную геометрию*. Оно сформировалось в 1964 году, когда американский математик польского происхождения Бенуа Б. Мандельброт неожиданно для себя обнаружил, что в хаотической картине графического представления некоторых хорошо известных формул существует не только структура, но и закономерности ее организации.

Но самое удивительное было в том, что некоторые геометрические конструкции, созданные Мандельбротом, удивительно напоминали строение объектов живой и неживой природы. Немецкие ученые Х.О.Пайтген и П.Х.Рихтер, авторы книги «Красота фракталов. Образы комплексных динамических сис-

тем», пишут: "Фракталы вокруг нас повсюду – и в очертаниях гор, и в извилистой линии морского берега. Некоторые из фракталов непрерывно меняются, подобно движущимся облакам или мерцающему пламени, в то время как другие, подобно деревьям или нашим сосудистым системам, сохраняют структуру, приобретенную в процессе эволюции".

До сих пор этот факт не получил пока должного осмысления. Хотя, что иное, как не общность законов природы и познания лежит в основе описанных явлений в современной науке?

В результате научного прорыва мы оказались сегодня на пороге очередного коренного пересмотра не только естественно-научной, но и социально-философской методологии. Задачи ОТС на современном этапе наиболее точно сформулировали новосибирские ученые Ф.И.Перегудов и Ф.П.Тарасенко: "Наибольшую ценность общей теории систем представит не столько ее математическое оформление, сколько *разработка целей и задач системных исследований, развитие методологии анализа систем, установление общесистемных закономерностей*".

Вопросы для самопроверки

1. Кто первый сформулировал принцип каузальности научного знания и что он обозначает?
2. На каком подходе настаивал Ньютон при объяснении природных явлений?
3. Что думал французский философ Ж.О.Ламетри о неизменности видов в природе и какова его иерархическая схема самоорганизации материи?
4. Какие методологические особенности, отрицаемые механистической философией Ньютона, включила в себя Гегелевская философия природы?
5. В чем заключается основной вывод открытия академика Е.С.Федорова, опубликованного в 1891 году?
6. Какая научная дисциплина кардинально изменила представления о строении и эволюции Вселенной?
7. Каковы два термодинамических принципа Клаузиуса?
8. В чем состоит научная ценность тектологии Богданова?
9. С какой наукой связывается массовое осознание системности мироздания и человеческой деятельности?
10. Кто ввел понятие «открытая система»?
11. Какова формулировка знаменитой теоремы Пригожина?

Тема 2. Основные понятия общей теории систем

Центральной концепцией ОТС, кибернетики, системного подхода, всей системологии является понятие системы. Поэтому очень многие авторы анализировали это понятие, развивали определения системы до различной степени формализации. С некоторой долей условности все понятия «системы» можно поделить на три группы.

Определения, принадлежащие к первой группе, рассматривают систему как комплекс процессов, явлений и связей между ними, которые существуют объективно, независимо от наблюдателя.

Определения второй группы рассматривают систему как инструмент, способ исследования процессов и явлений. Наблюдатель, имея перед собой цель, конструирует систему как некое абстрактное отображение реальных объектов.

Третья группа определений представляет компромисс между двумя первыми. Система здесь – искусственно создаваемый комплекс элементов (людей, процедур, технологий, научных теорий и т. д.), предназначенный для решения сложной организационной, технической, экономической задачи. Следовательно, здесь наблюдатель не только выделяет систему из среды, но и создает, синтезирует ее.

Приведем примеры определений системы:

- 1) система – это средство достижения целей;
- 2) система – это объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе;
- 3) система – это комплекс элементов, находящихся во взаимосвязи;
- 4) система есть отражение в сознании субъекта (исследователя, наблюдателя) свойств объектов и их отношений в решении задачи исследования, познания;
- 5) система – это совокупность взаимосвязанных элементов, составляющих некоторое целостное образование, имеющее новые свойства, отсутствующие у ее элементов;
- 6) система – это совокупность взаимосвязанных элементов обособленных от среды и взаимодействующая с ней как единое целое;
- 7) система – это обособленная часть, фрагмент мира, вселенной, обладающий особым качеством (эмерджентностью) и относительной самодостаточностью (термодинамической изолированностью).

Содержание приведенных понятий для описания лишь одного термина показывает, что каждый из авторов имеет свое отношение к данному термину.

Для того чтобы выработать наиболее объективное отношение к термину «система», необходимо выделить наиболее *общие свойства*, которые его характеризуют. К таким свойствам можно отнести:

- 1) наличие элементов, которые могут быть описаны атрибутами (свойствами самих элементов);
- 2) наличие разного вида связей между элементами, которые определяют степень их организации в целом (функциональные свойства);
- 3) наличие отношений между элементами, которые определяют уровни иерархии в строении целого образования (свойство соотношения);
- 4) наличие цели существования системы, которая определяет целесооб-

разность ее существования в окружающей среде (свойство самоуправления или управления);

5) наличие языка описания состояния и функционального поведения системы (свойство изоморфизма, многообразия средств описания).

На основании этих свойств можно сформулировать еще одно определение. Система – это целостное структурное образование, выделяемое исследователем из окружающей среды на основе единства функционирования множества взаимосвязанных объектов в качестве элементов, обладающих определенными свойствами, связями и отношениями.

Существуют различные виды классификаций систем (табл.).

Таблица

Классификации систем

Наименование признака	Содержание классификации
Происхождение	Естественные и искусственные
Объективность	Материальные и абстрактные
Содержание	Социальные, физические, экономические, технические и т. п.
Степень взаимосвязи с внешней средой	Открытые, закрытые, относительно обособленные
Изменчивость свойств	Статические и динамические
Обусловленность функционального действия	Детерминированные и вероятностные
Обусловленность процессов управления	Управляемые и самоуправляемые
Степень сложности	Суперсложные, большие и сложные, подсистемы, элементы
Степень внутренней организации	Хорошо организованные, диффузные и самоорганизованные
Методы формализованного описания объекта в качестве системы	Адекватное, теоретико-множественное представление, информационное описание, имитационно-динамическое, структурно-лингвистическое представление и т. п.
Реакция на возмущающее воздействие	Активные и пассивные
Методы моделирования процесса развития	Управляемые, адаптивные, самообучаемые, самовосстанавливающиеся, самовоспроизводящиеся и т. п.
Длительность существования	Постоянные и временные

К *детерминированным* относятся системы, действие которых однозначно определяется приложенным к ним воздействием (предсказуемо). В противопо-

ложность указанным системам в аналогичных условиях действие *вероятностных* систем случайно.

Различают также открытые и закрытые системы. *Закрытые* имеют фиксированные границы и относительно независимы от внешней среды. *Открытые* взаимодействуют с внешней средой и приспосабливаются к ее изменениям, обмениваясь с ней ресурсами.

Закрытая система характеризуется тем, что она не только игнорирует внешнее воздействие (не принимает энергию из внешней среды), но и сама не передает энергию во внешнюю среду.

Открытые системы нацелены на активное взаимодействие с внешней средой. Взаимодействие системы с внешней средой проявляется через обратную связь. Обмен ресурсами поддерживает равновесное положение системы во внешней среде.

Динамические – это системы развивающиеся, изменяющиеся во времени. *Статические* же системы представляют собой неподвижную модель реальной действительности, отражающую моментальное состояние какого-либо объекта.

Системы, в которых некоторый элемент (центральная подсистема) играет главную роль в ее функционировании, называются *централизованными*. В таких системах незначительные изменения центральной подсистемы приводят к значительным изменениям всей системы. В *децентрализованных* системах центральной подсистемы нет; подсистемы имеют примерно равную ценность для системы.

Пассивными системами называются системы, которые не затрачивают внутренней энергии на свои действия. *Активными* системами называются системы, которые затрачивают внутреннюю энергию на свои действия. Т.е. как активные, так и пассивные системы потребляют энергию, однако пассивные потребляют внешнюю энергию, приносимую самим внешним воздействием, а активные – свою собственную внутреннюю энергию.

Чаще всего в процессе исследования систем используются три основных класса: абстрактные, естественные и искусственные. Первые – являются основой для эволюции научных теорий познания, в то время как вторые – для выявления закономерностей и формулирования законов природы всех явлений, третьи – применяются для развития отраслевых научных знаний.

Абстрактные – это системы теоретико-методологического характера, позволяющие описывать общие и специфические свойства организационной структуры элементов, связей и отношений в целостном образовании для познания, изучения и проектирования состояния, поведения и развития исследуемого сложного объекта в качестве системы.

К *естественным* принято относить те системы, которые имеют естественно-природное происхождение, а к *искусственным* – все остальные, которые были созданы человеком.

В зависимости от выбора критерия, по которому ведется оценка систем, может быть создано бесконечное множество классов систем. Например, если в основу классификации положить происхождение естественно существующих

объектов и объектов, созданных человеком, то можно составить три класса систем: естественные, искусственные и смешанные.

Система включает следующие *компоненты*:

1) *структуру* – множество элементов системы и взаимосвязей между ними;

2) *входы и выходы* – материальные потоки или потоки сообщений, поступающие в систему или выводимые ею;

3) *закон поведения системы* – функцию, связывающую изменения входа и выхода системы.

Функционирование любой произвольно выбранной системы состоит в переработке входных (известных) параметров и известных параметров воздействия окружающей среды в значения выходных (неизвестных) параметров с учетом факторов обратной связи.

Каждая система функционирует с какой-то степенью эффективности. *Эффективность системы* – соотношение между заданным (целевым) показателем результата функционирования системы и фактически реализованным. Оценка соответствия функционирования системы желаемому результату (цели) при заданных ограничениях производится с помощью признаков, называемых *критериями*. Набор критериев для любой системы может быть различным в зависимости от того кто и для чего оценивает систему.

Наряду с системой к основным понятиям системного подхода, в первую очередь, следует отнести такие категории, как среда, элемент, связи и структура.

Под понятием *среда* понимается сфера, ограничивающая структурное образование системы. Среда есть все то, что воздействует на систему, но неподконтрольна ей. Воздействия среды на систему называют входными воздействиями, или входами; воздействия системы на среду – выходные воздействия, реакция системы, или выходы. Сложное взаимодействие системы и среды как ее окружение определяется соответственно понятиями «система» и «надсистема».

Само отношение этих систем между собой можно рассматривать как взаимодействие среды и системы. Определение границ системы в окружающей среде делается самим исследователем или наблюдателем. Поэтому включение определенных объектов в качестве элементов исследуемой системы является творческим и целевым моментом самого исследователя.

В качестве *элемента* системы рассматривается объект, относительно самостоятельный и не подлежащий дальнейшему расчленению на данном уровне рассмотрения, выполняющий определенные функции, находящийся во взаимосвязи с другими объектами, составляющими систему. Разделение объектов на элементы и системы относительно. Каждая система может быть представлена как элемент системы большого масштаба (суперсистемы); в свою очередь, элемент можно рассматривать в качестве относительно самостоятельной системы. Выделение элементов в очень сложных системах опосредуется расчленением системы на подсистемы, которые представляют собой относительно самостоятельные части системы, подлежащие дальнейшему расчленению.

Понятие «элемент системы» применяется в системных исследованиях для определения способа отделения части от целого. В данном смысле элемент вы-

ступает как своеобразный предел возможного разделения системы на элементарные составляющие, которые позволяют наилучшим способом разобраться и понять закономерности функционирования каждой части системы в целостном образовании. Выделение элементов системы дает возможность понять строение самой системы и определить ее структурно-функциональные связи и отношения. Определение количества таких элементов в процессе исследования системы имеет субъективно-творческий характер. Каждый исследователь, формулируя цели и задачи исследования, определяет и глубину членения целой системы на части. Элементами системы могут быть как подсистемы так и ее компоненты, в зависимости от тех свойств, которыми обладает выделенный элемент системы.

Понятие «подсистема» подразумевает выделение относительно независимой части системы, которая сама обладает свойствами объекта-системы. К таким свойствам можно отнести наличие структурной целостности, подцелей функционирования и коммуникативности с другими подсистемами (элементами). Сама подсистема должна состоять из неоднородных элементов, т. е. обладающих разными свойствами.

Функционирование системы как единого целого обеспечивается *связями* между элементами. *Связь* – это перенос материальных, энергетических или информационных компонентов из одного объекта в другой.

Понятия «связь» и «отношение» имеют достаточно сложное объяснение. В специальной литературе принято отождествлять понятие «связь» с динамичным состоянием элементов, которое определяется целями функционирования и методами управления в процессе установления связи. Понятие «отношение» характеризуется статикой строения самого элемента, т. е. его структурой. Следовательно, понятие «связь» определяет функционально-процессуальную характеристику системы, а понятие «отношение» – функционально-структурную характеристику.

Связи делятся на *внутренние*, когда такой перенос компонентов происходит между элементами системы, и *внешние*, когда выход одной системы становится входом в другую. Связи бывают *прямые*, которые обеспечивают передачу воздействия, информации с выхода одного элемента на вход другого, и *обратные* – с выхода некоторого элемента на вход того же элемента.

В рамках системных исследований понятие «связь» имеет наибольшее значение, так как в процессе взаимодействия элементов в системе устанавливаются алгоритмы их совместного функционирования. Например, *рекурсивная* связь устанавливает причинно-следственную связь между различными параметрами в экономической системе. *Синергическая* связь в теории систем определяет результат совместных действий взаимосвязанных элементов как общий эффект, который превышает сумму эффектов, получаемых от каждого независимого элемента. *Циклическая* связь рассматривается как сложная обратная связь между элементами в системе, определяющая ее полный жизненный цикл, например, в процессе производства какого-либо изделия. *Обратная* связь является основой самоорганизации, развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования. Например, в управлении социально-экономическими системами используется функция корректировки, которая основана на принципе

обратной связи, т. е. возможности принятия решения в зависимости от сложившихся условий.

По своему характеру связи могут быть положительными, отрицательными и гармонизированными.

Под *положительной* связью понимается результат взаимодействия элементов, в процессе которого не нарушается внутренняя структура самих элементов. Этот результат дает импульс к дальнейшему развитию элементов и всей системы.

Под *отрицательной* связью понимается результат взаимодействия элементов, в процессе которого происходит разрушение как самого элемента, так и всей системы.

Под *гармонизированной* связью понимается устойчивое динамическое состояние развития элементов в результате их взаимодействия.

Следовательно, в системах различной природы всегда существуют разные виды связей, за счет которых обеспечивается сохранение целостного образования.

Исходя из теории алгоритмов, можно констатировать, что связи между элементами в системе могут иметь линейный (однонаправленный), нелинейный (многонаправленный) и циклический характер или их сочетание.

Состав элементов и способ их объединения определяют *структуру* системы. Формально ее часто представляют в виде графов, где вершины соответствуют элементам системы, а дуги – их связям. Структуры систем могут описывать состояние (строение) системы, ее поведение, условия ее равновесия, устойчивости и развития.

Состояние системы – это описание ее в определенный момент времени как «статичной фотографии». В таком состоянии все элементы имеют статичные входные и выходные параметры.

Под *равновесием* системы понимается описание состояния системы, которая лишена внешних воздействий и находится в состоянии равновесия.

Под *устойчивым* состоянием системы понимается такое поведение, которое обеспечивает ей возвращение в равновесное состояние после воздействия внешних факторов. Как правило, состояние устойчивости обеспечивается за счет сочетания свойств самих элементов системы.

Развитие системы – это такое состояние системы, которое обеспечивает развитие свойств связи отношений в рамках организационной структуры в продолжительном временном периоде, с учетом воздействия факторов внешней среды.

ОТС изучает закономерности организации, структурирования, функционирования, поведения и существования любого объекта в качестве системы. Методологической основой построения теории систем стали такие универсальные научные принципы, как: целостность, дискретность, гармония, иерархия и адекватность.

Вопросы для самопроверки

1. На сколько групп с некоторой долей условности можно поделить все понятия «система» и в чем их различие?
2. Каковы общие свойства систем?
3. Какие классификации систем Вы знаете?
4. Какие компоненты включает система?
5. Что такое «эффективность системы»?
6. Какие категории наряду с системой в первую очередь следует отнести к основным понятиям системного подхода?
7. Какие виды связи между элементами системы Вы знаете?
8. Какие универсальные научные принципы стали методологической основой построения теории систем?

Упражнения

1. Приведите примеры систем и определите их цели существования, состав элементов, связи и отношения между элементами.
2. Приведите примеры детерминированных и вероятностных систем.
3. Как Вы думаете, система «часы» является открытой или закрытой системой? Приведите примеры открытых и закрытых систем.
4. Разделите приведенные системы на динамические и статические: организационная структура предприятия, решение задачи, гвоздь, сборка детали, телефонный разговор, фотография бегущего человека.
5. Приведите примеры абстрактных систем.
6. Разделите приведенные системы на естественные и искусственные: слон, земная кора, молоток, ЭВМ, семья, машина, река, игрушка.
7. Приведите примеры внешних и внутренних связей для предприятия.
8. Приведите примеры компьютерных программ, имеющих линейную, древовидную и циклическую структуру.

Тема 3. Основные свойства самоорганизующихся систем

Основополагающим постулатом ОТС является утверждение, что все процессы, происходящие в природе и обществе, будь то физико-химические, биологические, экономические, культурные, общественно-политические или любые другие - основаны на адаптации систем к росту энтропии. Сам термин пришел из термодинамики, где он обозначает меру необратимого рассеяния энергии.

Философский словарь трактует сегодня энтропию как *"часть внутренней энергии замкнутой системы или энергетической совокупности Вселенной, которая не может перейти или быть преобразована в механическую работу"*.

Если обозначить свободную энергию через F и энтропию через S , то полная энергия системы E будет равна:

$$E = F + ST, \text{ где } T - \text{ абсолютная температура по Кельвину.}$$

Напомним основные свойства энтропии.

1. В закрытых системах энтропия всегда неотвратимо растёт. Данное свойство выражает суть второго начала термодинамики.

2. Рост энтропии означает ликвидацию различий. Различие – это то, что обеспечивает целенаправленное существование любой сущности. Цель этого существования – уменьшение различий. В термодинамическом понимании системный кризис любой системы означает значительный рост энтропии этой организации, её деградацию.

3. Чем больше свободы, тем быстрее растёт энтропия. Скорость роста энтропии – скорость появления разнообразных способов организации сущностей, а свобода способствует этому появлению, ускоряет рост числа способов организации. Поэтому чем больше свободы, тем быстрее низкоэнтропийные сущности превращаются в высокоэнтропийные.

Энтропия неотвратимо растёт только в закрытых системах, не взаимодействующих с другими системами и внешней средой. Но в открытых системах энтропия может вести себя по-разному: расти, быть постоянной и даже уменьшаться.

Качественное отличие закрытой системы от открытой в том, что в первой тоже может сохраняться неравновесная ситуация, однако до тех пор, пока система за счет своих внутренних процессов не достигнет равновесия, при котором энтропия будет максимальной. Иное дело в открытых системах, которые обмениваются энергией с окружающей средой. Здесь за счет прихода энергии извне могут возникать диссипативные структуры с гораздо меньшей энтропией. Иначе говоря, система, самоорганизуясь в новом стационарном состоянии, уменьшает свою энтропию, она как бы «сбрасывает» ее избыток, возрастающий за счет внутренних процессов, в окружающую среду. В живых организмах это происходит за счет дыхания, экскреции (выделений). Открытая система как бы «питается» отрицательной энтропией (негэнтропией), выбрасывая наружу положительную. При этом возникают новые устойчивые неравновесные, но близкие к равновесию состояния. При таком неравновесии рассеивание энергии минимально и интенсивность роста энтропии оказывается меньше, чем в других близких состояниях. Здесь имеет место принцип производства минимума энтропии. Открытые системы – это необратимые системы. Для них весьма важен фактор времени.

В энергетических процессах открытых систем имеет место принцип Пригожина–Гленсдорфа – принцип производства минимума энтропии. Здесь под производством энтропии понимают отношение изменения энтропии dS к единице объема системы. Изменение энтропии выражается уравнением:

$$dS = dSi + dSe,$$

где dS – полное изменение энтропии в системе; dSi – изменение энтропии, связанное с происходящими внутренними необратимыми процессами в системе; dSe – энтропия, перенесенная из внешней среды через границы системы.

В изолированной системе энтропия dSe равна нулю, а внутренняя энтропия $dSi > 0$. Условие $dS = 0$ означает стационарное состояние, а $dS < 0$ – усложнение и рост системы. Соотношение показывает, что энтропия, обуславливаемая необратимыми процессами внутри системы, выносится в окружающую среду.

Свой принцип И. Пригожин и П. Гленсдорф выразили следующим образом: *при неравновесных фазовых переходах, что соответствует точкам бифуркации, через которые проходит процесс самоорганизации, система движется по пути, соответствующему меньшему значению производства энтропии.* Значит, чем меньше производство энтропии, тем более организована система. В этом главный смысл процесса самоорганизации, то есть в создании определенных структур из хаоса неупорядоченного состояния. Открытые системы будто бы структурируют энергию окружающей их среды, причем упорядоченная часть энергии остается внутри системы, а неупорядоченная энергия сбрасывается системой обратно в окружающую среду. Таким образом, неравновесный термодинамический процесс создает условия для состояния, когда приток энергии извне не только компенсирует (гасит) рост энтропии, но и снижает ее количество.

Открытый характер большинства природных систем указывает на то, что в Мире должны доминировать не равновесие и стабильность, а неустойчивость и неравновесность. Сама неравновесность порождает избирательность системы, ее специфические реакции на воздействия внешней среды. Тесная связь со средой отражается на функционировании систем, они как бы приспосабливаются к внешним условиям. Например, слабые воздействия среды могут оказывать большее влияние на эволюцию системы, чем более сильные, но не гармонирующие с тенденцией развития системы. Отсюда следует, что на нелинейные системы не распространяется принцип суперпозиции, то есть когда действие двух факторов на ситуацию вызывает эффект, который не имеет ничего общего с результатами отдельного действия каждого фактора. В нелинейных системах развитие идет по нелинейным законам, приводящим к многовариантности путей выбора и альтернатив выхода из состояния неустойчивости.

В нелинейных системах процессы могут носить резко пороговый характер, когда при постепенном изменении внешних условий наблюдается скачкообразный их переход в другое качество. При этом старые структуры разрушаются, переходя к качественно новым структурам.

Неравновесные, открытые нелинейные системы постоянно создают и поддерживают неоднородность в среде. Здесь между средой и системой могут создаваться отношения положительной обратной связи, которые еще более усиливают отклонения системы от равновесия. В результате такого взаимодействия открытой системы со средой могут наблюдаться самые неожиданные последствия.

Классическая термодинамика (закрытые системы) утверждает, что рост энтропии означает необратимость термодинамического процесса. Поэтому если считать Вселенную закрытой системой, то с точки зрения второго закона термодинамики в ней постепенно произойдет выравнивание температур и установится полное равновесие, что соответствует «тепловой смерти» Вселенной. Энтропия будет расти и вместе с ней станет возрастать степень хаоса.

Эти утверждения не согласуются с гипотезой возникновения Вселенной и со всем дальнейшим ходом глобального эволюционного процесса. Вывод о росте беспорядка в мире противоречит как химическому, так и биологическому

развитию систем, да и всему процессу самоорганизации систем во Вселенной. Однако рост энтропии, согласно второму закону термодинамики, выделяет направление термодинамических процессов, что означает одномерность времени или так называемую «стрелу времени».

Неклассическая термодинамика изучает реальный мир открытых систем, проявляющийся в неживой и живой природе, с позиций *синергетики*. Это потребовало новых идей, понятий образов, а также пересмотра старых. В большей степени это относится к представлениям о порядке и хаосе. В синергетике *хаос* – это то, что отличается от порядка некой структуры. Это не полное отсутствие структуры, а тоже структура, но определенного типа (как бы нарушенная структура). Под структурой понимается совокупность устойчивых связей объекта (с другими объектами), обеспечивающая его целостность. Иначе говоря, *структура* – это взаиморасположение и связь составных частей чего-либо, то есть определенная организация объекта. Она характеризуется устойчивостью, четкостью внутренних связей, способностью к сопротивлению внешним факторам и изменениям. Структура – ключевое понятие в синергетике (самоорганизации). Открытые системы, как уже указывалось, постоянно обмениваются со средой энергией и веществом, находясь в относительно стабильном термодинамическом неравновесии. Биологической системе (живому организму) для устойчивого динамического состояния характерно минимальное производство энтропии, а для неустойчивого стационарного – максимальное неживое состояние. Вероятнее всего, что развитие живого осуществляется через неустойчивости, хотя в целом оно стремится к устойчивому состоянию на микроскопическом уровне за счет запасенной свободной энергии. При стремлении к устойчивому состоянию организм «сбрасывает» в окружающую среду ненужный избыток энтропии, тем самым постоянно поддерживая неравновесное термодинамическое состояние.

Диссипативная структура – одно из основных понятий теории структур И. Пригожина. Система в целом может быть неравновесной, но уже определенным образом несколько упорядоченной, организованной. Такие системы И. Пригожин назвал диссипативными структурами (от лат. *dissipation* – разгонять, рассеивать свободную энергию), в которых при значительных отклонениях от равновесия возникают упорядоченные состояния. В процессе образования этих структур энтропия возрастает, изменяются и другие термодинамические функции системы. Это свидетельствует о сохранении в целом ее хаотичности. Диссипация как процесс рассеяния энергии играет важную роль в образовании структур в открытых системах. В большинстве случаев диссипация реализуется в виде перехода избыточной энергии в тепло. Образование новых типов структур указывает на переход от хаоса и беспорядка к организации и порядку. Эти диссипативные динамические микроструктуры являются прообразами будущих состояний системы, так называемых фракталов (от лат. *fractus* – дробный, изрезанный). Большинство фракталов либо разрушается, полностью так и не сформировавшись (если они оказываются невыгодными с точки зрения фундаментальных законов природы), либо иногда остаются как отдельные архаичные остатки прошлого (например, древние обычаи народов, древние слова и т. д.). В

точке бифуркации (точке ветвления) идет своеобразный естественный отбор фрактальных образований. «Выживает» образование, оказавшееся наиболее приспособленным к условиям окружающей среды.

При благоприятных условиях новая структура (фрактал) «разрастается» и преобразуется постепенно в новую макроструктуру – *аттрактор*. При этом система переходит в новое качественное состояние. В этом новом состоянии система продолжает свое наступательное движение до следующей точки бифуркации, то есть до следующего неравновесного фазового перехода.

В целом диссипация как процесс рассеивания энергии, затухания движения и информации играет весьма конструктивную роль в образовании новых структур в открытых системах. Для диссипативной системы невозможно предсказать конкретный путь развития, поскольку трудно предугадать начальные реальные условия ее состояния.

Открытая нелинейная самоорганизующаяся система всегда подвержена колебаниям. Именно в колебаниях система развивается и движется к относительно устойчивым структурам. Этому способствует постоянный обмен системы энергией и веществом с окружающей средой.

Аномальные изменения в среде могут вывести систему из состояния динамического равновесия, и она станет неравновесной. Например, усиливающийся приток энергии в систему вызывает флуктуации и делает ее неравновесной и нерегулируемой. Организация системы все более расшатывается, изменяются свойства системы. Если параметры системы достигают определенных критических значений, то система переходит в состояние хаоса.

Состояние максимальной хаотичности неравновесного процесса называют точкой бифуркации. *Точки бифуркации* – это точки равновесия как устойчивого, так и неустойчивого состояния «выбора» дальнейшего пути развития системы.

Для синергетики важны неустойчивые состояния. Появление неустойчивых состояний создает потенциальную возможность системе перейти в новое качественное состояние. Оно будет характеризоваться новыми параметрами системы и новым режимом ее функционирования.

В состояниях выбора пути, то есть в точках бифуркаций большое значение имеют случайные флуктуации (колебания). От них зависит, по какому пути из множества возможных система будет выходить из состояния неустойчивости. Многие флуктуации рассеиваются, некоторые не оказывают влияния на дальнейший путь развития системы как очень слабые. Но при определенных, пороговых условиях за счет случайных внешних воздействий эти флуктуации могут усиливаться и действовать в резонанс, подталкивая систему к выбору определенного пути развития (определенной траектории).

В точках бифуркации самоорганизующаяся система, стоя перед выбором путей развития, образует множество диссипативных динамических микроструктур, как бы «эмбрионов» будущих состояний системы – *фракталов*. Набор таких состояний в точках бифуркаций перед выбором дальнейшего пути и образует детерминированный, или динамический, хаос. Однако большинство этих будущих прообразов системы – фрактальных образований гибнет в конку-

рентной борьбе. В результате выживает та микроструктура, которая является наиболее приспособленной к внешним условиям. Весь этот процесс носит случайный и неопределенный характер. Выжившая в конкурентной борьбе фрактальных образований формирующаяся макроструктура получила название *аттрактора*. В результате этого система переходит в новое качественно более высокое организационное состояние. Направление движения этого аттрактора начинает подчиняться необходимости. Система теперь ведет себя как жестко детерминированная.

Таким образом, *аттрактор* представляет собой отрезок эволюционного пути от точки бифуркации до определенного финала (им может быть другая точка бифуркации). Обычные аттракторы характеризуются устойчивостью динамической системы. Аттрактор можно сравнить с конусом или воронкой, которые своей широкой частью обращены к зоне ветвления, то есть к точке бифуркации, а узкой частью – к конечному результату, то есть к упорядоченной структуре. Если система попадает в сферу действия определенного аттрактора, то она эволюционирует именно к нему. В этом состоянии система может находиться до тех пор, пока в силу каких-либо причин, а также случайных флуктуаций она вновь не придет в неустойчивое положение. Эти причины связаны с дисгармонией, несоответствием внутреннего состояния открытой системы внешним условиям окружающей ее среды. Вследствие этого система теряет свою устойчивость, возвращаясь к хаотическому состоянию, и у нее вновь появляется множество новых путей развития. Для наглядности бифуркационный процесс эволюции системы можно представить в виде бифуркационного дерева (рис. 1).

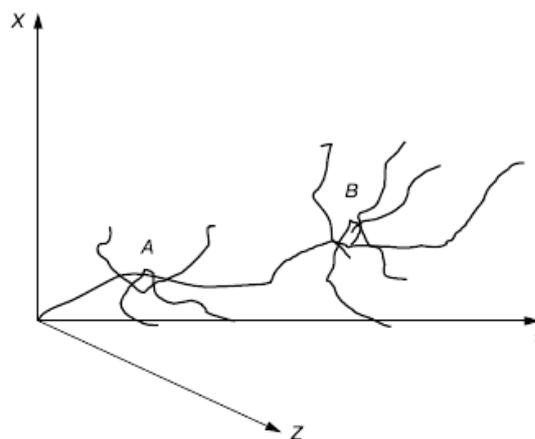


Рис. 1. Бифуркационный характер эволюции системы (X, Z – параметры системы, t – время, A и B – точки бифуркации)

Эволюционное движение системы обязательно связано с необходимостью перестройки адаптивных механизмов на качественно новый, более высокий уровень. Если система благодаря внутренней перестройке смогла (успела) адаптироваться к новым условиям, то она приобретает новое, организационно более высокое, устойчивое состояние; если нет, то она разрушается и гибнет. В адаптированном устойчивом положении система может находиться до следующей случайной флуктуации, после которой ситуация повторяется. По этой схеме

идет эволюционное развитие всех систем на всех структурных уровнях, хотя скорость этого процесса различна. Так, химическая эволюция Вселенной продолжается от времени Большого взрыва до наших дней – это около 20 млрд лет, эволюция живой материи – 3,7 млрд лет, эволюция человека – около 2 млн лет, а человеческого общества – порядка нескольких десятков тысяч лет.

Синергетическую модель эволюции неживой, живой природы и человеческого общества с точки зрения бифуркационных изменений можно представить в виде глобального процесса самоорганизации материи во Вселенной. Этот процесс идет на трех уровнях.

1. Первый уровень представлен самоорганизацией и эволюцией неживой (косной) материи. Это химическая эволюция, идущая по направлению: элементарные частицы-атомы-молекулы, а также структурная эволюция, идущая по направлению: газопылевые туманности-звездные системы-галактики-метagalактики-Вселенная.

Косное вещество самоорганизовывалось посредством отражения косной материи и обмена физической информацией, носителем которой являются различные фундаментальные взаимодействия. Этот этап (этап предбиологической эволюции) длится от момента Большого взрыва по настоящее время.

2. Второй уровень представляет собой самоорганизацию и эволюцию живого вещества. Можно предположить, что в какой-то момент эволюции косной материи во Вселенной в какой-то определенной точке (в данном случае на Земле, а может, еще где-то) в результате диссипации случайно создались условия для группировки органических молекул в комплексы (системы), у которых со временем через ряд бифуркаций появилась способность к саморегуляции и самовоспроизведению. В результате обмена веществом и энергией с изменяющейся окружающей средой шло постепенное последовательное усложнение органических систем в течение многих миллиардов лет, что привело к возникновению высокоорганизованной формы материи – живому веществу, то есть растений и животных и человека. Весь этот процесс самоорганизации и эволюции живого вещества на планете Земля продолжается вот уже более 3,5 млрд лет.

3. Третий уровень – организация человеческого общества, то есть социальный. На каком-то определенном отрезке длинного эволюционного пути от высших животных до человека возникают условия для появления сообщества, основанные на разуме и коллективной деятельности. В этих сообществах в процессе самоорганизации в течение миллионов лет происходила как социальная, так и психологическая эволюция человека. Уровень познания природы человеком резко возрос, усложнились коммуникативные отношения и связи. Человек стал серьезно изменять характер энергетических, вещественных и информационных потоков в биосфере, влиять на направленность биогеохимических циклов.

В связи с таким ходом развития человеческого общества встает глобальный вопрос, куда пойдет эволюционная ветвь его дальнейшего развития на Земле, если рассматривать этот процесс через призму бифуркационных ветвлений.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое энтропия и каковы ее основные свойства?
2. В чем отличие закрытой и открытой систем?
3. Как ведет себя энтропия в открытых и закрытых системах?
4. В чем суть принципа И. Пригожина и П. Гленсдорфа?
5. Что доминирует в Мире – равновесие и стабильность или неустойчивость и неравновесность?
6. Каковы представления о порядке и хаосе с позиций синергетики?
7. Что такое диссипативная структура?
8. Что такое точка бифуркации?
9. Как называется отрезок эволюционного пути от точки бифуркации до определенного финала?
10. Как можно представить синергетическую модель эволюции неживой, живой природы и человеческого общества с точки зрения бифуркационных изменений?

Упражнения

1. Распределите между открытыми и относительно закрытыми следующие системы: часы, тело животного, предприятие, чертеж здания, летящий самолет, компьютерная программа.
2. Приведите примеры нелинейных систем, когда при постепенном изменении внешних условий наблюдается скачкообразный их переход в другое качество.
3. Выделите несколько фрактальных образований в природе и человеческом обществе.
4. Расскажите, каким образом фракталы используются в теории информации.
4. Приведите примеры аттракторов в природе и человеческом обществе.
5. Обсудите синергетическую модель эволюции Мира с точки зрения бифуркационных изменений. Попробуйте продолжить эту модель вверх и вниз.

Тема 4. Методологические аспекты ОТС

Общая теория систем построена на фундаменте четырёх аксиом и четырёх законов, которые выводятся из аксиом:

- аксиома 1 – у системы всегда есть *одна* постоянная генеральная *цель* (принцип целенаправленности, предназначенности систем);
 - аксиома 2 – цель для систем ставится *извне* (принцип задания цели для систем);
 - аксиома 3 – для достижения цели система должна *действовать* определённым образом (принцип выполнения действия системами);
 - аксиома 4 – *результат* действия систем существует независимо от самих систем (принцип независимости результата действия).
- 1) закон сохранения (принцип постоянства действия систем для сохранения постоянства цели);

- 2) закон причинно-следственных ограничений (принцип существования и детерминизма действий систем);
- 3) закон иерархии целей (принцип распределения цели на подцели);
- 4) закон иерархии систем (принцип распределения подцелей между подсистемами и принцип подчиненности подсистем)

Аксиомы ниоткуда логически не выводятся, потому и аксиомы. Они постулируются только на основании наблюдаемых фактов, без логического объяснения принципов, которые с неизбежностью приводят к появлению этих фактов.

Принцип целенаправленности

В первую очередь необходимо определить, что мы вкладываем в понятие «система», потому что, на первый взгляд, существуют как минимум две группы объектов – «системы» и «несистемы». В каком же случае объект является системой? Вероятно, не любой объект является системой, хотя как системы, так и не системы состоят из множества частей (компонентов, элементов и т.д.). Куча шестеренок не является часами (системой), хотя эти же шестерёнки, собранные определённым образом, уже являются часами (системой). Чем же отличается структура-система от структуры-несистемы, ведь та и другая состоят из элементов?

Все объекты можно разделить на две большие группы, если подействовать на них каким-либо *определённым* образом:

- те, которые отличаются постоянством своих ответных действий;
- те, у которых ответное действие непостоянно и непредсказуемо.

При этом, если мы поменяем внешнее воздействие, то опять получим такие же две группы, но их состав поменяется: уже другие объекты будут отличаться постоянством своих действий на это новое воздействие, а те которые прежде отличались таким постоянством на прежнее воздействие, уже не будут отличаться этим при новом воздействии.

Назовём *системами* те объекты, которые состоят из набора элементов и отличаются постоянством своих действий в ответ на определённые внешние воздействия. А те, которые не отличаются постоянством своих действий на эти же воздействия, назовём *случайными наборами элементов* по отношению к этим воздействиям.

Отсюда понятие «система» является *относительным*, в зависимости от того, как данная группа элементов реагирует на данное определённое внешнее воздействие. Если она реагирует всегда постоянно одинаково и предсказуемо и именно на данное внешнее воздействие, эта группа элементов является системой по отношению к данному внешнему воздействию. Если на это же внешнее воздействие она реагирует непредсказуемо или не реагирует вообще, она не является системой по отношению к данному внешнему воздействию. Таким образом, *постоянство* и *одинаковость* реакции взаимодействующей группы элементов по отношению к определённому внешнему воздействию является *критерием* системности.

Постоянство действий в ответ на определённое внешнее воздействие является *целью* данной системы. Следовательно, цель определяет направление

действий системы. У разных систем разные цели и именно они определяют различие между системами.

Отсюда же обратный вывод – если есть какая-либо система, значит у неё есть цель. Мы не всегда понимаем цели у тех или иных систем, но они (цели) всегда есть у любых систем. Мы не можем сказать, для чего нужен, например, атом водорода, но не можем отрицать, что он нужен, например, для создания полимерных органических цепочек или, например, для образования молекулы воды. Во всяком случае, если нам нужно построить молекулу воды, то кроме атома кислорода мы обязаны взять два атома именно водорода, а не углерода или какого-либо другого элемента. Мы также не можем отрицать, что, например, одни звёзды предназначены для синтеза ядер атомов вплоть до железа, а другие звёзды, способные взрываться по типу сверхновых, предназначены для выработки более тяжелых ядер. Во всяком случае, именно такими путями в нашем Мире были получены все атомы с атомным весом тяжелее гелия. Для образования из атомов водорода или гелия всех остальных более тяжелых атомов в том количестве, которое сегодня существует в нашем Мире, нет лучшего механизма, чем звёзды. А планеты нужны для «выращивания» на них сложных объектов, включая живые организмы. Всё это, может быть и спорно, но невозможно доказать и обратное, во всяком случае пока.

Следовательно, цель определяет систему. Цель – это *системоопределяющий* фактор. Есть цель – есть система, нет цели – нет системы.

Принцип задания цели

Автомобиль предназначен для перевозок, калькулятор – для вычислений, а фонарь – для освещения и т.д. Но цель перевозки нужна не автомобилю, а кому-то или чему-то внешнему по отношению к нему. Автомобилю нужна только его способность выполнять эту цель, обслуживая это внешнее. Следовательно, цель системе ставится извне, а от системы требуется только *способность* выполнять эту цель. Этим внешним является другая система или системы, потому что Мир заполнен только системами.

Протез руки предназначен для той же цели, что и своя «родная» рука. Другое дело, что сегодня протезы ещё далеки от совершенства. Но если сделать полноценный протез руки, который был бы таким же гибким, ловким и сильным, как своя рука, плюс к этому ещё и обладал бы тактильной и прочей чувствительностью, то для инвалида было бы совершенно безразлично, «родная» ли у него рука или протезная. Главное, это чтобы протезная рука полностью соответствовала цели, для которой рука существует. И эта цель нужна не руке, а владельцу этой руки.

Если между тем, что должен и что может делать данный объект есть полное соответствие, этот объект является системой для выполнения данной цели. Цель объединяет группу элементов в систему.

Поэтому определение системы можно представить в следующем виде: «*Система – это набор взаимодействующих (взаимосодействующих по Анохину) элементов, которые могут выполнить одну общую определённую цель*». Или короче: «*Система – это группа целенаправленно взаимодействующих элементов*».

Задание цели всегда исключает самостоятельный выбор цели системой. Цель можно задать системе как *уставку* и как *установку*. Есть различие в этих понятиях.

Уставка – это жёсткая директива, нужно выполнить только ЭТО с заданной точностью и только ТАК и не иначе. Т.е. системе не дано право выбора действий для достижения цели, все её действия строго определены. Уставка жестко задает алгоритм действий системы.

Установка – это более мягкое понятие, задаётся только ЭТО, но право выбора действий для достижений ЭТОГО даётся самой системе. Следовательно, заданием установки системе задаётся цель, но выбор алгоритмов действий предоставляется самой системе.

Ни одна система не обладает свободой воли и не может поставить сама себе цель. Цель диктуется необходимостью в чём-то кем-то, что находится вне данной системы. Но какие действия нужно для этого совершить (выбор алгоритма действий) система может выбрать сама, у неё есть свобода выбора действий.

Но может быть есть системы, которые самодостаточны и сами ставят перед собой цели? Например, мы сами, люди, как будто бы можем ставить перед собой цели и выполнять их. Значит, мы являемся примером независимых систем?

Не всё так просто. Существует дуализм одного и того же понятия цели: *цель как задание* для какой-то системы и *цель как стремление* (желание) этой системы выполнить эту заданную цель:

- *цель-задание* – это необходимость внешней системы в определённом заданном результате, которая даёт задание (уставку или установку) для данной системы произвести этот результат;

- *цель-стремление* – это желание данной системы выработать определённый результат действия, равный заданному (заданной уставке или установке), и нужный другой, внешней по отношению к данной, системе.

Мы ставим цели перед собой, но всегда ставим цель лишь тогда, когда нам что-то не хватает, когда мы страдаем. Что есть страдание? Страдание – это невыполненное желание (из древнеиудейской философии). Боль – это «крик тканей о кислородном голоде». Любые физиологические (голод, жажда), эстетические и прочие невыполненные желания заставляют нас страдать, а страдание заставляет нас стремиться действовать до тех пор, пока желания не будут удовлетворены. Сила страдания всегда равна силе желания. Мы хотим есть и страдаем от голода, пока не удовлетворим это желание. Как только мы поедим, страдание сразу проходит. Мы любим кого-то и страдаем, пока не соединимся с избранницей (избранником). Соединились, страдание исчезает.

Следовательно, даже человек, при всей его сложности и развитости, не может быть абсолютно независимым от других систем (от внешней среды). Наши *цели-задания* нам всегда ставит внешняя среда, и это пробуждает наши желания (*цели-стремления*), которые продиктованы недостаточностью чего-то. Внешняя среда заставляет нас двигаться, потому что она причиняет нам дефицит чего-то, а для движения нужна энергия, которую мы тратим за счёт своих

внутренних ресурсов. В результате чего возникает дефицит чего-то и недостаточность внутренней энергии, ликвидация которых становится нашей целью.

Таким образом, цель-стремление – это прежде всего потребность (желание) чего-то выполнить то, что от него требует что-то внешнее. Для того чтобы выполнить, нужно действовать. Отсюда вытекают следующие два принципа – принцип *действия* и принцип *иерархии*.

Принцип выполнения действия для достижения цели

Любая система предназначена для какой-то вполне определённой и конкретной для неё цели и для этого она делает только специфические (целевые) действия. Следовательно, целью системы является *стремление* выполнения определённых целенаправленных действий для получения целевого (должного) *результата* этих действий.

Самолёт предназначен для воздушных перевозок, но не может совершать подводные плавания. *Результат действия* – перемещение по воздуху. Лопата предназначена только для переноса сыпучих материалов, но не для обработки алмазов. *Результат действия* – перенос сыпучих материалов. Эти результаты действия являются ожидаемыми и прогнозируемыми.

Следовательно, для того чтобы достичь свою цель, любой объект нашего Мира должен действовать, совершать какие-либо целенаправленные *действия* (акции).

Действие – это:

1) проявление какой-либо энергии, деятельности, а также сама сила, функционирование чего-либо;

2) состояние, процесс, возникающие в ответ на какое-либо воздействие, раздражитель, впечатление (например, реакция в психологии, реакции химические, ядерные реакции).

После действий объекта получается *результат действия*. Целью любой системы является стремление выработки должного (целевого) результата действия. При этом данный объект является *донором* результата действия. Результат действия системы-донора может быть направлен на какую-либо другую систему, которая в этом случае будет *реципиентом* (мишенью) для результата действия. При этом результат действия системы-донора становится внешним воздействием для системы-реципиента. Взаимодействие между системами осуществляется только через результаты действия.

Таким образом, строится цепочка действий: →... *внешнее воздействие* → *результат действия (внешнее воздействие)* → ...

Огонь обжег ладонь, т.е. произошло термическое внешнее воздействие на кожные рецепторы. Внешним воздействием для рецепторов является огонь. Результатом их действия (рецепторов) стало возбуждение их потенциала действия, которое передалось в нейроны головного мозга. Этот потенциал действия уже является внешним воздействием для нейронов головного мозга, а их (нейронов) результатом действия стало электрическое возбуждение, которое в виде нейронного потенциала действия через дендрит передалось на синапс мышцы руки. Здесь электрическое возбуждение нейронов головного мозга уже стало внешним воздействием для миоцитов мышц руки, а движение руки – результа-

том действия этих мышц. Так примерно выглядит цепочка действий на рефлекторное отдёргивание руки в ответ на ожёг. И так она будет выглядеть всегда, если мы не сможем уберечься от огня. А целью является сохранение руки от термического повреждения.

У системы всегда есть только одиночный цикл действий. Система действует только тогда, когда перед ней поставлена цель, но она ещё не достигнута и пока ещё нет должного результата действия. Как только результат действия получен, система перестаёт действовать. На *одиночное* внешнее воздействие система даёт *одиночный* результат действия.

Ни один объект не действует сам по себе. Он не может сам решить «Вот сейчас я начну действовать», потому что у него нет свободы воли, и он не может поставить перед собой цель и сам по себе выдать результат действия. Он может только выбрать вид своей деятельности (вид реакции), в зависимости от своей сложности (от своих ресурсов), и реагировать (действовать) в ответ на определённое внешнее по отношению к нему воздействие. Любые действия любых объектов – это всегда их реакция на что-то. Есть воздействие – есть реакция. Нет воздействия – нет реакции. Иногда реакция может быть отсроченной, поэтому кажется беспричинной. Но если как следует поискать, всегда можно найти причину – внешнее воздействие.

Вес камня можно определить (проявить, выявить результат его действия) или путём воздействия на него сил земного притяжения (взвешивание с помощью весов), или путём воздействия на него сил ускорения (измерение массы инерции во время равноускоренного движения). Т.е. вес камня является его реакцией на силу земного притяжения или на ускорение. Если бы, например, он мог взаимодействовать с электрическим полем, то можно было бы определить его массу, измеряя его электрическое поле. Но если он не может взаимодействовать с электрическим полем, то какой бы силы оно ни было, камень не будет с ним реагировать. Если на камень никак не воздействовать, мы не только не сможем узнать его вес, но и вообще знать о его существовании. Познание мира даётся нам только через реакции его элементов.

Реакция (от *re...* - возврат и лат. *actio* - действие) – действие, состояние, процесс, возникающие в ответ на какое-либо воздействие, раздражитель, впечатление (например, реакция в психологии, реакции химические, ядерные реакции).

Следовательно, *действие* системы в ответ на внешнее воздействие – это всегда *реакция* системы, возвратное, ответное действие. Например, если элемент *может* реагировать на давление выше 1 атмосферы, то он обязательно *даст* реакцию, если давление превысит 1 атмосферу. Если давление меньше 1 атмосферы, то он не будет реагировать на низкое давление. Если же на него воздействует температура, влажность или электрическая индукция, он также не будет реагировать, как бы мы его не «уговаривали», потому что он способен реагировать только на давление выше 1 атмосферы.

Очевидно, что системы-доноры могут давать один или несколько результатов действия, а системы-реципиенты – реагировать на одно или несколько внешних воздействий. Но элементы-доноры могут взаимодействовать с систе-

мами-реципиентами только в случае качественно однородных действий. Если системы-реципиенты могут реагировать, только на давление, то взаимодействовать с ними могут только те системы-доноры, результатом действия которых является именно давление, а не температура, электрический ток или что-либо другое. Взаимодействие между системами-донорами и системами-реципиентами возможно лишь в случае качественной однородности (*гомореактивности*) их взаимодействия (принцип *однородной интерактивности*).

Результат действия элемента-реципиента может быть как однородным (*гомореактивным*), так и не однородным, не равным по качеству действия, (*гетерореактивным*) по отношению к внешнему воздействию. Например, элемент реагирует на давление, а его результатом действия может быть или давление, или температура, или частота, или поток чего-либо, или число обитателей леса (квартиры, города, страны) и т.д.

Следовательно, реакция элемента на внешнее воздействие может быть как гомореактивной, так и гетерореактивной. В первом случае элементы являются *передатчиками* действия, во втором – *преобразователями* качества действия.

Реальные и идеальные системы отличаются друг от друга тем, что у первых всегда есть дополнительные свойства, определённые несовершенством реальных систем. Массивной золотой королевской печатью, например, можно колоть орехи с таким же успехом, как и с помощью молотка или обыкновенного камня, хотя она и предназначена для другой цели.

Для достижения цели не имеет значения, из чего состоит система, а важно – что она может. В любом случае возможность выполнить цель определяет систему. Следовательно, систему определяет не состав её элементов, а насколько точно она может выполнить то, что от неё ожидается (цель). *Важна результат действия, а не способ его получения.* Из совершенно разных элементов можно построить системы для решения одинаковых задач (целей).

В гемоглобине теплокровных атомы железа играют основную газотранспортную роль, а у некоторых моллюсков эту же роль не менее успешно играют атомы меди. Т.е. гемоглобин разных животных построен по разному, но у него всегда одна и та же цель.

Сумма в 200 \$ в виде монет в 1 \$ каждая и чек на эту же сумму могут выполнить одно и то же действие (сделать одну и ту же покупку). В одном случае это металлические диски с выгравированными знаками, в другом – кусок бумаги с нарисованным текстом. Следовательно, эти элементы являются системами под названием «деньги» с одинаковыми целями, при условии, что их используют для купли-продажи, без учёта, например, удобства их переноса или гарантии от воровства.

Реакции систем на одни и те же внешние воздействия всегда постоянны, потому что цель всегда определённая и постоянная. Постоянство реакции назовём *целенаправленностью*. Следовательно, закон сохранения определяется целью. Сохраняться будет то, что соответствует достижению цели системы. А это и сами действия, и порядок действий, и элементы для выполнения этих действий, и энергия, затраченная на выполнение этих действий. Следовательно, цель

определяет закон сохранения и закон причинно-следственных ограничений, а не наоборот.

Закон *причинно-следственных ограничений* является логическим выражением закона сохранения, потому что ему соответствует логическая связка: «если..., то...». Возможный выбор внешних воздействий (причин), на которые должна реагировать система, ограничен первой частью этой связки – «если...», а действия системы (следствия) ограничены второй частью – «то...». Поэтому закон называется законом причинно-следственных ограничений.

Вопросы для самопроверки

1. В чем суть принципа целенаправленности?
2. Чем отличается структура-система от структуры-несистемы?
3. Глобальная цель системы ставится самой системой или извне?
4. В чем разница между целью-заданием и целью-стремлением?
5. Чем отличаются системы-донора от систем-реципиентов?
6. В каком случае возможно взаимодействие между системами-донорами и системами-реципиентами?
7. В чем разница между гомореактивными и гетерореактивными системами-реципиентами?
8. На основе каких четырех законов построена ОТС?

Упражнения

1. Обсудите, когда набор элементов является системой, а когда не является системой. Приведите примеры.
2. Приведите примеры:
 - а) систем, которые предназначены для выполнения определенной цели, но которые можно использовать и для других целей;
 - б) систем, спроектированных специально для реализации одновременно нескольких различных целей;
 - в) разных систем, предназначенных для одной и той же цели.
3. Определите цели систем: предприятие, дорога, танец, комета, ветер, информационная система.
4. Обсудите, кто ставит цели перед системами: человек, здание, компьютерная программа, производство бытовой химии.
5. Приведите примеры гомореактивных и гетерореактивных систем-реципиентов.

Тема 5. Основной состав систем

Чтобы выполнять целенаправленные действия система должна иметь соответствующие элементы. Именно состав систем во многом определяет их возможности выполнения определённых действий. Например, система, составленная из кирпичей может быть домом, но не может быть компьютером. Но не только состав определяет возможности систем. Необходимо ещё также и строго определённое взаимодействие между ними, которое определяется их взаимоотношением. Двумя руками можно сделать то, что невозможно сделать одной. Рука обезьяны содержит те же пять пальцев, что и рука человека. Но рука человека вместе с его мозгом преобразовала мир на Земле.

Таким образом, два существенных признака определяют качество и количество результатов действия любых систем – *состав* элементов и их *взаимоотношения*.

Любой объект имеет только две основные характеристики: *что* и *сколько* он может сделать. Рассмотрим обе характеристики результата действия (что и сколько?) и попробуем выяснить, от чего зависят качество и количество результата действия.

Что может делать данный объект? Рассмотрим этот вопрос на примере группы элементов, состоящей из трёх плоскостей (рис. 2,А), свободно парящих в каком-либо пространстве, и посмотрим на их взаимодействие между собой и пробным шаром.

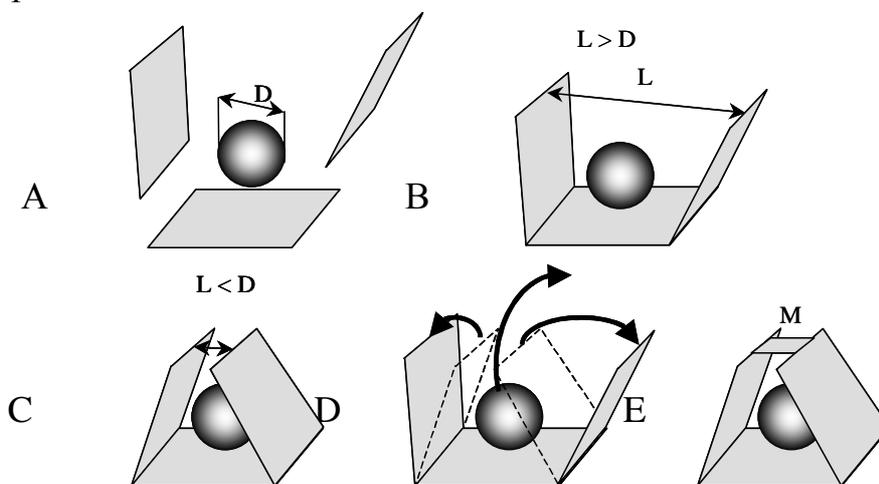


Рис. 2. Различные взаимодействия элементов

Предположим, что у каждой из плоскостей возможны три результата действия: независимое движение в пространстве, толкание других предметов, соединение с другой плоскостью. А у шара есть только два возможных результата действия: независимое движение в пространстве, толкание других предметов.

Все три плоскости являются элементами группы и имеют совершенно одинаковые свойства (качества результата действия). Шар не принадлежит данной группе, и мы его запускаем в игру только с одной целью – посмотреть, на что способна данная группа и каждый её элемент в отдельности по отношению

к шару?

Шар и плоскости свободно двигаются в пространстве и толкают друг друга. При этом неважно, сколько плоскостей имеется в данном пространстве, одна или три, их количество не меняет их качества результатов действия. Все элементы сохраняют свои свойства, и шар сохраняет свою способность свободно двигаться в пространстве. Все элементы группы взаимодействуют между собой. Однако данная группа элементов не является системой, а является набором случайных отдельных элементов, поскольку как группа элементов, так и каждый из них в отдельности обладают одинаковыми результатами действия – толканием.

Изменим условия эксперимента и заставим плоскости взаимодействовать таким образом, чтобы их края, рёбра плоскостей сцепились друг с другом (рис. 2,В). В результате такого взаимодействия одно из свойств плоскостей было нейтрализовано (независимость движения), они стали двигаться в пространстве уже *зависимо* друг от друга, и появилось новое пространство (полость), ограниченное плоскостями. Поместим внутрь его пробный шар и посмотрим, что с ним происходит?

Если размеры входа (выхода) новой полости больше диаметра шара ($L > D$, рис. 2,В), то опять качественно ничего не изменилось, пробный шар по-прежнему сохраняет свои результаты действия (может свободно двигаться). Но *если* размер выхода полости становится меньше диаметра шара ($L < D$, рис. 2,С), *то* появляется качественно новое свойство – система из трёх взаимодействующих элементов превращается в *ловушку* для пробного шара, который лишается одного из своих свойств – свободно двигаться в пространстве. Свойством ловушки не обладает ни один отдельно взятый элемент группы. Таким свойством не обладают и взаимодействующие элементы, при условии $L > D$. Только постоянное выполнение условия $L < D$ влечёт за собой появление нового качества – появления свойства ловушки у группы из трёх элементов (плоскостей). Причём случайное и однократное выполнение данного условия ($L < D$) не вызывает появления нового качества (рис. 2,С), поскольку при движении шар раздвинет плоскости и уйдёт в пространство (рис. 2,Д). Только *постоянное* выполнение условия $L < D$ превращает данную группу из простого набора элементов в группу с качественно новым признаком (рис. 2,Е).

Новое качество может быть только у группы определённым образом взаимодействующих элементов. Определённый – значит целевой. В результате определённого взаимодействия элементов часть их свойств нейтрализуется, а другая часть используется для достижения цели. Превращение одних форм материи в другие происходит именно за счёт нейтрализации каких-то свойств этих форм материи. А нейтрализация происходит за счёт изменения каких-либо связей между элементами объекта, потому что эти связи определяют форму объекта. Поэтому «нейтрализуется», но не «уничтожается», потому что ничто в этом мире не исчезает и не появляется (закон сохранения). Весь мир состоит из трёх элементов – протонов, нейтронов и электронов, но мы видим различные объекты, которые различаются по цвету, консистенции, вкусу, запаху, форме, молекулярному и атомарному содержанию и т.д. Это значит, что при опреде-

лѐнном взаимодействии протонов, нейтронов и электронов появляются определённые межэлементные связи. При этом одни из их свойств нейтрализуются, а другие сохраняются или даже складываются и усиливаются таким образом, что возникает всё многообразие нашего мира.

Целью любой системы является выполнение заданного (определѐнного) условия, достижение заданного результата действия (цели). Для этого данная группа элементов должна постоянно *стремиться* сохранять заданное условие (выполнение цели). В примере с плоскостями и пробным шаром этим условием является соблюдение неравенства $L < D$, которое выполняется, например, перемычкой М (рис. 2,Е).

Система может состоять из любого количества исполнительных элементов при условии, что каждый из них может участвовать (содействовать) в достижении цели и их достаточно для реализации этой цели. Рассмотрим это на примере системы-ловушки для червячка (рис. 3).

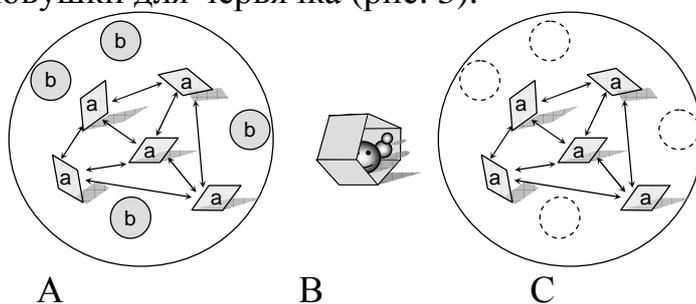


Рис. 3. Элементы системы-ловушки

Если какая-либо группа элементов состоит из «m» элементов, причѐм только «n» из них взаимодействуют или в потенции могут взаимодействовать для достижения цели (элементы «a»), то только эти «n» элементов составляют систему. Остальные же элементы («b») не входят в состав данной системы, и их присутствие не влияет на достижение цели.

Если убрать эти элементы («b») из данной группы, то функции системы не изменятся и не исчезнут (рис. 3,С), потому что они не входят в состав данной системы. Начнѐм убирать по одному элементы системы типа «a» из группы состава «n». По мере убывания возможны два варианта следствий:

- заданный результат действия системы уменьшится (изменение количественное);
- заданный результат действия системы исчезнет (изменение качественное).

Будем убирать элементы из системы до тех пор, пока будет лишь уменьшение количества результата действия, но чтобы качество системы сохранилось. Получим систему (группу элементов) состава «k» с минимальным числом элементов, при котором новое отличительное качество (свойство ловушки) ещё сохраняется (рис. 4,В). Если убрать ещё хотя бы один элемент из состава «k», то у группы взаимодействующих элементов качество ловушки исчезнет (рис. 4,С).

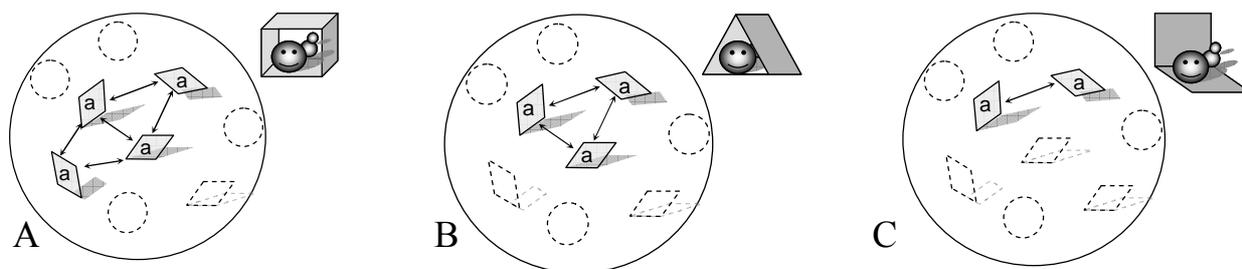


Рис. 4. Системная функциональная единица

Отсюда, минимальной системой является такая группа из «k» элементов, которая при удалении из её состава хотя бы одного любого элемента, теряет качество, присущее данной группе элементов, но отсутствующее у любого из данных «k» элементов. Цель группы элементов, например, быть ловушкой для червячка. В данном примере (рис.4,В) удаление любой плоскости лишает эту группу элементов качества, которое отсутствует у каждого элемента группы в отдельности – удерживать одного червячка.

Такая группа из минимального количества элементов, которая ещё может выполнять заданное действие, является *простой системной функциональной единицей* (простая СФЕ) – минимальной простейшей системой, которая имеет какой-либо признак (способность совершать действие), которого нет у любого её элемента в отдельности.

Любая СФЕ реагирует на внешнее воздействие по закону «всё или ничего». Этот закон следует из определения простой СФЕ – удаление любого её элемента прекращает её функцию как системы, и из дискретности её состава – любой из её элементов может либо быть, либо не быть в составе простой СФЕ. А поскольку простая СФЕ по определению состоит из конечного и минимального набора исполнительных элементов и все они *должны быть* в составе СФЕ и *функционировать* (действовать), то прекращение функции любого из них прекращает функцию всей СФЕ как системы. Независимо от силы внешнего воздействия, но при условии его превышения определённого порога, её результат действия будет максимальным («всё»). Если нет внешнего воздействия, то СФЕ никак не проявляет себя (не реагирует, «ничего»).

Простые СФЕ, несмотря на своё название, могут быть сколь угодно сложными – от простейших минимальных СФЕ до максимально сложных. Молекула любого вещества состоит из нескольких атомов. Удаление любого атома превращает эту молекулу из одного вещества в другое. И даже каждый атом является очень сложным образованием. Удаление любого его элемента превращает его в ион, другой атом или другой изотоп.

Несмотря на внутреннюю сложность, которая может быть сколь угодно большой, простая СФЕ является отдельным элементом, который выглядит как целое с определённым единичным свойством (качеством) – совершать одно элементарное по отношению ко всей системе определённое действие – захватывать шар, перевозить груз, обеспечивать условия проживания человеку (квартира) и т.д. Любая СФЕ будучи разделена на части уже перестаёт быть СФЕ для заданной цели. Только во взаимодействии частей группа элементов может про-

явить себя как СФЕ.

Гены являются СФЕ наследственности, а ДНК – СФЕ видовой принадлежности. При этом клетки тканей являются их СФЕ. Т.е. СФЕ не является чем-то неделимым, поскольку любая из них многокомпонентна и потому может быть разделена на части. Только внутриатомные элементарные частицы (истинные) претендуют на роль истинных СФЕ, лежащих в основе всей материи нашего мира, потому что пока не удаётся разделить их на части. Потому они и называются элементарными. Возможно, они также очень сложно устроены, но не из элементов физического мира, а чего-либо другого, и они являются результатом действия систем нефизического мира, вернее, не нашего Мира форм. На это указывает существование парных виртуальных частиц, например, позитрона и электрона, появляющихся как бы из пустоты, из вакуума и туда же исчезающих.

Вопросы для самопроверки

1. Какие два признака определяют качество и количество результатов действия любых систем?
2. Какие две основные характеристики имеет любой объект?
3. Что такое простая системная функциональная единица?
4. По какому закону любая СФЕ реагирует на внешнее воздействие?
5. Может ли быть СФЕ сложной?

Упражнения

1. Обсудите состав следующих систем: предприятие, человек, вода, ЭВМ, информационная система, компьютерная программа.
2. Обсудите различие в определении состава в системе человек с позиций портного, врача, христианства, изотерики.
3. Приведите пример систем, у которых одинаковый состав, а результат действия различный.
4. Выделите состав, взаимосвязь и взаимоотношения элементов любой информационной системы.
5. Приведите примеры, когда при удалении какого-либо элемента система теряет свое качество.
6. Приведите примеры СФЕ для различных систем.

Тема 6. Простейший блок управления (прямая положительная связь)

Чтобы любая СФЕ могла действовать, она должна содержать определённые элементы для осуществления своих действий согласно закону сохранения и причинно-следственных ограничений. Для выполнения целевых действий система должна содержать элементы *исполнения*, а для того, чтобы взаимодействие элементов исполнения было целевым, система должна содержать элементы (блок) *управления*.

Элементы исполнения (эффекторы) выполняют само определённое (целевое) действие системы, чтобы получался заданный *результат действия*. Но он (элемент исполнения) существует сам по себе и производит собственные результаты действия в ответ на внешние по отношению к нему определённые воздействия. Если на него что-то подействует, он прореагирует, не подействует – не прореагирует. Взаимодействие с другими элементами его касается постольку, поскольку результаты действия других элементов являются внешним воздействием для него самого и могут вызвать его реакцию в ответ на эти воздействия. Эта реакция проявится уже в виде его собственного результата действия, который также будет внешним воздействием для других элементов системы, но не больше. Ни один результат действия любого элемента системы не может быть результатом действия самой системы по определению. Выполнилось ли заданное условие (цель системы) случайно или не случайно, получился ли у данной группы элементов качественно новый заданный результат действия, или что-то помешало этому, для любого отдельно взятого элемента исполнения это совершенно безразлично. На «самочувствии» элементов исполнения, т.е. на их собственных функциях это никак не отражается, и никакое их внутреннее свойство не заставит их *следить* за выполнением генеральной цели системы. Они просто не «умеют» этого делать.

Элементы управления (блок управления) необходимы для того, чтобы получался именно заданный, а не какой-либо иной результат действия. Так как целью является реакция в ответ на специфическое *внешнее воздействие*, то сначала нужно выполнить различные действия – почувствовать его (рецепция), выделить его из множества других неспецифических внешних воздействий (селекция), принять решение о каких-либо специфических действиях (принятие решения) и только после этого начать действовать (реализовать действие). Из всех этих действий только реализацию действия выполняют элементы исполнения. Все остальные действия выполняет блок управления.

Если, например, СФЕ реагирует на давление, то она должна уметь «чувствовать» (рецепция) именно давление, а не температуру или что-либо другое. Для этого у неё должен быть специальный орган (рецептор), который не только чувствует внешнее воздействие (рецепция), но и выделяет *специфичность* его из всех остальных внешних воздействий, которые действуют на неё (селекция). Для этого у неё должен быть специальный орган (селектор, или анализатор), который умеет выделять нужный сигнал из массы других. Далее, почувствовав и выделив внешнее воздействие, она должна *принять решение* о том, что нужно действовать (принятие решения). Для этого у неё должен быть специальный ор-

ган для принятия решений, который может принимать решения. Затем она должна *реализовать* это решение, т.е. заставить элементы исполнения действовать (реализация решения). Для этого у неё должны быть элементы (стимуляторы), с помощью которых можно передать решение на элементы исполнения.

Следовательно, чтобы прореагировать на определённое внешнее воздействие и получить необходимый результат действия необходимо выполнить следующую цепочку управляющих действий: *рецепция* → *селекция* → *принятие решения* → *реализация решения (стимуляция)*.

Какие элементы должны выполнять эту цепочку действий *управления*? Элементы исполнения (например, плоскости) этого делать не могут, потому что выполняют само действие, например, *захвата*, но не действия *управления*. Поэтому они и называются элементами исполнения. Но вместе с перемычкой «М» они могут выполнять функцию блока управления.

Таким образом, все действия управления должны выполнять элементы управления (блок управления), которые также входят в состав СФЕ.

Блок управления состоит из (рис. 5):

- рецептора X (выделяет специфичный сигнал и определяет наличие контактного внешнего воздействия);
- афферентных путей (передают информацию с рецептора в анализатор);
- анализатора-контактора (на основе информации с рецептора «X» вырабатывает решения об активации исполнительных элементов);
- эфферентных путей (стимулятора) (реализация решения, передают управляющие воздействия на эффекторы).

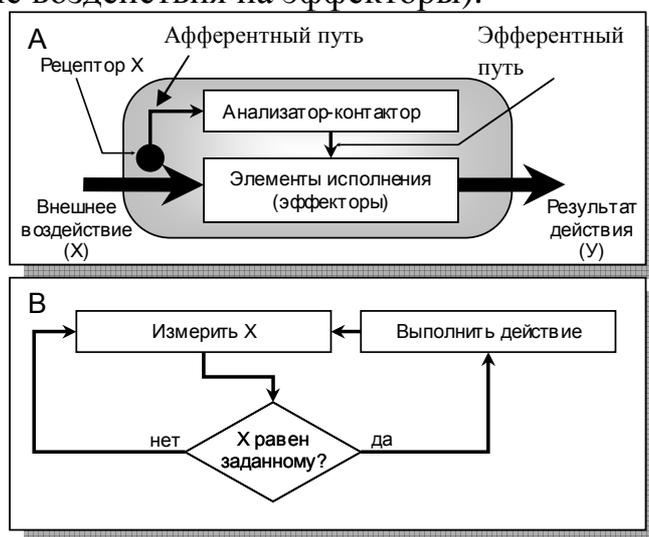


Рис. 5. Неуправляемая простая СФЕ (А) и алгоритм работы её блока управления (В)

Рецептор «X», афферентные пути, анализатор-контактор (побудитель к действию, стимулятор) и эфферентные пути вместе составляют *блок управления*. Рецептор и афферентные пути являются *прямой положительной связью* (ППС). Прямой потому, что внутри СФЕ сигнал управления (информация о наличии внешнего воздействия) идёт в том же направлении, что и само внешнее

воздействие. Положительной потому, что если есть сигнал, есть реакция, нет сигнала, нет реакции. Анализатор-контактор получает сигнал только тогда, когда уже есть внешнее воздействие, т.е. во время контакта этого воздействия с рецептором X, поэтому он называется контактором. Анализатор-контактор является простейшим анализатором.

Таким образом, блок управления СФЕ реагирует на внешнее воздействие. Он может почувствовать и выделить специфический сигнал внешнего воздействия из множества других внешних воздействий и, в зависимости от наличия или отсутствия специфического сигнала решить, делать собственное действие или нет. А его (блока управления) собственным действием является побуждение (стимуляция) элементов исполнения действовать.

Есть неуправляемые (рис.5) и управляемые СФЕ (рис.6). Блок управления неуправляемых СФЕ решает действовать или нет только в зависимости от наличия внешнего воздействия. Блок управления управляемых СФЕ также решает действовать или нет в зависимости от наличия внешнего сигнала, но при наличии дополнительного условия – разрешения на это действие, которое подаётся на его вход установки.

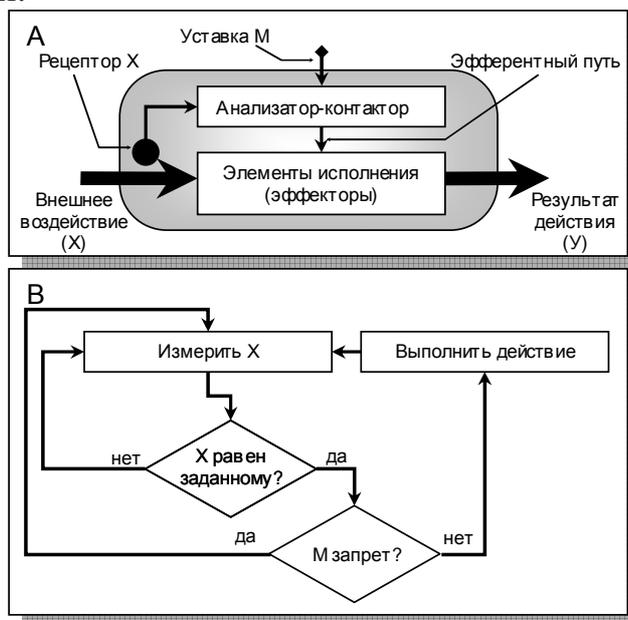


Рис. 6. Управляемая СФЕ (А) и алгоритм работы её блока управления (В)

У неуправляемой СФЕ есть только один вход для внешнего воздействия и один выход для результата действия. Логика работы такой СФЕ чрезвычайно простая – если есть определённое внешнее воздействие, то она действует и выдаёт результат действия, если нет внешнего воздействия, то она бездействует, и нет результата действия. Для неуправляемых СФЕ регулятором действия является само внешнее воздействие. У неё есть собственное управление, осуществляемое внутренним блоком управления. Но у такой СФЕ невозможно внешнее управление. При её создании в неё была «вложена» цель-задание. Но далее она сама решает, действовать ей или нет. Это решение зависит только от наличия внешнего воздействия, и никакое внешнее решение (не воздействие) не может изменить внутреннего решения данной СФЕ. Неуправляемая СФЕ независима

от внешних *решений*. Если она «решила», то выполнит свое действие.

Примером неуправляемой СФЕ является, например, молекула нитроглицерина (СФЕ для микровзрыва). Если её потряхнуть (внешним воздействием является тряска), то она начнёт распадаться, выделяя энергию, и во время этого процесса уже ничто не остановит её от распада.

В отличие от неуправляемых, у управляемых СФЕ есть два входа (один для входа внешнего воздействия и один для ввода уставки в анализатор) и один выход для результата действия (рис.6). Логика работы управляемой СФЕ несколько отличается от логики работы неуправляемой СФЕ. Такая СФЕ будет давать результат действия не только в зависимости от наличия внешнего воздействия, но и от наличия *разрешения* на входе уставки.

Если есть определённое внешнее воздействие и есть разрешение на входе уставки, то действие начнёт выполняться. Если есть внешнее воздействие и нет разрешения на входе уставки, то не должно быть действия. Для управляемых СФЕ регулятором действия является разрешение на входе уставки. Потому такие СФЕ называются управляемыми.

Блок управления может быть построен (собран) как из самих исполнительных элементов, соединённых определённым образом и по совместительству выполняющих функции исполнения и управления, так и из других элементов, не принадлежащих к данной группе исполнительных элементов и выделенных в отдельную цепь управления. Другими словами, они могут быть точно такими же, как и исполнительные элементы, но также могут быть сделаны и из других элементов.

Блок управления СФЕ является *простейшим*, потому что он содержит только ППС (рецептор «X» и афферентные пути), анализатор-контактор и стимулятор.

СФЕ являются первичными ячейками, исполнительными элементами любых систем. Как видим, несмотря на свою примитивность, они представляют собой довольно сложный и многокомпонентный объект. Каждая из них содержит не менее двух типов элементов (управления и исполнения), и каждый тип включает в себя ещё и ещё, но эти элементы являются *обязательными* атрибутами любой СФЕ.

Сложность СФЕ является сложностью иерархии её элементов. Особой разницы между элементами исполнения и элементами управления нет. В конечном итоге всё в этом мире состоит из электронов, протонов и нейтронов. Разница между ними только в их месте в иерархии систем, т.е. в их взаимном расположении.

Из неуправляемых и управляемых СФЕ можно строить другие СФЕ, более мощные, чем одиночная СФЕ (составные, рис. 7).

В реальном мире мало простых СФЕ, которые дают минимальный неделимый результат действия. Гораздо больше составных СФЕ. Блок-схема *составной СФЕ* очень похожа на блок-схему *простой СФЕ*. Отличие составной СФЕ от простой только количественное.

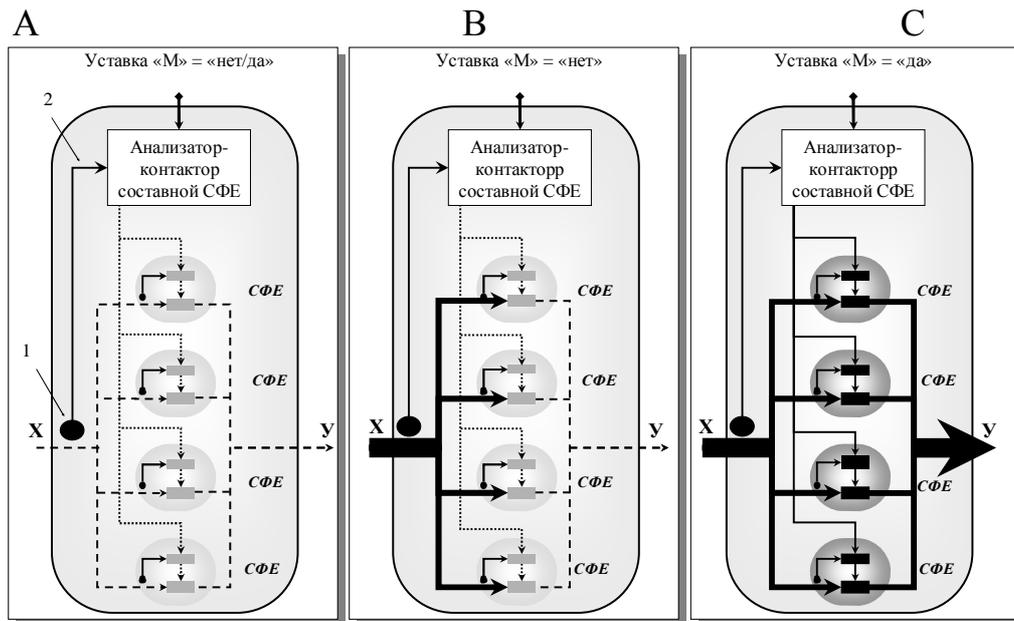


Рис.7. Составная СФЕ в режиме ожидания (А), запрете (В) и реализации (С):
 1 – рецептор «Х»; 2 – прямая положительная связь

Таким образом, простая и составная СФЕ содержат два типа элементов:

- 1) элементы исполнения (эффекторы, которые выполняют специфические действия для достижения заданной генеральной цели системы);
- 2) элементы (блок) управления (ППС, анализатор-контактор и стимулятор, активирующий элементы исполнения).

У составной СФЕ такой же блок управления, как и отдельной СФЕ, т.е. простейший, с прямой управляющей связью (ППС). Составные СФЕ также работают по принципу «всё или ничего». Цикл работы идеальной простой и составной СФЕ складывается из микроциклов (рис. 8):

- 1) восприятие и селекция внешнего воздействия рецептором «Х» и принятие решения;
- 2) воздействие на исполнительные элементы (СФЕ);
- 3) срабатывание исполнительных элементов (СФЕ);
- 4) прекращение функции.

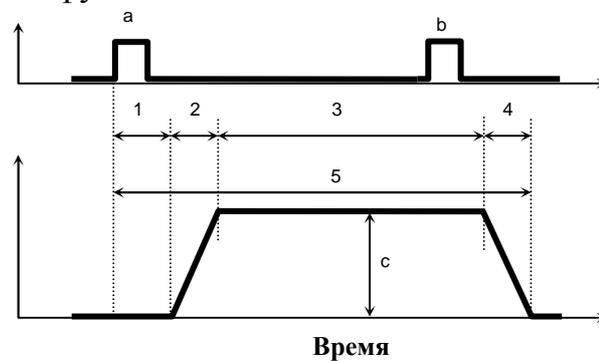


Рис. 8. Полный цикл и микроциклы блока управления простой и составной СФЕ

После начала внешнего воздействия срабатывает рецептор «X» (1-й микроцикл). Затем уходит какое-то время на принятие решения, потому что это решение само является результатом действия определённых СФЕ, входящих в состав блока управления (2-й микроцикл). Затем активируются (включаются) все СФЕ (3-й микроцикл). Время срабатывания СФЕ зависит от скорости утилизации энергии, затраченной на действие СФЕ. После этого все СФЕ прекращают свою функцию (4-й микроцикл). При этом СФЕ полностью затрачивает на своё действие всю ту энергию, которую она имела и могла использовать на это действие. А так как очередность действий и результат действия всегда одни и те же, то и эта мера энергии всегда одна и та же (квант энергии). Чтобы СФЕ снова могла совершить новое действие, её нужно снова «зарядить» энергией. На это также может уходить время (время зарядки энергией, на графике не показано, потому что это график работы только блока управления, а не исполнительных элементов).

У любой СФЕ цикл её деятельности складывается из этих микроциклов. Поэтому её время цикла (5 на рис. 8) работы всегда одинаковое и равно сумме этих микроциклов. Если СФЕ начала свои действия, она не остановится, пока не завершит свой полный цикл. В этом причина неуправляемости любых СФЕ в процессе их срабатывания (абсолютная рефрактерность) – внешнее воздействие может быстро закончиться и снова начаться (b на рис. 8), но если СФЕ уже работает, то пока она не закончит свои действия от первого внешнего воздействия, она не остановится и не будет реагировать на новое внешнее воздействие.

Отсюда видно, что даже простейшие системы, каковыми являются СФЕ, срабатывают не сразу, и пока появится их результат действия, им требуется какое-то время. Этим объясняется инерционность систем, которую можно измерить, используя параметр постоянной времени.

Постоянная времени – это время между началом внешнего воздействия и готовностью к новому внешнему воздействию после выработки результата действия.

Каждый результат действия простой СФЕ является квантом действия (неделимой порцией), причём максимальным для данной СФЕ. Неделимым потому, что СФЕ не может выдать часть своего результата действия, например, половину. А раз «неделимой порцией», то не может быть градации. СФЕ может быть, например, открыта или закрыта, давать электрический ток или не давать и т.д. Но она не может регулировать количество результата своего действия, потому что её результат всегда либо отсутствует, либо максимальный.

Такой режим работы очень грубый, не точный и не выгодный как для самой СФЕ, так и для её цели. Представим себе, что в нашем автомобиле вместо руля будет устройство, которое будет сразу максимально сворачивать вправо, если мы повернём руль направо, или максимально влево, если мы повернём налево. Вместо плавной и точной подстройки под заданный курс движения автомобиль будет резко метаться справа налево. И цель не будет достигнута, и автомобиль будет разрушен.

Для достижения заданной цели только задания качества результата действия недостаточно. Цель задаёт не только «какое действие должен» сделать объ-

ект (*качество результата действия*), но и «сколько этого действия» должен сделать данный объект (*количество результата действия*). И система должна стремиться выполнить специфическое действие ровно столько, сколько нужно, ни больше и ни меньше. Качество действия определяется *типом* СФЕ. Количество определяется *количеством* СФЕ.

Есть три количественные характеристики результата действия – *максимум*, *минимум* и *оптимум* количества действия. *Оптимум*, это функционирование по принципу – *необходимо* и *достаточно*. Результат действия необходимо должен быть таким, а не другим по *качеству*, и достаточным по *количеству*, ни больше и не меньше.

Это можно было бы достичь путём построения систем из набора однотипных СФЕ по типу блок-схемы составной СФЕ. У неё есть то, что необходимо для градуировки результата действия – она содержит много СФЕ. Если сделать так, чтобы можно было включать в действие от одной до всех СФЕ в зависимости от потребности, то результат действия будет иметь столько градаций, сколько СФЕ есть в системе. Чем больше точности требуется, тем более мелкие градации результата действия должны быть. Поэтому вместо одной СФЕ с её предельно большим результатом действия нужно использовать столько СФЕ с маленькими результатами действия, сумма которых равна требуемому максимуму, а точность выполнения цели равна результату действия одной СФЕ. Если включать в действие то число СФЕ, сумма результатов действия которого достаточна для выполнения задания, то цель будет достигнута.

Для того чтобы выдать результат действия в точности равный заданному, его (результат действия) нужно постоянно измерять и сравнивать данные измерений с заданием (с уставкой, с «базой данных»).

«База данных» – это список тех *должных* величин результата действия, которые система должна выдать в зависимости от величины внешнего воздействия.

Для сравнения данных измерений с заданием у блока управления должен быть рецептор «У», который может измерять результат действия, должна быть линия связи (реципрокные пути), по которой информация с рецептора «У» идёт в особый анализатор-эффектор, и где результат этого измерения должен сравниваться с тем, что должно быть (с «базой данных»). Функцию анализатора-эффектора, возможно, смог бы выполнять тот же анализатор-контактор или отдельный анализатор.

Вопросы для самопроверки

1. В чем разница между элементами исполнения и элементами управления?
2. Какую цепочку управляющих действий должны выполнять элементы управления?
3. Из чего состоит простейший блок управления?
4. В чем различие между афферентными и эфферентными путями?
5. Каков алгоритм работы блока управления неуправляемой простой СФЕ?

6. Что представляет из себя прямая положительная связь?
7. В чем различие между управляемой и неуправляемой простой СФЕ?
8. Каков алгоритм работы блока управления управляемой простой СФЕ?
9. Из каких микроциклов складывается цикл работы идеальной простой и составной СФЕ?
10. Что такое «постоянная времени»?
11. Чем определяется качество и количество действия системы?

Упражнения

1. Выберите несколько систем и обсудите их элементы исполнения и управления.
2. Приведите примеры неуправляемых и управляемых простых СФЕ.
3. Нарисуйте блок-схему алгоритма работы блока управления составной СФЕ.
4. Выберите любые три системы с простейшим блоком управления и дайте три количественные характеристики их результата действия – *максимум*, *минимум* и *оптимум* количества действия.
5. Обсудите недостатки и ограничения работы систем с простейшим блоком управления.
6. Напишите компьютерные программы, соответствующие работе блока управления управляемой и неуправляемой СФЕ.
7. Напишите компьютерную программу, соответствующую работе блока управления составной СФЕ.

Тема 7. Простой блок управления (отрицательная обратная связь)

Блок управления системы должен определить величину внешнего воздействия, выбрать из «базы данных» должную величину результата действия в соответствии с величиной внешнего воздействия и сравнить эту должную с собственным (актуальным) результатом действия, чтобы увидеть его соответствие (несоответствие) должной величине.

Логика работы такого управления заключается в том, что если результат действия больше заданного, то нужно его уменьшить, активировав меньшее число СФЕ, если меньше – то увеличить, активировав больше число СФЕ. Поэтому такая связь называется *отрицательной*. А так как информация движется обратно, от выхода системы в сторону её начала, она называется *обратной*. В итоге получается *отрицательная обратная связь* (ООС). В зависимости от потребности и на основе информации ООС блок управления системы по мере необходимости должен включать или выключать функции управляемых СФЕ (рис. 9).

ООС реализуется с помощью петли ООС, которая включает в себя рецептор «У», реципрокный путь, по которым информация с рецептора «У» переносится в анализатор-контактор или отдельный анализатор-эффектор, сам анализатор и эфферентные пути, через которые решения блока управления передаются на эфффекторы (управляемые СФЕ). Следовательно, система, в отличие от СФЕ, содержит как ППС, так и ООС. Прямая управляющая связь активизирует

систему, а отрицательная обратная связь определяет число активированных СФЕ.

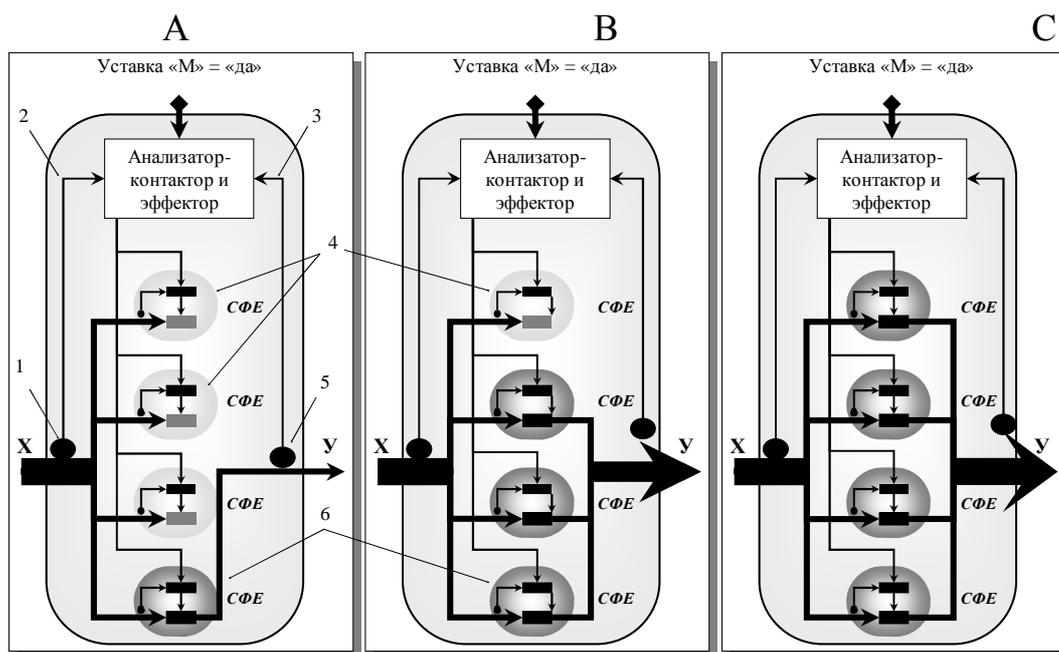


Рис. 9. Отрицательная обратная связь

(блок-схема системы с простым блоком управления):

1 – рецептор "X"; 2 – ППС.; 3 – ООС; 4 – неактивные СФЕ; 5 - рецептор «У» для измерения результата действия системы; 6 – активные СФЕ

Блок управления, содержащий ППС и петлю ООС, является *простым*. Алгоритм работы простых блоков управления не отличается большой сложностью (рис. 10).

Петля ООС постоянно отслеживает результат действия исполнительных элементов (СФЕ). Через уставку задаются параметры управления («база данных»), например, каким должно быть соотношение между внешним воздействием и результатом действия или какой уровень результата действия нужно постоянно удерживать и т.д. При этом максимальной точностью будет результат действия одной СФЕ (квант действия).

Системы с ООС, как и составные СФЕ, содержат два типа объектов:

- элементы исполнения (СФЕ) (эффекторы, которые выполняют специфические действия для достижения заданной генеральной цели системы);
- простой блок управления (ППС и петля ООС).

Вообще говоря, в любой реальной системе есть ещё и третий тип объектов: *элементы обслуживания* – вспомогательные элементы, без которых элементы исполнения не смогут работать. Например, у самолёта есть крылья для того, чтобы летать, но у него есть также и колёса, чтобы взлетать и садиться. Однако подробно рассматривать функции данных элементов мы не будем. Отметим только, что они представляют такие же обычные системы с целью обслуживать другие системы и занимают своё место в иерархии системы.

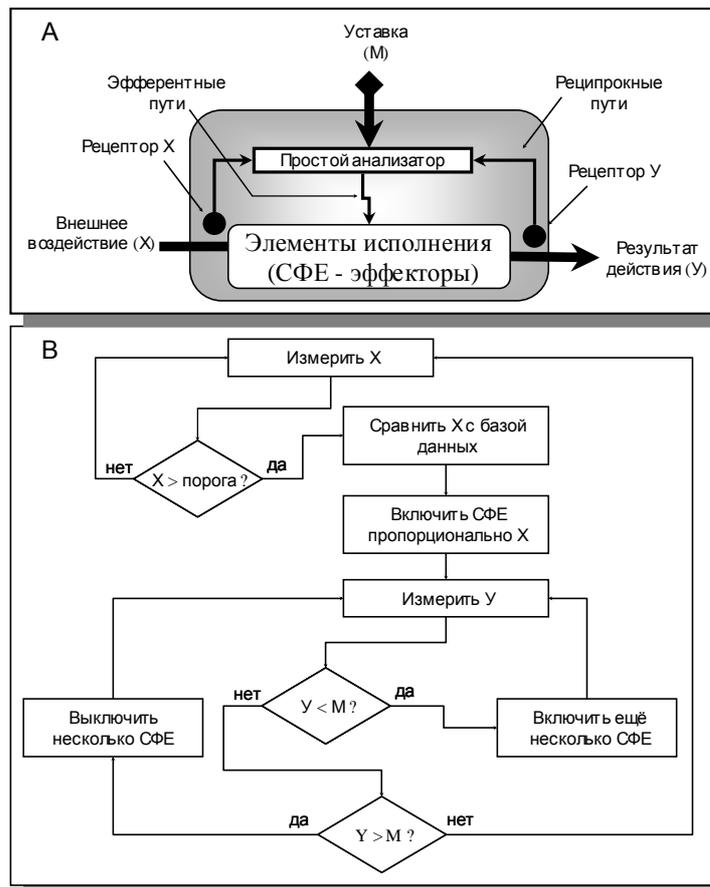


Рис. 10. Простой блок управления систем с ООС (А) и алгоритм его работы (В)

Системы с ООС могут решать большинство задач намного лучше, чем простые или составные СФЕ, хотя наличие ООС почти не усложняет систему. Мы видели, что уже простая СФЕ является очень сложным образованием, включающим в себя множество компонентов. Составная СФЕ сложнее простой СФЕ на число раз, почти равное числу простых СФЕ в ней. В системе с ООС добавляется всего лишь один рецептор и линия связи между рецептором и анализатором (реципрокный путь). Но эффект от такого изменения структуры блока управления очень большой и зависит только от алгоритма работы блока управления.

Любой блок управления характеризуется тремя параметрами ППС и столько же параметрами петли ООС.

Для ППС это:

- минимальный уровень контролируемого входного воздействия (порог чувствительности);
- максимальный уровень контролируемого входного воздействия (диапазон чувствительности входного воздействия);
- время включения управления (время принятия решения).

Для петли ООС это:

- минимальный уровень контролируемого результата действия (порог чувствительности петли ООС - глубина ООС);
- максимальный уровень контролируемого результата действия (диапа-

зон чувствительности результата действия);

- время включения управления (время принятия решения).

Минимальный уровень контролируемого входного сигнала для ППС – это порог чувствительности сигнала рецептора «Х», начиная с которого анализатор-контактор распознаёт, что внешнее воздействие уже началось.

Максимальный уровень контролируемого входного сигнала (диапазон) для ППС – это уровень сигнала о внешнем воздействии, при котором срабатывают все СФЕ. На дальнейшее увеличение входного сигнала система уже не может реагировать увеличением своей функции, потому что у неё нет больше резервов СФЕ.

Время включения ППС – промежуток времени между началом внешнего воздействия и началом срабатывания системы. Система никогда не срабатывает мгновенно после появления внешнего воздействия. Пока рецепторы почувствуют сигнал, пока анализатор-контактор примет решение, пока эффекторы передадут управляющее воздействие на входы установок исполнительных элементов, на всё это уходит время.

Минимальный уровень контролируемого выходного сигнала для ООС – это порог чувствительности сигнала рецептора «У», начиная с которого анализатор-эффектор распознаёт, что есть расхождение между результатом действия системы и его должной величиной. Расхождение должно быть равно или больше кванта действия одиночной СФЕ. Чувствительность определяется глубиной ООС.

Глубина ООС – это число квантов действия одиночных СФЕ системы, сумма которых распознаётся как расхождение между актуальным результатом действия и должным. Задаётся уставкой. Максимально большой глубиной ООС является чувствительность расхождения в один квант действия одиночной СФЕ. Чем меньше глубина ООС, тем меньше чувствительность, тем она более «грубая». Т.е. чем меньше глубина ООС, тем большее расхождение результата действия с должным воспринимается как расхождение. Минимальной глубиной ООС является её отсутствие.

Максимальный уровень контролируемого выходного сигнала (диапазон) для ООС – это уровень сигнала о результате действия системы, при котором срабатывают все СФЕ. На дальнейшее увеличение расхождения система же не сможет реагировать увеличением своей функции, потому что у неё нет больше резервов СФЕ.

Время включения управления ООС – промежуток времени между началом расхождения сигнала о результате действия с целевым и началом срабатывания системы.

Все эти параметры могут быть «встроены» в ППС и в петли ООС изначально (уставка вводится при их «рождении») и в дальнейшем уже не меняются. Либо могут быть введены с уставкой позже и эти параметры можно менять путём ввода извне новой уставки. Для этого должен быть канал ввода уставки. Сам же простой блок управления самостоятельно не может менять ни один из этих параметров.

Абсолютно у всех систем есть блок управления, но не всегда его можно

явно обнаружить. У самолёта или космического корабля этим блоком является бортовой компьютер – коробка с электроникой. У человека и других животных таким блоком является головной мозг или, как минимум, нервная система. Но где блок управления у растения или у бактерии? Где блок управления у атома, или молекулы, или, например, гвоздя?

Чем проще система, тем труднее выделить в нём привычные для нас формы блока управления. Но он есть в любых системах. Элементы исполнения отвечают за *качество* результата действия, а блок управления – за его *количество*. Блоком управления могут быть, например, внутри- или межатомные и межмолекулярные связи. Так, в атоме функции СФЕ выполняют электроны, протоны и нейтроны, а блок управления – внутриядерные силы или, как ещё говорят, взаимодействия.

Внутриатомной уставкой, например, является условие, что на первом электронном уровне может быть не более 2 электронов, на втором – 8 электронов и т.д. (периодический закон, определяемый принципом Паули), причём этот уровень жестко задан квантовыми числами. Если электрон каким-то образом получил добавочную энергию и поднялся выше своего уровня, то он не сможет её долго удерживать и опустится обратно, испустив излишек энергии в виде фотона. Но не любая энергия может поднять электрон на другой уровень, а только и только определённая (соответствующий квант энергии). И поднимается он не на любой уровень, а только на строго заданный, определяемый величиной принятого кванта энергии. Следовательно, какой-то механизм (система стабилизации квантовых уровней) строго следит за выполнением этих законов, и у этого механизма должны быть свои СФЕ и блоки управления. Число уровней орбиты электрона, вероятно, определяется числом внутриядерных СФЕ (протонов и нейтронов или же других элементарных частиц) и их взаимодействием, результатом действия которых является положение электрона на электронной орбите.

Даже у гвоздя, несмотря на его простоту, есть блок управления, содержащий ППС и ООС, которые работают в соответствии с описанным алгоритмом. Нам трудно найти в нём какое-то образование, которое выполняет функции блока управления, но мы видим эти функции (управления) по конечному результату. У гвоздя уставкой являются его форма и геометрические размеры. Эта уставка вводится в блок управления однократно в момент изготовления гвоздя, когда отмеряются его размеры (в момент его «рождения»), и больше уже не вводится. Но когда уставка уже введена, то система должна выполнять эту уставку, т.е. гвоздь должен держать форму и размеры, даже если по нему бьют молотком. Причём мера его противодействия (его реакция) в ответ на сгибание в точности равна величине внешнего воздействия. Если его противодействие будет больше, чем сила сгибания, то он прогнётся в сторону, противоположную силе сгибания. Если меньше, то он просто согнётся. Но гвоздь «умудряется» держать свою форму с той или иной точностью в довольно больших пределах изгибающей его силы. Следовательно, блок управления гвоздя справляется со своей задачей.

В любых типах блока управления в какой-то момент должна быть введена уставка тем или иным образом. Мы не можем изготовить гвоздь «вообще», а

только конкретной формы и заданных размеров. Поэтому, в момент его изготовления (т.е. однократно) мы «задаём» ему задание быть такой-то формы и размеров.

Уставка может меняться, если есть канал её ввода. Например, при включении кондиционера, мы можем «задать» ему держать температуру воздуха 20°C, а затем поменять уставку на 25°C. У гвоздя нет канала ввода уставки, а у кондиционера есть.

Существует множество типов различных систем, но их можно разбить на две большие основные группы – *системы стабилизации* и *пропорциональные системы*, которые различаются по своим задачам. У первых результат действия всегда сохраняется один и тот же (стабильный), не зависит от силы внешнего воздействия, но зависит от уставки. У вторых результат действия зависит от силы внешнего воздействия по какому-либо определённом закону, задаваемой уставкой, и пропорционален ему.

Система стабилизации использует два рецептора – «Х» и «У». Рецептор «Х» используется для запуска системы в зависимости от наличия внешнего воздействия, а рецептор «У» – для измерения результата действия. На вход уставки блока управления системы стабилизации подается уставка – задание, какой *величины* должен быть результат действия. Система стабилизации должна выполнять это задание, т.е. поддерживать (стабилизировать) результат действия на заданном уровне, независимо от силы внешнего воздействия. Т.е. при любой величине внешнего воздействия величина результата действия должна быть одной и той же.

Стабильность результата действия обеспечивается ООС. Должный результат действия задаётся в «базу данных» блока управления, и работа системы осуществляется по логике ООС – если результат действия увеличился, то нужно уменьшить его, если уменьшился, то увеличить его. ППС запускает систему, а ООС отслеживает величину результата действия. Следовательно, *простейший* блок управления, содержащий только ППС, для систем стабилизации не подходит. Как минимум нужен *простой* блок управления, который содержит также и ООС.

Внешнее воздействие может меняться в различных пределах, но результат действия должен оставаться стабильным и быть равным заданному. На это система затрачивает свои ресурсы. Если ресурсы заканчиваются, система стабилизации перестаёт стабилизировать результат действия и с этого момента начинается её *недостаточность* (рис. 11,А).

У системы стабилизации до вертикальной пунктирной прямой результат действия системы стабильный (нормальная функция, кривая идёт горизонтально). После пунктирной прямой функция падает (возрастает), – стабилизация нарушилась (недостаточность функции).

Примером систем стабилизации являются, например, система стабилизации артериального давления и система стабилизации температуры в организме человека.

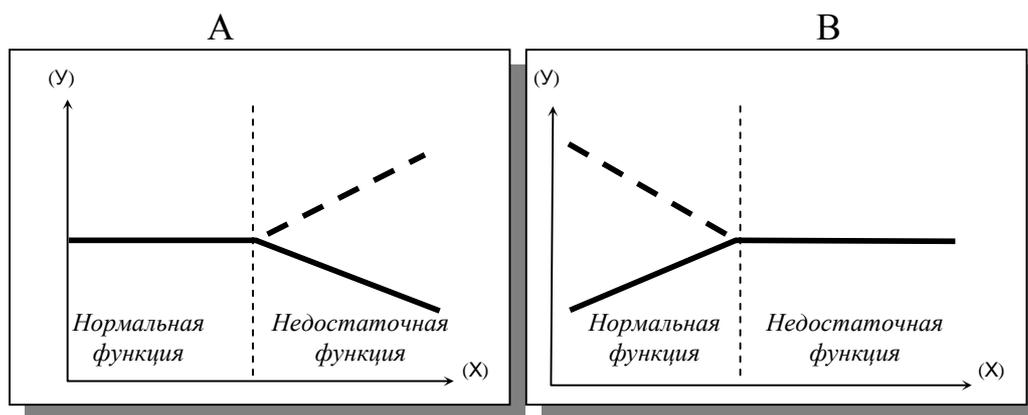


Рис. 11. Функции системы стабилизации (А) и пропорциональной системы (В)

Пропорциональная система также должна использовать оба рецептора «Х» и «У» (ППС и ООС). Один из них измеряет входное воздействие, а другой – результат действия системы. На вход блока управления подается уставка – задание, какой должна быть *пропорция* между внешним воздействием и результатом действия. Поэтому такие системы называются пропорциональными. Внешнее воздействие может меняться в различных пределах. Но блок управления должен подстраивать работу элементов исполнения таким образом, чтобы сохранялась та *пропорция* между внешним воздействием и результатом действия, которая была «предписана» (задана) в уставке.

Если пропорция сохраняется, на графике функции будет отмечаться нарастание (падение) кривой (нормальная функция, рис. 11,В) Но если ресурсы системы исчерпаны, она не сможет сохранять необходимую пропорцию между внешним воздействием и результатом действия. С этого момента она не сможет наращивать (снижать) свои функции пропорционально входному внешнему воздействию, и кривая её функции перейдёт в плато (рис. 11,В). После пунктирной прямой функция не меняется (вошла в насыщение, перешла в плато - недостаточная функция).

Примерами пропорциональных систем являются, например, усилители электрических сигналов, механические рычаги, морские течения (чем больше прогрев воды в океане, тем сильнее Гольфстрим), атмосферные явления и т.д.

Примерами такого рода систем могут быть сами сенсоры, поскольку величина их результата действия (частота импульсации, амплитуда напряжения и т.д.) пропорциональна внешнему воздействию.

Система кровообращения является примером пропорциональных биологических систем организма человека. В ответ на увеличение физической нагрузки она наращивает свои функции.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое отрицательная обратная связь и что она определяет?
2. Что содержит простой блок управления?
3. Каков алгоритм работы простых блоков управления?

4. Какими параметрами характеризуются ППС и петля ООС?
5. Что такое глубина ООС и чем она задается?
6. Чем отличаются системы стабилизации от пропорциональных систем?

Упражнения

1. Обсудите преимущества систем с простым блоком управления по сравнению с системами с простейшим блоком управления.
2. Выберите любые две системы с простым блоком управления и дайте характеристики их ППС и петли ООС.
3. Напишите компьютерную программу, соответствующую работе системы с простым блоком управления. Изменяя уставку и глубину ООС, покажите возможность и невозможность получения точного результата.
4. Обсудите недостатки и ограничения работы систем с простым блоком управления.
5. Приведите примеры систем стабилизации и пропорциональных систем.
6. Напишите компьютерные программы, соответствующие работе систем стабилизации и пропорциональных систем.

Тема 8. Циклы системы и переходные процессы

У систем, как и у СФЕ, также есть циклы их деятельности. Любые системы, как неживые, так и живые подчиняются циклическим законам их управления, и все они работают в полном и обязательном подчинении этим циклам. У разных систем могут быть разные циклы деятельности, и они зависят от сложности и алгоритма блока управления. Самый простой цикл работы у системы с простым блоком управления (рис. 12).

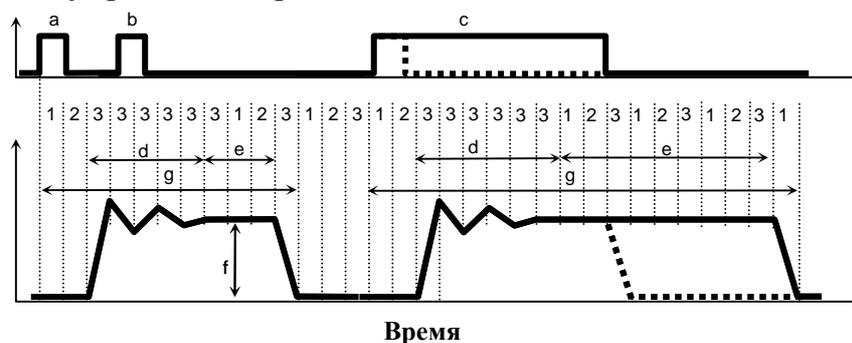


Рис. 12. Полный цикл действия простого блока управления: верхняя кривая – внешнее воздействие; нижняя – график функции системы; 1, 2, 3 – микроциклы системы
 а – внешнее воздействие, на которое система начинает реагировать; б – внешнее воздействие, на которое система не реагирует, потому что находится в рефрактерном состоянии; с – длительное внешнее воздействие, на которое система реагирует (пунктиром показана реакция системы, если бы длительность внешнего воздействия была по-прежнему короткой); d – переходный мультицикл системы (амплитуда паразитных колебаний зависит от глубины ООС); е – установившееся значение функции; f – за-

данное значение результата действия системы; g – полный цикл действия системы.

Он складывается из микроциклов:

- 1) восприятие, селекция и измерение внешнего воздействия рецептором «Х»;
- 2) выбор из «базы данных» величины должного значения результата действия;
- 3) переходный процесс (мультимикроцикл ООС, получение должного результата действия):
 - а) восприятие и измерение результата действия рецептором «У»;
 - б) сравнение этого результата с должной величиной;
 - γ) переход к 1-му микроциклу, если он равен должному;
 - δ) выработка решения и соответствующего воздействия на СФЕ с целью коррекции результата действия, если результат действия не равен должному;
 - ε) воздействие на СФЕ;
 - ζ) срабатывание СФЕ;
 - η) возврат к «а».

После начала внешнего воздействия срабатывает рецептор «Х» (1-й микроцикл). Затем из «базы данных» выбирается то значение результата действия, которое должно соответствовать данному внешнему воздействию (2-й микроцикл). После этого начинается переходный процесс (3-й мультимикроцикл, цикл ООС). И так до тех пор, пока результат действия не будет равным данному. С этого момента цель достигнута, и после этого блок управления возвращается к 1-му микроциклу, к рецепции внешнего воздействия. Деятельность же системы для выработки результата действия прекращается до тех пор, пока не появится новое внешнее воздействие.

Наиболее длительный переходный период тогда, когда глубина ООС максимальная. Например, если «У» меньше чем уставка «М», то в микроцикле переходного периода ООС включает только одну СФЕ, и так до тех пор, пока «У» не будет равно уставке «М», после чего переходный период заканчивается. Но так как СФЕ много и они включаются в функцию последовательно, то на это затрачивается очень много времени. Но зато функция системы очень плавно и без дополнительных колебаний приближается к должной величине.

Если глубина ООС меньше максимальной, то в микроцикле переходного периода ООС включает несколько СФЕ, причём чем меньше глубина ООС, тем больше число СФЕ за один микроцикл включается в действие. При этом чем больше число включаемых СФЕ за один микроцикл переходного периода, тем короче его длительность. При приближении «У» к заданному уставкой «М», ООС в какой-то момент «промахивается», и «У» становится больше, чем уставка «М». После этого ООС стремится уменьшить «У» и в какой-то момент опять «промахивается», и «У» опять становится меньше чем уставка «М». И так до тех пор, пока «У» не станет равным уставке «М». Эти «промахивания» определяют амплитуду колебаний кривой функции системы (управление по типу последовательного приближения).

Следовательно, максимально глубокая ООС лишена колебаний функции в

переходном периоде, но зато сама его длительность максимально большая. Неглубокая ООС укорачивает деятельность переходного периода, но создаёт колебания функции. Поэтому всегда нужно выбирать из двух зол наименьшее.

Микроциклы с 1-го по 2-й составляют *стартовый* период работы блока управления. Если было короткое внешнее воздействие, блок управления определяет его во время стартового цикла и переходит к *переходному* периоду (d на рис. 12), во время которого стремится получить актуальный результат действия, равный должному. Если во время переходного периода снова появится внешнее воздействие (b на рис. 12), то блок управления не прореагирует на него, потому что в этот момент он занят измерением «У» и не измеряет «Х» (рефрактерная фаза). По окончании переходного периода блок управления вновь обращается к стартовому периоду, но пока он это делает (обращается), достигнутое должное значение результата действия сохраняется неизменным (*установившийся* период).

Если внешнее воздействие будет равно нулю, то все СФЕ дезактивируются, потому что нулевому внешнему воздействию соответствует нулевая активация СФЕ, и система перестаёт действовать.

Если внешнее воздействие достаточно длительно и не меняется, так что после первого достижения цели блок управления успевает вновь обратиться к рецепции «Х», то установившееся значение результата действия будет сохраняться до тех пор, пока будет продолжаться внешнее воздействие. При этом переходного цикла не возникнет, потому что установившееся значение результата действия равно должному.

Если внешнее воздействие будет продолжаться и менять свою амплитуду, то возможно появление нового переходного цикла. Причём амплитуда колебаний функции будет тем больше, чем больше изменение амплитуды внешнего воздействия, потому что будет срабатывать механизм «промахивания мимо цели». Поэтому резкие перепады амплитуды внешнего воздействия недопустимы, потому что они вызывают различные нежелательные эффекты, связанные с переходным периодом (рис. 13).

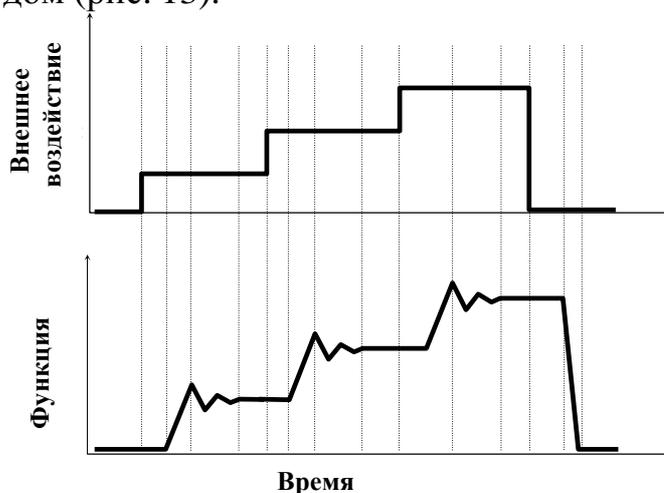


Рис. 13. График функции системы при меняющемся уровне внешнего воздействия

Наличие переходных процессов накладывает определённые ограничения на работу и область использования систем. Медленные инерционные системы не подходят для быстрых внешних воздействий, потому что быстродействие систем в первую очередь определяется быстродействием петли ООС.

Чем медленнее меняется внешнее воздействие, тем меньше переходный процесс (рис. 14).

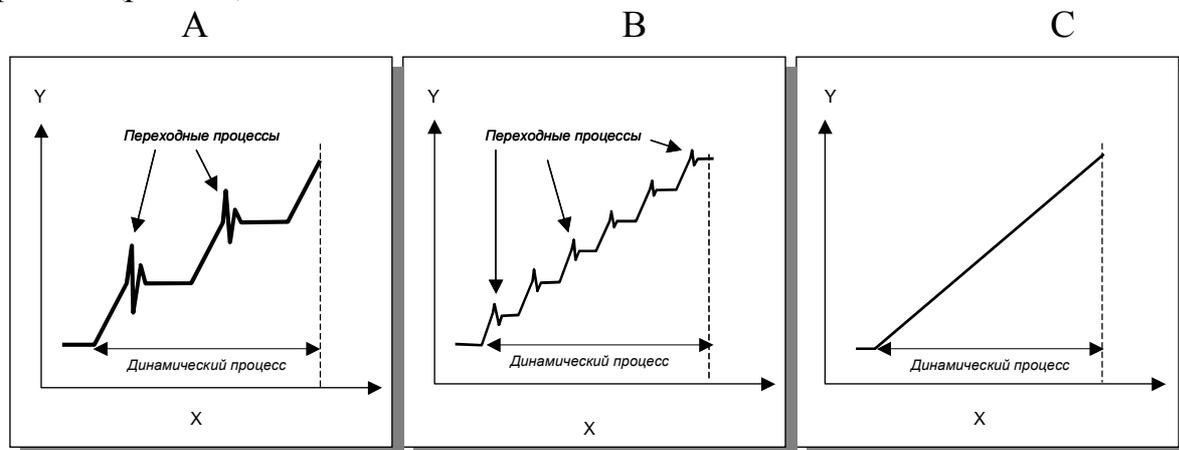


Рис. 14. Переходные процессы

Переходный процесс – это процесс перехода с одного уровня функционального состояния на другой. Чем «мельче» ступеньки перехода с одного уровня на другой, тем меньше амплитуда переходных процессов (рис. 14,А,В). При достаточно медленном изменении внешнего воздействия переходный период становится практически незаметным (рис.14,С).

Выраженность переходных процессов зависит от калибра СФЕ, силы внешнего воздействия, от времени зарядки энергией СФЕ, от чувствительности рецепторов, от времени их срабатывания, от глубины ОСС и от алгоритма работы блока управления. Но эти циклы работы систем и переходные процессы есть и внутри атомов, и в электронных схемах, и в планетарных системах, и во всех остальных системах, наполняющих наш Мир, включая организм человека.

Цикличность – это свойство любой системы. Если внешнее воздействие сохраняется на стабильном уровне, то работает этот минимальный установившийся цикл работы системы. Но и внешнее воздействие также может меняться циклически. Это уже вторичные, третичные и т.д. циклы. Волны на море, смена времён года, движения планет, движения поездов и т.д. – всё это примеры цикличности различных систем. Формы кривой цикличности могут быть самыми разнообразными. Число форм кривых безгранично.

Отсюда мы можем вывести определения функциональных состояний и динамичности процесса.

Функциональное состояние системы определяется числом активных СФЕ. Если ни одна СФЕ не активна – это *минимальное* (нулевое) функциональное состояние. Это может быть при отсутствии внешнего воздействия. Если все СФЕ одновременно функционируют – это *максимально высокое* функциональное состояние, которое возникает при максимальном внешнем воздействии.

Внешняя среда постоянно оказывает какое-либо воздействие на системы.

Любое внешнее воздействие, требующее дополнительной активной деятельности, переводит систему на новый уровень функционального состояния, если только резерв СФЕ не исчерпан. Когда новое воздействие устанавливается на новом неизменном (стационарном) уровне, то и функциональное состояние системы устанавливается в новом неизменном (стационарном) функциональном уровне. Функциональные состояния различных взаимосвязанных подсистем должны соответствовать друг другу.

Стационарным является такое состояние систем, когда в этих системах функционирует одно и то же число СФЕ и не происходит изменения их функционального состояния. Например, в состоянии покоя все системы организма не меняют своего функционального состояния, поскольку всё время функционирует примерно постоянное число СФЕ. Следовательно, он находится в стационарном состоянии.

Динамическим процессом является процесс изменения функционального состояния системы. Система находится в динамическом процессе тогда, когда происходит изменение числа её СФЕ, включенных в действие. Но число *постоянно* включенных в действие СФЕ определяет стационарное состояние системы. Следовательно, динамический процесс – это процесс перехода системы с одного стационарного уровня на другой.

Если скорость изменения внешних воздействий превышает скорость установления заданного результата действия системы, то появляются переходные процессы, во время которых также происходит изменение числа функционирующих СФЕ. Поэтому эти переходные процессы также являются динамическими.

Следовательно, есть два типа динамических процессов – когда система переходит с одного своего стационарного состояния (уровня) на другой из-за внешнего воздействия и когда она находится в переходном мультимикроцикле. Первый из них является *целевым*, а второй обусловлен несовершенством систем и является *паразитным*, потому что на его действия отбирается дополнительная энергия, которая была предназначена на целевые действия.

Следует отметить, что стационарное состояние также является процессом, но установившимся (стационарным) процессом. В таких случаях состояние систем от цикла к циклу не меняется. Но во время каждого цикла в системе происходит очень много различных динамических процессов, потому что система сама состоит из подсистем, в каждой из которых есть свои циклы и свои процессы.

Следовательно, *установившийся процесс* и *стационарное состояние* – это одно и то же, потому что независимо от того, находятся ли системы в стационарном состоянии или в динамическом процессе, в их подсистемах всегда могут быть какие-либо стационарные или динамические процессы.

Отсюда – нет абсолютно инертных (бездеятельных) объектов, любой объект нашего Мира тем или иным образом как-то действует. Предполагается, что полностью «бездеятельным» объект может быть при нуле градусов Кельвина (абсолютный нуль). Попытки получить абсолютно бездеятельные системы предпринимались путём замораживания тел до долей градусов Кельвина. Но

заморозить тело до абсолютного нуля, видимо, не удастся, потому что всё равно тело будет двигаться в пространстве, пересекать какие-либо магнитные, гравитационные или электрические поля и как-то взаимодействовать с ними.

Вопросы для самопроверки

1. Каков цикл работы у системы с простым блоком управления?
2. Что такое переходный процесс и каков его мультимикроцикл?
3. Как влияют переходные процессы на работу систем?
4. От чего зависит выраженность переходных процессов?
5. Чем определяется функциональное состояние системы?
6. Какое состояние систем является стационарным?
7. Что такое динамический процесс?

Упражнения

1. Обсудите наличие циклических процессов в неживой и живой природе и человеческом обществе.

3. Напишите компьютерные программы, которые графически демонстрируют работу блоков управления с максимальной глубиной ООС и неглубокой ООС.

4. Обсудите системы, для которых предпочтительней отсутствие колебаний функции в переходном периоде (при этом сама его длительность большая) и системы, для которых предпочтительней короткий переходный период (при этом создаются сильные колебания функции).

5. Приведите примеры стационарных функциональных состояний и динамических процессов для любых трех систем.

6. Обсудите, каким образом может быть оценено функциональное состояние системы.

Тема 9. Эволюция систем. Сложный блок управления

Для наилучшего достижения цели система всегда должна выполнять свое действие оптимально, выдавать свой результат действия в *нужном месте* и в *нужное время*. Её блок управления решает обе задачи – где и когда нужно срабатывать. У него есть свобода выбора действий, для этого у него должно быть понятие о времени и о пространстве и соответствующие сенсоры, поставляющие информацию о ситуации в данном пространстве.

У простого блока управления есть только понятие о времени, но нет понятия о пространстве. Конечно же это не те понятия, которые есть у нас, у людей. Это всего лишь какие-то начала понятия о времени, которое проявляется в очерёдности действий. Блок управления определяет, *когда* есть внешнее воздействие и определяет собственный результат действия *после* его появления. При этом время выдачи результата действия у систем с простым блоком управления, в свою очередь, включает в себя два периода:

- время, затраченное на принятие решения, от момента появления внешнего воздействия до момента активации СФЕ (время срабатывания блока управления);

- время, затраченное на срабатывание СФЕ, от момента начала активации СФЕ до момента получения результата действия (время срабатывания СФЕ).

Время, затраченное на принятие решения, зависит от длительности циклов работы блока управления, и это было рассмотрено выше. Время, затраченное на срабатывание СФЕ, зависит от свойств самих СФЕ, таких как, например, скорость биохимических реакций в живых клетках, что в немалой степени зависит от соотношения скорости расхода энергии этими СФЕ и скорости восстановления энергетического потенциала после срабатывания этих СФЕ. Эти скорости в основном являются характеристиками, присущими самим СФЕ, но также определяются сервисными системами, которые обслуживают эти СФЕ.

Но понятие «в нужное время» означает не только время срабатывания в ответ на внешнее воздействие. Во многих случаях необходимо срабатывать *раньше* или *после* внешнего воздействия. Однако система с простым блоком управления начинает срабатывать лишь *после* появления внешнего воздействия. Для систем, особенно для живых, это очень большой (катастрофический) недостаток, поскольку если уже есть внешнее воздействие на какой-либо организм, то, возможно, его уже начали кушать. Будет лучше, если система начнёт действовать ещё до того, как это внешнее воздействие начнётся. Если внешняя ситуация угрожает появлением опасного воздействия, то оптимальные действия системы могут предохранить её от него. А для этого нужно знать внешнюю *ситуацию*, уметь её увидеть, оценить и знать, какие действия необходимо сделать в определённых случаях. Т.е. нужно осуществлять управление получения реального результата действия *по упреждению*, перед внешним воздействием. Для выполнения этих действий он должен содержать специальные элементы, которые могут это делать.

Простой блок управления может осуществлять управление только по *рассогласованию* (расхождению) реального результата действия с заданным, потому что система с простым блоком управления не может «знать» ничего о внешней ситуации до того момента, пока эта ситуация не начнёт воздействовать на систему. Таким образом, простой блок управления не может принимать решения о месте и об изменении времени срабатывания. Для этого блоку управления нужен специальный анализатор, который может определять и анализировать внешнюю ситуацию и, в зависимости от различных внешних или внутренних условий, может вырабатывать решение о своих действиях. У этого анализатора должно быть понятие не только о времени, но и пространстве, в котором разыгрывается определённая ситуация, а также соответствующие информаторы (сенсоры с линиями связи между ними и этим специальным анализатором), которые дают информацию о внешней ситуации. Данные сенсоры должны уметь получать информацию на расстоянии и без прямого контакта (дистанционный информатор «С»). Кроме этого он должен содержать специальный *анализатор-классификатор*, который может *классифицировать* внешнее окружение и выделять в нём не все объекты и ситуации, а лишь те, которые могут повлиять на выполнение его целей.

Когда охотник стреляет в летящую утку, он стреляет не прямо в неё, а

стреляет с *упреждением*, потому что знает, что пока пуля долетит до утки, она (утка) за это время переместится вперёд. Как система для поражения утки он должен видеть всю ситуацию на расстоянии, он должен правильно оценить её, сделать прогноз, имеет ли смысл стрелять, и только на основе такого анализа он должен действовать. Он делает это с помощью своего специального анализатора (зрительного), который не является рецептором «Х» или «У», а является дополнительным рецептором «С» (дополнительные специальные дистанционные рецепторы с афферентными путями). Такими рецепторами могут быть любые рецепторы, которые могут получать информацию на расстоянии – тепло-, фоторецепторы и т.д.

Игра рыбьих косяков и даже дельфиновых стай в окрестностях плывущего боевого корабля не может повлиять на его движение в целевое место назначения. Но «игра» вражеской подводной лодки в его окрестностях может очень существенно повлиять на выполнение его цели. Боевой корабль должен уметь *видеть* всё его окружение, *выделить* из всех возможных ситуаций, которые могут быть в данной внешней ситуации, только те, которые могут создать внешние воздействия, мешающие выполнению его цели. А для этого он должен «знать» возможные варианты ситуаций, которые могут повлиять на выполнение цели данной системы. Для этого он должен иметь «базу знаний» (классификацию объектов и ситуаций), в которой содержится описание всех тех ситуаций, которые могут оказать влияние на выполнение цели. Если в его «базе знаний» нет описания каких-либо объектов или ситуаций, то он не сможет распознать (классифицировать) эти объекты или ситуации и не сможет принять верное решение.

В «базе знаний» должна сохраняться информация не о параметрах *внешнего воздействия*, которые хранятся в «базе данных», а о *ситуациях* вокруг (вне) системы, которые могут привести к специфическому внешнему воздействию. «База знаний» может быть внедрена в блок управления в момент его «рождения» или внесена позже вместе с уставкой, причём внедряется в данный блок внешними системами по отношению к данной системе. Если в его «базе знаний» нет описания данной ситуации, он не сможет её распознать и классифицировать. «База знаний» содержит описание различных ситуаций и значимость этих ситуаций для системы. Зная значимость реальной ситуации для достижения цели, система сможет сделать прогноз и принять решение о своих действиях в зависимости от прогноза.

Кроме «базы знаний» у него также должна быть и «база решений» – набор готовых решений, принимаемых блоком управления в зависимости от ситуации и от прогноза (уставные решения, инструкции), в которой хранятся соответствующие решения, которые необходимо принимать в соответствующих ситуациях. Если у него нет готовых решений на внешнюю ситуацию, он не может выполнить свою цель. Определив ситуацию и выработав решение, он задаёт уставку (уставка «М» на рис. 15) для простого анализатора, который соответствующим образом активизирует стимулятор.

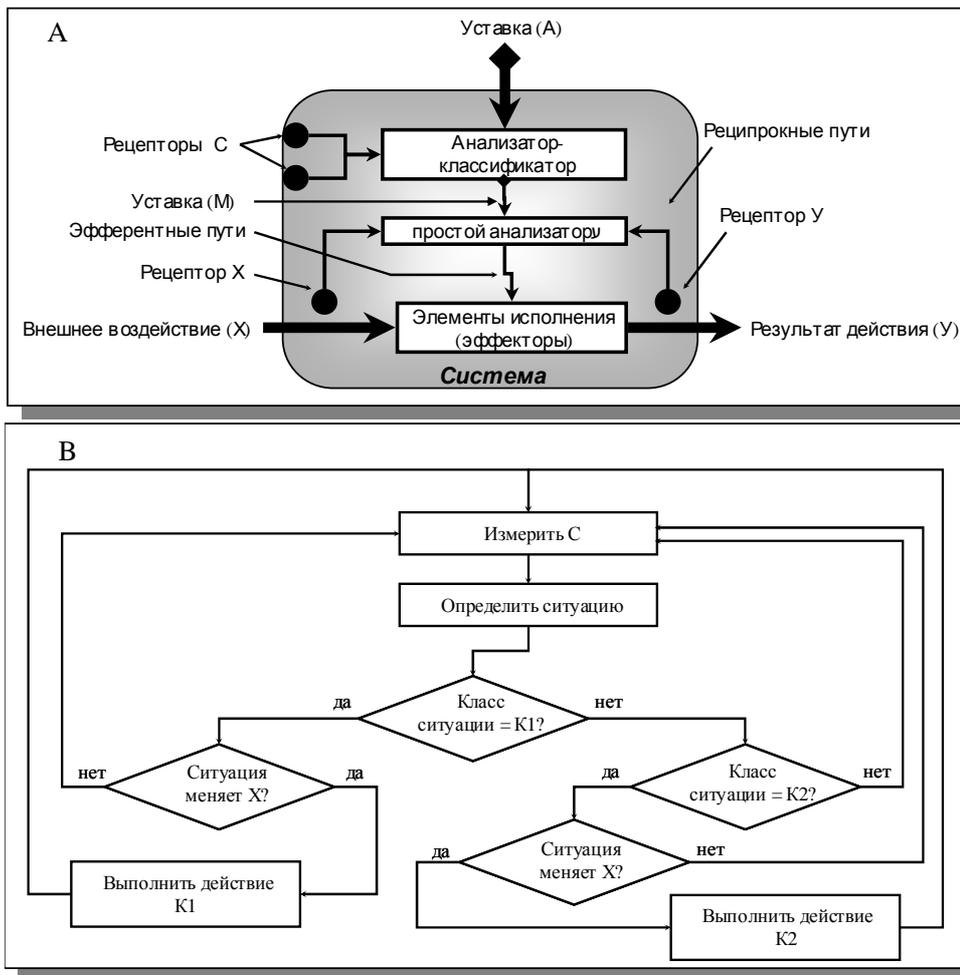


Рис. 15. Сложный блок управления (А) и алгоритм его работы (В)

Таким образом, блок управления усложняется за счёт включения как надстройки в его состав рецептора «С» и анализатора-классификатора, содержащего «базу знаний» и «базу решений» (рис. 15). Потому такие блоки управления называются *сложными*. Чем сложнее блок принятия решений, тем точнее может быть выбрано решение.

Не любая живая клетка обладает анализатором-классификатором. В классификации живого мира есть две крупнейшие группы – мир растений и мир животных. Растения, как и многие другие субъекты живого мира, такие как кораллы или бактерии, не обладают дистанционными рецепторами. Клетки животных, включая одноклеточных типа амёбы или инфузории, являются уже системами со сложными блоками управления, потому что обладают как минимум одним из пространственных анализаторов – *хемотаксисом*. У таких систем кроме понятия о времени есть также понятие и о пространстве. Чтобы иметь это понятие, необходимо иметь как органы для его видения, так и органы для передвижения в нём. Наличием дистанционных сенсоров животная клетка отличается от любых объектов растительного мира, у которых таких сенсоров нет. Поэтому блок управления является определителем, к какому миру принадлежит данный живой объект. Медуза не является водорослью, а является животным, потому что у неё есть хемотаксис и у неё есть органы передвижения в пространстве. Дистанционный анализатор даёт представление о пространстве, в

котором нужно передвигаться. Поэтому растения стоят на месте, а животные двигаются в пространстве.

Амёба является таким же охотником, как волк, акула или человек. Она питается инфузориями. Её анализатор-классификатор намного проще, чем, например, у волка или акулы, потому что у неё нет зрения и слуха и вообще нет нервных структур, но он уже может хоть как-то классифицировать внешнюю ситуацию. У неё есть уже сложный блок управления, включающий в себя информатор «С», поэтому амёба не растение, а животное.

Как блоки управления могут быть любой степени сложности, так и рефлекс могут быть любой степени сложности – от простейших аксон-рефлексов, до рефлексов, включающих в себя работу коры головного мозга (инстинкты и условные рефлексы). Число рефлексов живого организма огромно, для каждой системы организма существуют собственные рефлексы. Более того, организм не только сложный сам по себе, но в силу своей сложности он имеет возможность строить дополнительные, временные системы, необходимые на данный момент для какого-либо специфического конкретного случая.

Например, *система плача* является временной системой, которую организм строит на короткий промежуток времени. Блок управления системы плача является примером сложного блока управления. Цель плача – продемонстрировать свои страдания и вызвать жалость к себе. Эта система включает в себя в качестве составных исполнительных элементов другие системы (подсистемы), достаточно удалённые друг от друга как в пространстве, так и в функциональном отношении (слёзные железы, дыхательные мышцы, альвеолы и бронхи лёгких, голосовые связки, мимические мышцы и т.д.).

Сначала определяется внешняя ситуация, и в случае необходимости по определённой программе начинает срабатывать рефлекс плача (сложный рефлекс, инстинкт), который включает в себя управление подачей голоса определённого тембра (управление дыхательными мышцами и голосовыми связками), всхлипывания (серия прерывистых вздохов), слёзовыделения, определённую мимику и т.д. Все эти удалённые элементы объединяются сложным блоком управления в единую систему, в систему плача, с очень конкретной и специфической целью продемонстрировать свои страдания другой системе. Рефлекс плача может быть реализован на всех уровнях нервной системы, начиная от высших центральных мозговых структур, включая вегетативную нервную систему, подкорку и вплоть до коры головного мозга. Но мы рассматриваем только детский плач, который реализован в нервных структурах не выше подкорки (инстинктивный плач).

После того, как цель была достигнута (страдания были однозначно продемонстрированы, а была ли вызвана жалость, это выяснится потом) рефлекс прекращается, данный сложный блок управления исчезает, и система распадается на свои составные части, которые продолжают функционировать уже в составе других систем организма. Система же плача исчезает (рассыпается).

Откуда блок управления (на уровне подкорки) знает, что сейчас нужно плакать, а в другой момент не нужно? Для этого он распознаёт ситуацию (выделяет её и классифицирует). Этим занимается анализатор-классификатор. Его

«база знаний» заложена в подкорку с рождения (инстинкты).

Такие действия может выполнить *сложный* блок управления. Он реагирует не на *внешнее воздействие*, а на определённую *внешнюю ситуацию*, которая может дать определённое внешнее воздействие. Биологическим аналогом сложного блока управления являются сложные рефлексy или инстинкты. Во время внутриутробного развития в мозг плода «внедряются знания» («база знаний») о возможных ситуациях. Объём этих знаний огромный. Цыплёнок сразу может бегать, едва он вылупится из яйца. Крокодил, акула или змея сразу после рождения становятся хищниками, т.е. знают и умеют делать всё, что требуется для этого. Это говорит о том, что у них есть достаточная для этого врождённая «база знаний» и «база решений». В этих случаях мы говорим, что у животного есть инстинкты.

Таким образом, система со сложным блоком управления является объектом, который может реагировать на определённую внешнюю ситуацию, в которой может быть это воздействие. Но он может реагировать только на фиксированное (конечное) число внешних ситуаций, описание которых содержится в его «базе знаний» и у него есть конечное число решений на эти ситуации, описание которых содержится в его «базе решений». Для определения внешней ситуации он имеет информатор «С» и анализатор-классификатор. В остальном он похож на систему с простым блоком управления. Он также может реагировать на определённое внешнее воздействие, и его реакция обусловлена типом и числом его СФЕ. Результат действия системы также градуированный.

В неживом мире аналогов систем со сложным блоком управления нет, но есть искусственные кибернетические системы (роботы, ракеты с самонаведением и пр.).

Биологическим аналогом систем со сложным блоком управления являются все животные, которые могут ориентироваться и двигаться в пространстве, от одноклеточных до животных с достаточно развитой нервной системой, включающей головной мозг и дистанционные органы чувств, такие как зрение, слух, обоняние, но у которых невозможно выработать рефлексy на новые ситуации, например, насекомые.

Аналогом информатора «С» являются все «дистанционные» рецепторы – зрение (или их светочувствительные аналоги у более низко развитых животных), слух и обоняние.

Аналогом анализатора-классификатора являются, например, зрительный, слуховой, вкусовой и обонятельный анализаторы, расположенные в подкорке. Зрительный, слуховой, вкусовой и обонятельный анализаторы, расположенные в коре головного мозга, относятся уже к анализаторам-корреляторам.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается «база знаний» от «базы данных» в блоке управления?
2. Каким образом «база знаний» может быть внедрена в сложный блок управления?
3. Для чего сложному блоку управления нужна «база решений»?

4. Какие дополнительные элементы по сравнению с простым блоком управления содержит сложный блок?
5. Каков алгоритм работы сложного блока управления?
6. Есть ли в неживом мире аналоги систем со сложным блоком управления?
7. Что является аналогом анализатора-классификатора в сложном блоке управления?

Упражнения

1. Обсудите преимущество систем со сложным блоком управления перед системами с простым блоком управления.
2. Выберите из перечисленных те системы, которые обладают сложным блоком управления: кристалл, река, человек, медведь, дерево, муравей, рыба, бабочка, змея.
3. Приведите примеры систем со сложным блоком управления и обсудите, что является у них аналогом анализатора-классификатора и информатора «С».
4. Напишите компьютерную программу по алгоритму работы сложного блока управления.
5. Обсудите недостатки сложного блока управления.

Тема 10. Самообучающийся блок управления. Сигнальные системы

Никаких мозгов не хватит, чтобы вместить огромные «базы знаний» о всех возможных состояниях всего окружающего мира. Поэтому одной из причин, почему каждый вид животных занимает соответствующую биосферную нишу, является необходимость ограничить объём «базы знаний». Антилопа знает то, что не знает тюлень, и наоборот. В каждой отдельной экологической нише количество возможных ситуаций намного меньше, чем во всех экологических нишах вместе взятых. Поэтому и объём необходимых знаний в отдельных экологических нишах требуется относительно небольшой.

Однако даже если каким-то образом внедрить в блок управления всю имеющуюся на сегодняшний день информацию о всех ситуациях, которые уже возникали в мире, это всё равно не поможет, потому что мир постоянно меняется и многие ситуации ещё не возникали. «База знаний» в принципе не может иметь информацию о том, чего ещё не было в мире. Естественно, что и «база решений» не может содержать всех возможных вариантов решений. «Генетические знания» содержат только то, что пережили предки животных. Они принципиально не могут иметь знаний о том, что ещё будет. Как только возникнет новая ситуация, система не сможет её распознать, классифицировать и принять решение. Даже если эта ситуация будет многократно повторяться, если система не может самообучаться, она каждый раз не сможет правильно распознать ситуацию, потому что таких ситуаций у неё в «базе знаний» нет.

Муравей бежит по штакетнику, поднимаясь и спускаясь, и не может догадаться, что можно спокойно обходить штакетник. Миллионы лет назад, когда формировалась его генетически заложенная «база знаний», штакетников не бы-

ло. Если на паутину опустить нитку, паук оставит эту паутину и сплетёт новую, потому что он не знаком с такой ситуацией, не знает и не может научиться тому, что можно, например, сделать дырку в паутине, чтобы нитка не мешала. Всё это потому, что насекомые как класс животных не способны что-либо выучить. Они могут быть прекрасными строителями, поражающими нас своими сложными и прекрасными паутинами, гнёздами и прочими творениями их труда. Но они могут строить только на основе врождённых знаний. У них есть уже готовые «базы знаний» и «базы решений» (инстинкты), но у них нет мозговых структур (элементов блока управления), способных дополнять собственную «базу знаний» новыми жизненными ситуациями. У них не возникает рефлексов на новые раздражители.

Чтобы уметь распознавать и классифицировать новые ситуации, блок управления должен уметь *вносить* описания этих ситуаций в свою «базу знаний». Но сначала он должен уметь распознать, что это вообще *новая* ситуация, например, сравнивая её с тем, что уже есть в «базе знаний». Затем он должен выявить *значимость* (ценностную стоимость) именно этой ситуации для достижения собственной цели. Если нет никакой корреляции между новой ситуацией и выполнением цели системы, нет смысла запоминать эту ситуацию, иначе мозги будут «забиты мусором». Выделяя и классифицируя внешние ситуации (распознавая их) и находя взаимосвязь (корреляцию) между этими ситуациями, принятыми решениями и достижением цели системы блок управления учится вырабатывать соответствующие решения. Таким образом, самообучающийся блок управления постоянно дополняет свою «базу знаний» и «базу решений».

Но по закону сохранения ничего само собой не происходит. Для того чтобы блок управления мог делать все выше названные действия, он должен иметь соответствующие элементы. Основным таким элементом является *анализатор-коррелятор* (рис. 16). Он является основой, на которой может появиться рефлекс на новый раздражитель или новую ситуацию.

Его задача – выявить новую ситуацию, распознать, что она новая, выявить степень корреляции между этой ситуацией и его собственной целью. Если нет корреляции между этой новой ситуацией и выполнением собственной цели системой, нет смысла запоминать и зря загружать свою ограниченную память «базы знаний». Если степень корреляции высокая, то нужно занести эту ситуацию в свою «базу знаний» и выработать решение о выборе собственных действий для достижения собственной цели, после чего определить, есть ли корреляция между принятым решением и достижением цели. Если нет корреляции между принятым решением и выполнением собственной цели системой, то надо найти другое решение и снова определить корреляцию между принятым решением и выполнением цели. И так повторять до тех пор, пока не появится достаточно высокая корреляция между принятым решением и выполнением цели. Только после этого занести найденное правильное решение в свою «базу решений».

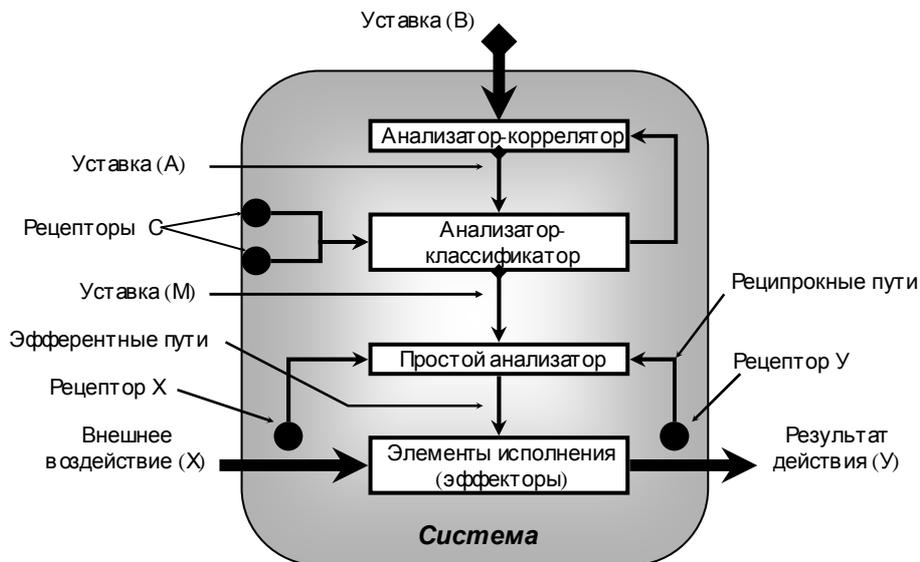


Рис. 16. Самообучающийся блок управления

В этом суть самообучения. Только анализатор-коррелятор делает возможным процесс самообучения. Самообучение системы – это, по сути, возникновение рефлексов на новые раздражители или ситуации (не путать с условными рефлексам). Следовательно, они возможны лишь тогда, когда в блоке управления есть анализатор-коррелятор.

Уточним, что, вообще говоря, нет самообучающихся систем, а есть их самообучающиеся *блоки управления*, потому что исполнительные элементы не могут ничему обучаться. Тем не менее, термин «самообучающиеся *системы*», по-видимому, уже прижился.

Для того чтобы блок управления мог быть самообучающимся, он должен содержать три типа анализаторов:

- простой анализатор с «базой данных» (ПУС и ООС, благодаря которым система может выделить и измерить внешние сигналы и измерить собственный результат действия);
- анализатор-классификатор с «базой знаний» и «базой решений» (может классифицировать внешнюю ситуацию на основе информации с рецептора «С»);
- анализатор-коррелятор (может выявить взаимосвязь – корреляцию, между различными внешними ситуациями и результатами действий данной системы и передавать полученные знания и решения анализатору-классификатору для занесения в «базу знаний» и «базу решений»).

Таким образом, система с самообучающимся блоком управления является объектом, который может научиться распознавать новые внешние воздействия и ситуации, в которой может быть это воздействие, и заносить их в свою «базу знаний» и «базу решений». Для этого у него есть анализатор-коррелятор. В остальном он похож на систему со сложным блоком управления.

Биологическим аналогом анализатора-коррелятора является кора головного мозга. Наличие коры определяет возможность появления рефлексов на *новые ситуации*. Кора головного мозга есть только у животных, уже находящихся

на достаточно высокой ступени своего развития, поэтому биологическим аналогом систем со сложным блоком управления являются все животные с достаточно развитой нервной системой, у которых возможно выработать рефлекс на новые ситуации (не путать с условными рефлексами).

Небиологические аналоги систем с самообучающимся блоком управления нам неизвестны. Компьютерные самообучающиеся системы построены человеком, и сам процесс самообучения всегда в конечном итоге включает кору головного мозга человека. Есть различные так называемые «интеллектуальные» системы, но полноценным интеллектом пока обладает лишь человек. Поэтому в неживом мире аналогов систем с самообучающимся блоком управления пока нет.

Появление в блоке управления анализатора-коррелятора дало ему возможность увеличивать свой личный опыт путём самообучения, но он не может передать свой опыт другим системам. Личный опыт ограничен, как бы личность не старалась увеличить его. В любом случае коллективный опыт намного больше личного. Для того чтобы одна личность могла передать свой опыт другой личности, необходимо отдельное устройство, с помощью которого можно «перекачивать» информацию из одной «базы знаний» в другую.

Например, антилопа знает, что гепард очень опасен, потому что ест антилоп, и хочет передать это знание своему малышу. Каким образом это можно сделать? Например, она может смоделировать ситуацию, разыграв спектакль, в котором все действующие лица – *реальные* объекты. Т.е. она должна подставить себя гепарду перед глазами этого малыша, чтобы он получил свой личный опыт на примере своей мамы. Детёныш увидит ситуацию, у него выработается рефлекс на новую ситуацию, и он будет остерегаться гепардов. Естественно, это абсурдный путь, потому что он не решает проблемы выживаемости. Вместо двух антилоп всё равно остаётся одна.

Что же в принципе можно сделать? Каким же образом одна самообучающаяся система может передавать свой личный опыт другой самообучающейся системе? Нужно смоделировать ситуацию, разыграв спектакль, в котором все действующие лица – *абстрактные* объекты. Заменить реальные объекты другими, которым присваивается *условная* связь между ними и реальными объектами. Такими абстрактными объектами являются *условные* сигналы. Системы «договариваются» (вырабатывают условие), что если появится такой-то сигнал, это будет говорить о том-то. Любому проявлению жизнедеятельности животного можно условно присвоить какой-либо смысл и использовать это в качестве абстрактного соответствия другому явлению.

Выработка *условного рефлекса* и есть замена реального воздействия *абстрактным* воздействием. Это есть так называемая *первая сигнальная система*, которая основана на условных рефлексах. Следовательно, первая сигнальная система использует все средства, которые используют любые блоки управления – тактильные, световые, химические и пр.

Появление гепарда вызывает появление панического голоса у антилопы. Значит, появление такого голоса связано с появлением гепарда, и такой голос становится абстрактным заменителем самого гепарда, условным сигналом. Аб-

страктым заместителем опасности может быть любой двигательный сигнал: поднятие или опускание хвоста, особые прыжки, издавание особых звуков, мимика и т.д. Т.е. произошло абстрагирование реального действия его символом: голосовым, двигательным и т.д. Для такого абстрагирования в блоке управления необходимо дополнительное устройство – *анализатор-абстрактор*, в котором должна быть своя «база абстракций» («база условных сигналов»).

«База абстракций» содержит набор описания определённых условных сигналов, которые принимаются как условные ситуации и которые соответствуют определённым реальным ситуациям.

Абстрагирование реального внешнего воздействия голосовым или двигательным символом делает первая сигнальная система (рис. 17,А). Она дополняет анализатор-коррелятор и действует подобно ему, т.е. является самообучающейся. «База абстракций» вновь рождённой системы пустая, в отличие от «базы знаний». Она заполняется в течение жизни системы за счёт возможности самообучения, и вновь полученные знания затем «перекачиваются» в «базу знаний».

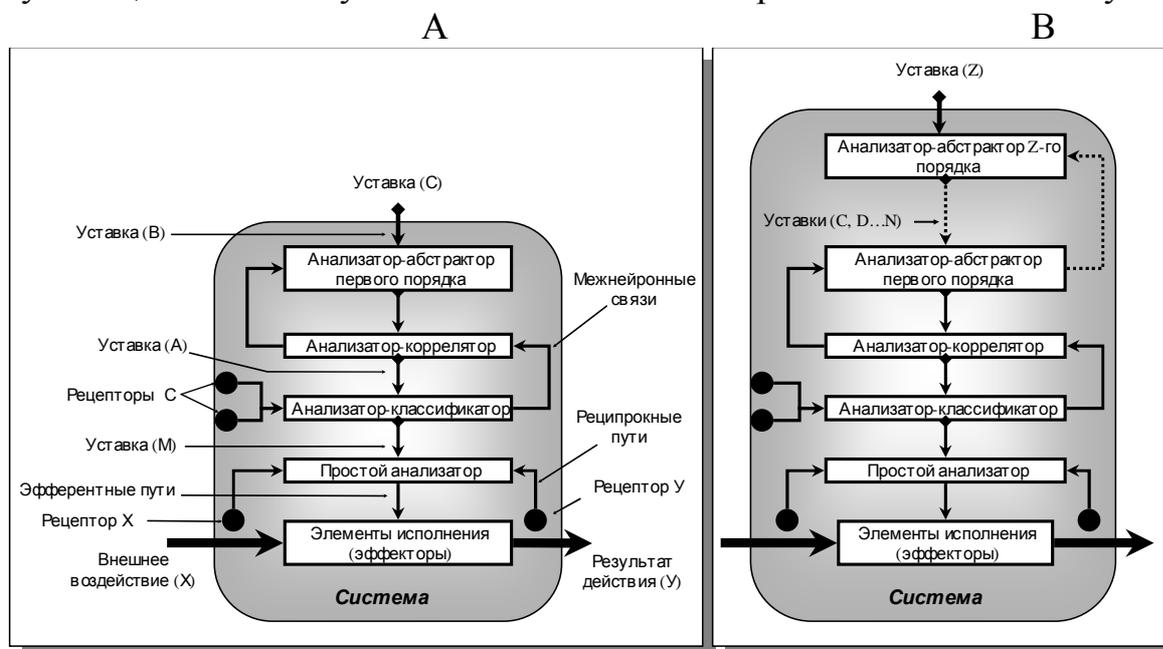


Рис. 17. Системы с блоками управления первой (А) и второй (В) сигнальной системы

Иногда поведение животных как будто указывает на их возможность передавать информацию от одного к другому ещё до появления соответствующей ситуации. Например, одни львы отправляются в засаду, другие начинают гнать антилоп. Т.е. они как будто предвидят ситуацию. Но они знают о возможностях засады только из своего личного опыта. У них нет других средств передачи такой информации своему сменному поколению, кроме как показать им эту ситуацию.

Здесь открывается новый путь для развития систем (вернее, их блоков управления), путь социализации – объединения животных в группы для увеличения собственного опыта, потому что условные сигналы предназначены толь-

ко для передачи информации от одной системы (субъекта) к другой. Вероятно, есть несколько уровней такого анализатора-абстрактора, и от числа этих уровней зависит степень абстракции, до которой может дойти тот или иной субъект. Абстрагировать можно внешние воздействия, внешние ситуации, реальные объекты и даже сам процесс самообучения. Но в любом случае нужно уметь абстрагировать и понимать абстрактные сигналы. Этим занимается анализатор-абстрактор.

Абстрагирование реального внешнего воздействия, объекта или ситуации *ситуационным* условным сигналом (позой, звуком, движением, каким-либо действием) может делать *первая* (ситуационная) сигнальная система.

Абстрагирование реального внешнего воздействия, объекта или ситуации *знаковым* условным сигналом (каким-либо объектом или символом) может делать только *вторая* сигнальная (символьная или знаковая) система. Блок управления со второй сигнальной системой – это интеллектуальный блок управления. Интеллект зависит только от наличия и степени развитости (числа уровней) анализатора-абстрактора (рис. 17,В).

У животных вторая сигнальная система развита очень слабо или не развита вообще. Если лошадь шарахается от кнута, то в данном случае срабатывает даже не первая сигнальная система, а рефлекс на новую ситуацию, которую лошадь выучила при своём знакомстве с кнутом. Если её грубо окрикнуть, то она даже без показа ей кнута сделает необходимые выводы. Здесь уже срабатывает первая сигнальная система. Но если ей показать надпись, в которой написано, что её сейчас избьют, она никак не среагирует, потому что не может и никогда не сможет читать, у неё нет второй сигнальной системы.

Большей степени развития вторая сигнальная система достигла у человека. Она у нас настолько развита, что стало возможным полностью передать нам всю необходимую информацию о наших действиях в прошлом и ближайшем или даже достаточно отдалённом будущем только с помощью знаковых символов. Знаковыми символами могут быть любые явления и объекты нашего Мира – звуки и голос (речь), движения (речь глухонемых), предметы и знаки (криптография и письмо) и т.д. Следовательно, вторая сигнальная система также использует все средства, которые используют любые блоки управления – тактильные, световые, химические и пр. Но в отличие от первой сигнальной системы уже не только проявлению жизнедеятельности животного, а любому явлению, объекту или знаку нашего Мира можно условно присвоить какой-либо смысл и использовать это в качестве абстрактного соответствия другому явлению. Например, можно измерять длину в ступнях, в попугаях или метрах, кому что больше подходит. В этом смысл второй сигнальной системы. А логическое связывание объектов и явлений Мира с проявлениями собственной жизнедеятельности и даже с любыми другими объектами и явлениями Мира – это и есть познание Мира и осознание его значимости для систем.

Это очень резко повышает наши познавательные возможности. Мы можем читать книгу, в которой изображены лишь какие-то закорючки, но перед нами раскрываются настолько полноценные и красочные картины, что мы забываем об окружающем мире, захваченные интересным чтением. Наверняка ва-

ша собака удивляется, что это её хозяин подолгу смотрит в странный предмет (в книгу) и не двигается, не бегает и не издаёт звуков. И даже если вы попытаетесь объяснить ей, что такое книга, она всё равно не поймёт, потому что она пока ещё не «созрела», у неё нет второй сигнальной системы.

Таким образом, система с самообучающимся блоком управления, который содержит *первую сигнальную систему*, является объектом, который может абстрагировать внешние воздействия и ситуации абстрактным *ситуационным условным сигналом*. Для этого у него есть анализатор-абстрактор первого порядка. У такого блока есть «база знаний» и «база абстракций», которые он накапливает в своём *мозгу* в течение своей жизни. В сообществах систем с первой сигнальной системой возможно накопление личных знаний и передача этих знаний другим членам сообщества, но невозможно накопление общественных знаний, потому что эти знания накапливаются только в блоке управления (в головном мозгу) с ограниченными возможностями и исчезают со смертью субъекта.

Система, у которой есть самообучающийся блок управления, содержащий *вторую сигнальную систему*, является объектом, который может абстрагировать внешние воздействия и ситуации абстрактным *знаковым условным сигналом*. Для этого у него есть анализатор-абстрактор *Z*-го порядка. Такие блоки накапливают «базу знаний» и «базу решений» *вне* своего головного мозга в виде письма или других аналогичных средств, благодаря развитой «базе абстракций». Это даёт возможность избавить зависимость накопления знаний от времени жизни отдельного субъекта. В сообществах систем со второй сигнальной системой возможно накопление общественных знаний, и это усиливает накопление личных знаний.

В остальном блок управления с сигнальными системами похож на самообучающийся блок управления, рассмотренный ранее.

В неживом мире нет аналогов систем с блоком управления с сигнальными системами. Биологическим аналогом систем с блоком управления, который содержит первую сигнальную систему, являются все животные с достаточно развитой нервной системой, у которых можно выработать условные рефлексы. Как правило, у таких животных уже есть социальные отношения (стаи, стада, прайды и прочие социальные группы), потому что сигналы предназначены для передачи от животного к животному.

Биологическим аналогом систем с блоком управления, содержащим вторую сигнальную систему, является человек.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое "анализатор-коррелятор" и для чего он нужен блоку управления?
2. Какова схема самообучающегося блока управления?
3. Сколько типов анализаторов должен содержать самообучающийся блок управления?
4. Существуют ли небιологические аналоги систем с самообучающимся блоком управления?

5. Что является биологическим аналогом анализатора-коррелятора?
6. Каким же образом одна самообучающаяся система может передавать свой личный опыт другой самообучающейся системе?
7. Чем отличается блок управления со второй сигнальной системой от блока управления с первой сигнальной системой?

Упражнения

1. Обсудите преимущество систем с самообучающимся блоком управления перед системами со сложным блоком управления.
2. Выберите из перечисленных те системы, которые обладают самообучающимся блоком управления: гора, робот, человек, слон, лес, муха, кит, муравейник, лев, обезьяна.
3. Приведите примеры систем с самообучающимся блоком управления и обсудите, что является у них аналогом анализатора-классификатора, информатора «С», анализатора-коррелятора.
4. Обсудите преимущества систем, которые обладают блоком управления со второй сигнальной системой по сравнению с системами, обладающими блоком управления с первой сигнальной системой.
5. Обсудите возможные недостатки самообучающегося блока управления.

Тема 11. Иерархия целей и систем. Образование систем

Чем сложнее система, тем больше разнообразие внешних воздействий, на которые она реагирует. Но всегда на *одно* определённое *воздействие* (или определённую комбинацию внешних воздействий) система должна дать только *одну* определённую *реакцию* (однозначную реакцию) или определённый комплекс реакций (однозначный комплекс реакций). Т.е. система всегда является моноцелевой, реагирует только на *одно* определённое внешнее воздействие и всегда даёт только *одну* определённую реакцию.

Но мы всегда видим многореактивные (многоцелевые) системы. Например, мы реагируем на свет, на звук, на температуру и т.д. При этом мы можем стоять, бежать, лежать, кушать, кричать и т.д. Т.е. мы реагируем на много внешних воздействий и делаем много различных действий.

Здесь нет противоречия, так как и цели и реакции могут быть простыми и сложными. Конечная главная цель системы является логической суммой подцелей её подсистем. Цель складывается из подцелей. Например, у живого организма есть только одна, но очень сложная цель – выжить во чтобы то ни стало, а для этого он *должен* питаться. А для этого *необходимо* доставить пищу из окружающей среды. А для этого *нужно* сначала добыть её. А для этого *нужно* уметь быстро бегать (летать, кусать, хватать и т.д.). Затем *нужно*... И таких «должен», «необходимо» и «нужно» может быть очень много. Но каждое из них является определённой подцелью на каждом уровне иерархии целей. И для каждой такой подцели существует определённая подсистема на соответствующем уровне иерархии подсистем. И каждая из них выполняет свою функцию. И таким образом, у системы набирается много функций. Но вся эта иерархия функций необходима для одной единственной кардинальной цели – выжить в

этом мире. Для этого кардинальная цель дробится на подцели – двигаться, вырабатывать энергию, реагировать на внешние раздражители и т.д., кардинальная цель дробится на более мелкие и более простые цели (иерархия целей).

Если учитывать иерархию целей, иерархию систем и иерархию внешних воздействий, то всегда можно определить только одно, хотя и сложное, внешнее воздействие и только одну, хотя и сложную, реакцию. Любая множественность укладывается в одно суммарное внешнее воздействие и одну суммарную реакцию, в зависимости от уровня иерархии.

Нет систем в виде неделимого объекта, любая система состоит из группы элементов. А каждый элемент, в свою очередь, сам является системой (подсистемой) со своей целью, являющейся подцелью генеральной цели. Таким образом, одна кардинальная цель определяет систему, а подцель – подсистему. И так вглубь иерархической лестницы. Цель дробится на подцели и строится иерархия *целей* (логически связанная цепь должных действий).

Целевые действия систем выполняют её *элементы исполнения*, но для управления их целевого взаимодействия необходимо взаимодействие *блока управления* самой системы с *блоками управления* её подсистем. Поэтому иерархическая лестница систем – это, по сути, иерархическая лестница блоков управления систем. Иерархические отношения между блоками управления различных уровней строятся на подчинённости блоков низшего ранга высшим. Т.е. блок управления высокого уровня задаёт уставку (цель) блокам управления более низкого уровня. Именно иерархичность систем определяет задание цели для систем извне.

Элементы каждого уровня иерархии систем являются частями системы, её подсистемами, системами более низкого порядка. Поэтому понятия «часть», «исполнительный элемент», «подсистема», «система» и в ряде случаев даже «элемент» являются идентичными и относительными. Выбор названия диктуется лишь удобством подчёркивания места данного элемента в иерархии системы.

Понятие об иерархической лестнице (или о принципе пирамиды) является очень мощным инструментом системного анализа. Как всё наше окружение, так и любой живой организм состоит из огромного числа различных элементов, находящихся в различных отношениях между собой. Невозможно анализировать всё громадное количество информации, характеризующее бесконечное число различных элементов. Понятие иерархии систем резко сужает число элементов, подлежащих анализу. Без неё мы должны брать на учёт все уровни окружающего мира, начиная от элементарных частиц и кончая глобальными системами, такими как организм, биосфера, планета и так далее.

Для глобальной оценки любой системы достаточно анализировать всего три уровня:

- глобальный уровень самой системы (её место в иерархии более высоких систем);
- уровень её элементов исполнения (их место в иерархии самой системы);
- уровень элементов её управления (элементов блока управления самой системы).

Для оценки функции системы необходимо определить соответствие ре-

зультата действия данной системы её цели – должному результату действия (глобальный уровень функции системы), определить число её подсистем и соответствие их результатов действия их целям – их должным результатам действия (локальные уровни функций элементов исполнения) и оценить функцию элементов управления. В конечном итоге максимальный уровень функции системы определяется логической суммой результатов действий всех подсистем, входящих в её состав, и оптимальностью деятельности блока управления.

Системы работают по законам логики, основным принципом которых является выполнения условия: «...если, то...». В этом условии «...если» является аргументом (целью), а «то...» – функцией (результатом действия). Этим условием определяется детерминизм в природе и иерархическая лестница. Любой закон, природный или социальный, требует выполнения какого-либо условия, а основой любого условия является эта логическая связка – «...если, то...». Причём эта логическая связка касается только двух смежных подсистем на иерархической лестнице. Аргумент «...если» всегда задаёт система на более высокой ступеньке, а функцию (то...) выполняет система (подсистема), стоящая прямо под ней на более низкой ступеньке иерархической лестницы.

Действия самих элементов и взаимодействия между элементами могут быть основаны на законах физики или химии (законах электродинамики, термодинамики, математики, социальных или квантовых законах и т.д.). Но работа блока управления основана только на законах логики. А поскольку именно блок управления определяет характер функции систем, то можно утверждать, что системы работают по законам логики.

Когда происходит организация систем, происходит соединение соответствующих выходов результатов действия и стимуляторов с входами внешнего воздействия или уставки соответствующих систем. Так строится иерархия систем, одна из них управляющая на верхней ступеньке иерархии, другая управляемая, ниже на одну ступень иерархии. Но глубина управления на лестнице системной иерархии не любая. У блока управления системы глубина иерархии управления должна быть не больше чем на одну ступеньку вниз по системной иерархической лестнице. Он не может управлять более высокими по отношению к нему системами, т.е. стоящими на одну и выше ступенек лестницы иерархии, потому что сам управляется блоком управления этой высшей системы через собственный вход установки.

Ему нет смысла управлять также и стоящими более чем на одну ступеньку вниз по этой же лестнице. У каждой подчинённой ему подсистемы есть собственная цель, которая является подцелью данной системы и которую она выполняет за счёт взаимодействия уже её собственных подсистем. Если она выполняет свою цель, то нет смысла лезть вглубь иерархии, поскольку данная подсистема так и так её выполняет. Если данная подсистема в силу каких-либо причин не может выполнить свою цель (подцель), то блоку управления также нет смысла «влезать» ещё вглубь иерархии, потому что если «мелкий начальник» не смог управлять данной подсистемой, то и «выше стоящий начальник» также не сможет это сделать, и данная подсистема всё равно не сможет выполнить свою цель. Т.е. блоки управления работают по средневековому феодаль-

ному принципу – «вассал моего вассала не мой вассал». Это вытекает из самого принципа работы блока управления. Он может управлять только качеством и количеством функций подчинённых ему подсистем или СФЕ за счёт их включения (выключения) и путём передачи в их блоки управления определённых уставок (директив). Причём число подчинённых подсистем не должно превышать определённое число, которое зависит от соотношения степеней сложности блока управления и выполняемой цели.

Иногда в сообществах людей «начальники» мнят, что они могут управлять на любых уровнях, но такой тип управления самый неэффективный. Наилучший тип управления – это когда директор (блок управления многофункциональной системы) управляет только начальниками отделов (блоки управления монофункциональных систем), ставит перед ними выполнимые цели и требует их выполнения. Причем число его «замов» не должно превышать 7 ± 2 (число Мюллера). Если какой-то отдел не выполняет своих целей, это значит, что либо руководство отдела (блок управления подсистемы) не годится, потому что или недостаточно продумало и распределило задания для своих подчинённых (для СФЕ), или неправильно подобрало рядовых работников (СФЕ), либо перед самим отделом (перед системой) была поставлена невыполнимая цель, и тогда уже сам директор (блок управления системы) не годится для управления, если взялся за невыполнимые вещи. В этих случаях необходима реорганизация системы. Но если система налажена и функционирует нормально, то директору нет смысла самому «влезать» в текущие дела отдела. Для этого есть начальник отдела.

Решение о реорганизации системы приходит лишь тогда, когда система по какой-либо причине не может выполнить цель (кризис системы). Если нет кризиса, нет смысла в реорганизации. Для реорганизации система меняет состав своих исполнительных и управляющих элементов как за счёт включения (выключения) дополнительных подсистем, так и за счёт изменения комбинаций выход-вход этих элементов. В таких случаях может происходить перескок ступенек иерархии и нарушение принципа «вассал моего вассала не мой вассал». В этом суть реорганизации системы. При этом часть элементов может быть выброшена из системы за ненадобностью (так когда-то мы потеряли, например, хвосты и жабры), а другая часть может быть включена в состав системы или перемещена по лестнице иерархии. Но всё это может происходить только во время самой реорганизации системы. Когда сам процесс реорганизации заканчивается и реорганизованная система может выполнять поставленную перед ней цель (начинает нормально функционировать), восстанавливается закон управления «вассал моего вассала не мой вассал».

Богданов показал, что существует два способа образования (организации) систем. По первому способу система возникает как минимум из двух объектов любой природы посредством третьей сущности – связи (синтез, генерация). По второму способу система образуется за счёт распада (деструкции, дегенерации) ранее существующей более сложной системы. Следовательно, систему можно построить (организовать) из новых элементов (перестроить, реорганизовать) за счёт включения в её состав дополнительных элементов или путём исключения

из её состава ненужных элементов.

По-видимому, существует и третий способ реорганизации систем – замена старых или изношенных частей на новые (структурная регенерация), и четвертый – изменение связей между внутренними элементами системы (функциональная регенерация).

Генерация (первый способ реорганизации) – это процесс положительной энтропии (от простого к сложному, усложнение систем). Новая система образуется за счёт увеличения состава её элементов. Этот процесс происходит за счёт появления дополнительных связей между элементами и поэтому требует энергии и притока новых элементов (веществ).

Дегенерация (второй способ реорганизации) – это процесс отрицательной энтропии (от сложного к простому, упрощение систем). Новая система образуется за счёт уменьшения состава её элементов. Этот процесс выделяет энергию и элементы из своего состава.

Оба способа используются для создания новых систем с *новыми целями*. В первом случае получается усложнение систем, во втором – их упрощение или разрушение.

Структурная регенерация (третий способ реорганизации) используется для сохранения и восстановления состава систем. Она используется в виде *обмена веществ* у живых систем, но при этом система и её цели не меняются. Этот процесс требует энергии и потока веществ для восстановления СФЕ.

Функциональная регенерация (четвёртый способ реорганизации) используется для работы самих систем. Сам принцип функционирования систем напоминает процессы генерации и дегенерации. Во время наращивания функций система включает очередные СФЕ, как будто бы строя новую более мощную систему с большим числом элементов (генерация). Во время снижения мощности функций система выключает очередные СФЕ, опять как будто бы строя новую систему с меньшим числом элементов (дегенерация). Но это всё обратимые изменения системы, возникающие в ответ на внешнее воздействие, которое осуществляется за счёт изменения состояния её элементов и использования ППС, ООС и эффекторов. При этом состав системы как бы меняется в зависимости от цели. У неё появляются *активные* и *пассивные* (резервные) СФЕ. Этот процесс требует энергии и требует потока вещества для восполнения энергии, но сам по себе (*первично*) не требует потока вещества для восстановления СФЕ. Однако в результате функционирования происходит изнашивание и разрушение СФЕ, поэтому функциональная регенерация сопровождается дегенерацией и уже по этой причине *вторично* требует потока вещества (обмена веществ) для восстановления СФЕ.

Каким образом происходит организация (построение) системы?

Во-первых, необходимо наличие кого-то или чего-то «заинтересованного» в новом качестве результата действия, кто (или что) определит это условие (поставит цель), построит блок управления и задаст ему уставку.

Во-вторых, для того чтобы в принципе была возможность построения систем с любым блоком управления, даже простейшим, необходимо наличие таких элементов, качество результатов действия которых принципиально дава-

ло бы эту возможность. Это вытекает из закона сохранения и закона причинно-следственных ограничений – ничто само собой не происходит. Эти элементы должны иметь входы внешнего воздействия (обязательно), входы уставки (не обязательно для неуправляемых СФЕ) и выходы результата действия (обязательно). Выходы и входы должны иметь возможность взаимодействовать между собой, и это реализуется комбинацией *гомореактивности* и *гетерореактивности* элементов.

Физическая гомореактивность – способность элемента давать такой же вид результата действия, каким является внешнее воздействие (*давление* → *давление*, *электричество* → *электричество* и т.д.). При этом характеристики физических параметров не меняются (*10 гр* → *10 гр*, *5 mV* → *5 mV* и т.д.). Гомореактивные элементы являются передатчиками действий.

Физическая гетерореактивность – способность элемента в ответ на внешнее воздействие одного физического рода давать результат действия другого физического рода (*давление* → *частота электрических импульсов*, *электрический ток* → *поворот оси вала* и т.д.). Гетерореактивные элементы являются преобразователями действий.

Элементами с физической гетерореактивностью являются, например, все рецепторы живого организма (преобразуют сигналы измеряемых параметров в пучки нервных импульсов), сенсоры измерительных приборов, рычаги, валы, плоскости и т.д.

Логическая гетерореактивность – способность элемента в ответ на внешнее воздействие одного физического рода давать результат действия того же физического рода (*давление* → *давление*, *электрический ток* → *электрический ток* и т.д.), но с другими характеристиками (*10 гр* → *100 гр*, *5 mA* → *0,5 mA*, *1 Hz* → *10 Hz*, *5 импульсов* → *15 импульсов* и т.д.). Усилители, преобразователи кода, логические компоненты электроники – это всё примеры элементов с логической гетерореактивностью.

Любая система состоит из элементов, *исполнительных* и *управляющих*. В то же время любой *блок управления* любых систем сам состоит из каких-то частей (элементов). Следовательно, он также попадает под определение систем. Т.е. блок управления и его части сами являются определёнными системами (подсистемами) с определёнными целями, и они имеют собственные исполнительные элементы и локальные блоки управления, управляющие этими исполнительными элементами. Обязательным условием для части из них является их способность к гетерореактивности того или иного рода. Эффект их управляющего действия заключается только в их взаимном расположении. В локальный блок управления вводится уставка, и он постоянно следит за тем, чтобы результат действия всегда соответствовал уставке. При этом уставка может задаваться извне другой системой, внешней по отношению к данной, или самообучающийся блок может «решить» сам изменить параметры установки (но не цель). Следовательно, элементы управления могут быть такими же, как и элементы исполнения. Разница только во взаимном расположении. Директор предприятия такой же человек, как и рядовой инженер или рабочий.

Все элементы системы, исполнительные и управляющие, построены по

определённой схеме, конкретной для каждого конкретного случая (для каждой конкретной цели), но все они должны иметь «выход», откуда выходит результат действия данного элемента и два «входа» – для внешнего воздействия и для входа уставки.

Если выходы каких-либо элементов соединены с входами для *внешних воздействий* других элементов, такие элементы являются *исполнительными* (рис. 18,А). В этом случае исполнительные элементы являются *преобразователями* одних результатов действия в другие, потому что результаты действий систем-доноров являются внешним воздействием для систем-реципиентов (для исполнительных элементов). Они (внешние воздействия) как бы входят в систему и выходят из неё уже преобразованными в виде новых результатов действия. Обе системы на рис. 18,А являются исполнительными элементами.

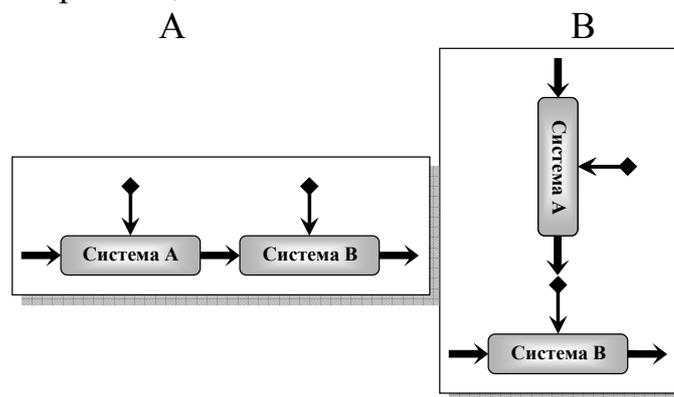


Рис. 18. Некоторые варианты взаимодействия элементов системы

Если выходы элементов соединены с входами *уставки* других элементов, такие элементы являются *управляющими* и входят в состав блока управления (рис. 18,В). В этих случаях результат действия одних систем является *уставкой* (директивой) для исполнительных элементов, директивой как преобразовывать результаты действия систем-доноров в результаты действия систем реципиентов.

Но всегда при соединении выходов и входов выполняется закон однородности действий и однородной интерактивности (гомореактивности) соединения выход-вход. Если, например, результатом действия элемента-донора является давление (системы «А»), то вход внешнего воздействия (система «В» на рис. 18,А) или уставки (система «В» на рис. 18,В) элемента-реципиента должен быть способен реагировать именно на давление, иначе взаимодействие между элементами невозможно.

В третьих, для того чтобы «влезть» в управление других систем, у данной системы должна быть физическая или какая-либо другая возможность присоединить собственный выход результата действия или собственный стимулятор к входу уставки какой-либо другой системы. В этом случае эта другая система становится подсистемой, подчиняющейся данному блоку управления. Т.е. системы должны иметь физическую возможность совмещать выходы своих стимуляторов и/или результатов действия с входами уставки других систем. Для этого они должны быть подвижны.

Если системы свободно двигаются в пространстве, они могут случайно или не случайно соединяться своими выходами-входами и образовывать новые системы. Следовательно, для самоорганизации, случайной или целенаправленной, одним из главных условий является возможность присоединения выхода результата действия одной системы или её стимулятора ко входу уставки другой системы на принципе гомореактивности (*давление → давление, температура → температура* и т.д.).

Есть типы устройств, где требование физической подвижности необязательно, и тем не менее, потоки информации из одной системы могут перетекать в блоки управления других устройств. Это так называемые релейные сети, например, компьютерные управляющие сети, кора головного мозга и т.д., в которых возможна *виртуальная подвижность*, т.е. возможность переключения потоков информации. В таких сетях информация может перекачиваться в тех направлениях, в которых требуется.

Например, ноги человека предназначены для ходьбы, а руки – для рукоделия. Каким образом осуществляется предназначенность? Руки и ноги в общем устроены одинаково, те же кисти, те же пальцы (те же исполнительные элементы). Тем не менее, ногами, например, практически невозможно причесться. Почему? Потому что в головном мозгу есть определённые стереотипы движений, без которых и руки не руки, и ноги не ноги. Но нам известны случаи, когда человек лишался обеих рук и, тем не менее, с помощью ног прекрасно управлялся со многими бытовыми делами и даже выступал в цирке. Как это было возможно? В его мозгу произошла перестройка, он поменял стереотипы. Мозговые структуры, которые прежде управляли руками, «перекачали» свои «базы знаний» в те мозговые структуры, которые управляют ногами. Всё это кора головного мозга смогла сделать только благодаря тому, что у неё есть свойство релейных цепей, т.е. возможность переключать потоки информации в нужных для данной цели направлениях.

Организация и реорганизация систем может быть *случайной* и *целенаправленной*. При случайной организации или реорганизации нет специального блока управления, который имеет цель и решение о постройке новой системы, да ещё в таких подробностях, что, например, такой-то выход стимулятора нужно соединить с таким-то входом уставки. Случайность определяется вероятностью. Здесь работает *закон больших чисел*, который гласит: «если что-то может произойти теоретически, то при достаточно большом числе случаев это обязательно произойдёт». Чем больше число случаев, тем больше вероятность появления любых систем, удачных и неудачных, потому что случайность строит системы, вероятность задаёт их конфигурацию, а внешняя среда производит естественный отбор.

Решение о перестройке системы (целенаправленность) может приходиться извне, от более высокой на лестнице иерархии управляющей системы. Это *пассивная* целенаправленность, потому что инициатива приходит извне. Внешняя система как бы «говорит» данной системе: «Как только увидишь такую-то систему, сразу присоединяй её к себе». Система может делать активные действия для такой организации, но это ещё не самоорганизация, а навязанная (принуди-

тельная, директивная) организация.

Но если у самих систем «возникает мысль», что «неплохо было бы взять вон ту палку в руки, чтобы удлинить свою руку и достать с дерева высоко висящий плод», это уже самоорганизация и прерогатива только высших животных и человека.

Только системы с самообучающимся блоком управления могут правильно оценить внешнюю ситуацию и значение всего нового, что окружает данную систему, и сделать вывод о целесообразности перестройки. Это уже *активная* целенаправленность, потому что инициатива возникла внутри данной системы, она сама «решила» и никто ей этого «не навязывал». Внешняя среда диктует условия существования системам (цель системы), а у системы есть право выбора решений о своих действиях в зависимости от этих условий, осуществляемое на основе её собственных ресурсов (числа и типа её СФЕ) и содержимого её «базы знаний» и «базы решений» (её опыта). Одним из таких решений может быть решение о собственной перестройке и изменении своей структуры с целью лучшей адаптации под внешние условия. Чем больше число СФЕ и разнообразнее их типы и чем больше её «база знаний» и «база решений», тем лучше система выполнит её цель.

Ещё раз следует отметить, что решение о самоорганизации не указывает на свободу выбора *цели* системы, а является свободой выбора её *действий* для достижения цели, заданной извне, включая выбор решения о собственном переустройстве для лучшей реализации цели. Чтобы лучше выполнить свою цель, например, выжить в таких-то условиях, система реорганизуется, чтобы лучше адаптироваться к внешним условиям и поднять свои шансы выжить.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое «моноцелевая» и «многоцелевая» системы?
2. Сколько глобальных целей может быть у многоцелевой системы?
3. Сколько уровней достаточно анализировать для глобальной оценки любой системы?
4. Выполнение какого условия является основным принципом законов логики, по которым работают системы?
5. Как строится иерархия систем?
6. Какова глубина управления на лестнице системной иерархии?
7. Сколько существует способов образования (организации) систем?
8. Каким образом происходит организация (построение) системы?

Упражнения

1. Обсудите наличие и соотношение в Мире моноцелевых и многоцелевых систем.
2. Выберите несколько многоцелевых систем и рассмотрите иерархию их целей, подсистем и внешних воздействий. Выделите одно, главное, внешнее воздействие и одну, хотя и сложную, реакцию.
3. Проведите оценку любой системы, проанализировав три уровня: глобальный уровень самой системы, уровень её элементов исполнения и уровень

элементов её управления.

4. Выбрав в качестве системы любое предприятие, рассмотрите его работу с позиций иерархии целей, внешнего воздействия и блоков управления.

5. Обсудите, что необходимо для образования новых систем.

6. Придумайте примеры образования новых систем различными способами.

Тема 12. Эволюция нашего Мира

Прежде всего, необходимо дать определение понятия «наш Мир». Нашим Миром является та наибольшая и всеохватывающая Система, в которой по закону иерархии существуют все объекты в качестве её подсистем (систем n -го порядка), известные и неизвестные нам, которые могут взаимодействовать между собой, не входя в противоречие с законами сохранения и причинно-следственных ограничений. Этими объектами являются различной степени сложности целевые объединения системных функциональных единиц (СФЕ) в группы элементов, взаимодействующих с определённой целью. Организм человека является одним из таких объектов и может взаимодействовать с любым из этих объектов, прямо или опосредствованно, поэтому в понятии «наш Мир» присутствует слово «наш». Наш Мир включает как те объекты, которые уже были прежде и не существуют сейчас, так и те, которые существуют сейчас или появятся в будущем вследствие эволюции.

Абсолютно все объекты нашего Мира имеют ту или иную цель, которая является очередной иерархической подцелью системы (согласно определению систем). Следовательно, абсолютно все цели всех систем нашего Мира связаны между собой одной общей генеральной целью и в какой-то мере зависят друг от друга. Мы не знаем целей у многих из них и можем лишь догадываться о них, но они есть у всех систем без исключения, и нет объектов «бесцельных». Цель определяет законы существования и архитектуру («анатомию») объектов, ограничивает взаимодействие между ними или между их элементами и определяет иерархию как подцелей, так и подсистем для решения этих подцелей. Поэтому она является системообразующим фактором.

Архитектура реальных систем постоянно оказывается недостаточной (ограниченной), потому что определяется законом причинно-следственных *ограничений*, который ограничивает ресурсы систем. Это заставляет системы постоянно искать путь преодоления этих ограничений, развивает их и определяет направление эволюции систем. Поэтому системы развиваются (эволюционируют) в сторону увеличения их ресурсов и возможностей. Если бы не было бы ограничений, не было бы смысла в эволюции. В конечном итоге целью эволюции всегда было и есть преодоление ограничений, и создание разума есть один из таких способов.

Для этого у всех объектов нашего Мира есть как минимум две основные задачи – быть в этом Мире (сохранить себя) чтобы выполнить свою цель и иметь максимум возможностей выполнения своих действий для достижения цели. Однако любой объект нашего Мира ограничен в своих возможностях в той или иной степени. Кроме того, так как объекты постоянно подвергаются

различным внешним воздействиям и разрушаются, то системы должны постоянно защищать себя от этого разрушения. Поэтому системы сначала «изобрели» пассивные, а затем и активные способы защиты против этого разрушения. Объединение объектов в группы усиливает их и даёт им возможность целенаправленно взаимодействовать против разрушения. Системы потому и появились, чтобы их элементы могли «выжить», а их усложнение увеличивает их возможности. Процесс «изобретения» этих способов защиты и увеличения своих возможностей и является эволюцией объектов нашего Мира. Причём не только эволюцией живых существ, но и всего, что его наполняет.

У истинных элементарных частиц возможности слишком невелики и время жизни у многих из них слишком короткое. Время жизни и возможности электрона, протона или нейтрона уже во много раз больше. Группировка элементов не только увеличивает время их жизни, но и увеличивает их возможности. Система всегда сильнее единиц. То, что может электрон (протон, нейтрон), не могут делать составляющие их элементарные частицы. То, что могут делать атомы, не могут делать протоны, нейтроны и электроны в отдельности. Последующая группировка атомов в молекулы дала возможность развитию уже более сложных систем, вплоть до человека, что невозможно было бы построить из элементарных частиц.

Однако если при дальнейшем объединении атомов и молекул в конгломераты (минеральные объекты – ионные и газовые облака, жидкие и твердые тела) возможности этих объектов и увеличиваются, но время их жизни начинает резко уменьшаться, потому что при взаимодействии таких объектов между собой эти увеличенные возможности быстрее разрушают взаимодействующие объекты. Энергия звезды намного больше энергии одиночного атома или даже планеты. Так работает закон отрицательной энтропии.

Разрушением является потеря объектом его СФЕ и есть только три способа предотвращения от разрушения самой системы:

- 1) создание связей между СФЕ и увеличение их прочности;
- 2) восстановление утерянных СФЕ;
- 3) предотвращение потерь СФЕ.

Создание связей между СФЕ и увеличение их прочности (первый способ) – это создание самих систем и их усложнение, является *пассивным* способом защиты от разрушения. Минеральные тела имеют только эти пассивные средства защиты от разрушающего действия внешней среды. Самыми слабыми из них являются газообразные объекты, самыми крепкими – кристаллические, а с учётом гравитации – чёрные дыры. Но даже самый крепкий кристалл может быть разрушен, и «чёрные дыры» испаряются.

Обмен веществ направлен на восстановление утерянных СФЕ (второй способ) и является *активным* способом защиты систем от разрушения. Он осуществляется за счёт захвата необходимых элементов из внешней среды (у других объектов) и постройки (выращивания) из них своих разрушенных СФЕ. У минеральных объектов нет обмена веществ, но он есть у всех живых объектов, включая растения, животных и человека. Следовательно, наш Мир уже можно условно разделить на два подмира – неживой и живой. Критерием раздела яв-

ляется наличие обмена веществ – целенаправленного процесса восстановления утерянных СФЕ. Для этого процесса система должна содержать соответствующие элементы (органы обмена веществ), которых нет у объектов минерального неживого мира, но есть у растений, животных и человека.

Предотвращение потерь СФЕ (третий способ) также является активным способом защиты систем от их разрушения и осуществляется за счёт их поведенческих реакций, зависящих от внешней ситуации. Если ситуация угрожающая и может привести к потере СФЕ, то системе нужно выйти из данной ситуации. Но для этого нужно знать об этой ситуации, уметь её видеть, распознать и принять решение, а также иметь органы передвижения, чего нет у систем минерального и растительного миров. Для этого, как минимум, необходимо иметь сложный блок управления.

Следовательно, в живом мире можно выделить ещё два подмира – мир *растений* и мир *животных*. Критерием раздела является сложность блока управления и его возможность к поведенческим реакциям. У растений простой блок управления и нет поведенческих реакций, зависящих от внешней ситуации, а у животных есть, потому что у них сложный блок управления. Чем более сложный блок управления, тем более сложные поведенческие реакции, тем выше развитие животного как системы.

Но при этом следует обратить внимание, развитие систем от минералов до человека, но не включая его, в основном решало только одну задачу – быть в этом Мире. Смысл существования растений и большинства животных, если не всех, только в обмене веществ. Если система голодна, она действует, если сыта, то бездействует. Да, при усложнении блока управления одновременно происходило и увеличение возможностей систем, но это всё равно преследовало цели обмена веществ. Более приспособленное животное лучше питается или не становится объектом питания для другой системы. Если же система играет и радуется жизни (эмоциональная окраска поведенческих реакций), то, как правило, такие реакции всё равно направлены на самообучение систем для лучшей охоты на другие системы, и в этом случае познание также направлено на обмен веществ. Поэтому такие реакции в основном присущи молодым животным. Более взрослые особи уже не играют и эмоций у них меньше. Их «базы знаний» уже заполнены и не могут дальше заполняться.

Человек отличается от остальных объектов живого мира прежде всего тем, что уже не обмен веществ является главным смыслом жизни, а *познание*. Да, чем выше знания, тем и питание лучше. Но уже сам процесс познания превалирует над всеми остальными процессами, направленными на обмен веществ. И даже сам обмен веществ и размножение возводятся в ранг познания и искусства (кулинария, мода, зрелища, искусство и культура любви).

Таким образом, можно также выделить и мир *человека*, потому что из всех известных нам объектов нашего Мира только у человека есть вторая сигнальная система (интеллектуальный блок управления) и есть стремление к познанию ради познания и осознания Мира.

Мы не знаем целей большинства систем нашего Мира, хотя можем строить множество спекуляций на эту тему. Например, ядра атомов химических

элементов тяжелее железа в тех количествах, которые существуют сейчас в нашей Вселенной, могли получиться только и только при взрывах сверхновых звёзд. Следовательно, целью звёзд с эволюцией по типу сверхновых является продукция ядер атомов тяжелее железа? Возможно это и так, хотя поручиться за это пока невозможно. Но мы можем с уверенностью сказать, что человек в том варианте, который существует сегодня и известен нам, был бы невозможен без элементов с атомным весом тяжелее железа, потому что строение его организма требует наличия таких элементов. Следовательно, у нас есть основания предполагать, что, например, звёзды типа сверхновых нужны для развития человека. Это странно и необычно звучит, но это факт.

Мы видим, как системы развиваются на пути эволюции, видим различие систем, стоящих на разных ступенях эволюционной лестницы и можем объяснить преимущество одних систем над другими. Другими словами, у нас открывается возможность построить единую классификацию всех систем нашего Мира, включая неживые и живые системы.

Сегодня нет единой классификации всех объектов нашего Мира, а есть отдельные классификации различных групп этих объектов, включая классификации астрономических, геологических, биологических и прочих групп. Причём в основе большинства, если не всех этих классификаций, включая классификацию всего живого мира, сегодня принят органо-морфологический анализ. Но вероятно, эти классификации необходимо сменить на одну единую классификацию, основанную на системном анализе – анализе целей. И в основу новой классификации положить не внешние различия, типа числа ног или бугорков на зубах, а два основных отличия – отличия по типам блоков управления и по типам элементов исполнения.

Причём в эту единую классификацию необходимо включить абсолютно все объекты нашего Мира – живые и неживые, потому что наш Мир наполняют системы, которые отличаются друг от друга только степенью развития их блоков управления, элементами исполнения, способами защиты от разрушения внешней средой и отношением к познанию. Мир един, потому что сам является системой. Поэтому необходимо создать общую и единую классификацию всех систем нашего Мира. А системами являются любые объекты, включая живые и неживые. Тогда в нашем Мире можно будет различать четыре мира (подмира или царства) объектов:

- минеральный;
- растений;
- животных;
- человека.

Население каждого мира отличается друг от друга, как это уже не раз подчёркивалось, только блоками управления, способами защиты от разрушения (обменом веществ и поведенческими реакциями) и отношением к познанию. У объектов минерального и растительного мира простые блоки управления. Но у объектов минерального мира есть только пассивные способы защиты от разрушения (от отрицательной энтропии) и нет обмена веществ. А у всех живых субъектов, включая и растения, кроме пассивных есть уже и активные способы

защиты от той же отрицательной энтропии – активное замещение разрушаемых СФЕ за счёт обмена веществ. У животных, в отличие от растений, кроме обмена веществ есть более сложные блоки управления, которые дают возможность поведенческих реакций и таким образом позволяют им контролировать в той или иной степени окружающую ситуацию. А у человека есть самый сложный блок управления, который содержит вторую сигнальную систему, поэтому он способен познавать и осознавать весь Мир, включая самого себя, а не только то, что находится рядом.

Такая классификация систем имеет одно неоспоримое преимущество: она ставит в один ряд всё то, что наполняет наш Мир – системы. Весь окружающий нас Мир классифицируется по единому масштабу, где единицей отсчёта является только сложность блока управления. Так легче понять, что же является жизнью.

Ныне принятые классификации не дают ответа на этот вопрос. Новая классификация систем, основанная на системном целевом анализе, даёт возможность понять, где «потолок» развития систем каждого мира и какие его субъекты ещё стоят в начале эволюционной лестницы, а какие уже взобрались на её вершину.

И внутри каждого мира классификация должна продолжаться также по критериям сложности блоков управления, а затем уже по критериям наличия и развитости элементов исполнения, включая число ног или бугорков на зубах. В этом случае классификация будет причинно-следственной и логически обоснованной. Например, к миру растений принадлежат не только травы или деревья, но и всё то население Земли, которое обладает всего лишь простым блоком управления и обменом веществ. А таковыми являются не только многоклеточные. Прокариоты и эукариоты, бактерии, фитопланктон, полипы, грибы, деревья, травы, мхи и лишайники и многие другие, обладающие хлорофиллом и без него, – всё это мир растений. Они просто растут в пространстве и у них нет никакого понятия о нём, потому что они его не «видят».

Эта классификация основана на признании первоочередной роли *цели* вообще и *целенаправленности* природы в частности, что пока ещё спорно и не принимается всеми.

Наиболее принятой теорией происхождения нашего Мира (Вселенной) является теория "Большого Взрыва". В соответствии с этой теорией примерно X-XX миллиардов лет назад из очень ограниченного объёма, буквально из точки, из состояния сингулярности, родилась и стала расширяться наша Вселенная. Причем сначала в ней были только фотоны (много) и элементарные частицы (мало). Затем, спустя короткое время, в результате рекомбинации, элементарные частицы объединились в первые простые системы: сначала в электроны, протоны и нейтроны, а затем и в более сложные системы – в атомы водорода и гелия. Таким образом, спустя короткое время после своего рождения, Вселенная представляла из себя большой газовый пузырь, в котором кроме фотонов, водорода и гелия, не было ничего. И согласно физическим законам не должно было ничего и образоваться.

Но почему-то произошли локальные сгущения этого газа и появились

первичные звёзды – своеобразные термоядерные котлы, в которых «варились» и синтезировались ядра элементов вплоть до ядер железа. Причём если бы какие-либо из мировых постоянных, например, постоянная Планка, были бы другими, этот процесс был бы невозможен. Почему-то эти мировые постоянные именно такие, чтобы процессы термоядерного синтеза в звёздах смогли осуществляться.

Затем часть из этих звёзд взрывалась (сверхновые звёзды), и энергией взрывов синтезировались трансжелезные элементы (с атомным весом больше, чем у железа). Таким образом происходило усложнение систем нашего Мира и появление элементов, из которых стало возможным дальнейшее развитие и усложнение систем – появление молекул и конгломератов молекул. Таким образом возникли первичные системы с простыми блоками управления, произошла первичная эволюция нашего Мира, образование его первого подмира – минерального мира. Это факт, что наша Вселенная не осталась в виде большого газового пузыря, а переродилась и продолжает перерождаться в гигантские скопления разных галактических, звездных и планетарных образований, которые являются первичными минеральными системами с простыми блоками управления и которые продолжают производить ядра химических элементов различной степени сложности, хотя число и качество истинно элементарных частиц не меняется.

На этом эволюция не остановилась, и произошло дальнейшее усложнение систем с появлением дополнительных подмиров – мира растений, животных и человека (пока это нам известно только на примере Земли). И если мир растений отличается от минерального мира только наличием обмена веществ, то остальные миры отличаются друг от друга уже поведенческими реакциями. Таким образом, на протяжении всей эволюции происходило усложнение только блока управления и у человека он самый сложный из известных нам. Это тоже факт.

Следовательно, целью нашего Мира была эволюция, которая и определила развитие систем в направлении усложнения блоков их управления, вплоть до человека. И целью этой эволюции было развитие систем до такой степени, чтобы они научились осознавать и познавать Мир (антропогенез). Мы можем оглянуться назад и увидеть подтверждение этому во всей истории развития нашего Мира вообще и биосферы в частности. Что было до "Большого Взрыва" мы не знаем и даже не знаем, насколько правомочна такая постановка вопроса. Но после него во Вселенной происходило только рождение и усложнение систем, причём только за счёт усложнения их блоков управления, вплоть до создания человека и ноосферы, потому что первичные СФЕ (истинные элементарные частицы) с тех пор практически не изменились ни качественно, ни количественно. Мы сами, люди, являемся следствием и доказательством этого развития. Человек является самой сложной системой, вершиной эволюции, которая произошла до сих пор. Опыт этой эволюции показывает, что основным отличительным признаком передового развития на всём протяжении была только *цефализация* систем, другими словами, – развитие блоков управления систем. А цефализация систем преследовала только одну цель – построение второй сиг-

нальной системы, с помощью которой можно осознавать и познавать Мир.

Следовательно, целью нашего Мира было создание человека – антропогенез, создание систем, способных познавать и осознавать Мир. В любой оценке явлений важен результат, а результатом является появление человека, хотя согласно всем математическим и прочим расчётам наша Вселенная должна была быть всего лишь большим безжизненным гомогенным газовым пузырём. А мы не только существуем и развиваемся, но и познаём природу и самих себя, хотя пока ещё у нас нет ответов даже на самые жгучие и, казалось бы, простые вопросы.

Мы строим наши гипотезы на тех фактах, которые наблюдаем. Но что мы наблюдаем? Мы «видим» Мир только в наших ощущениях, в наших реакциях с ним. Правильно ли мы видим, ощущаем и осознаем окружающий нас Мир? Может быть мы обманываем себя, как это уже не раз происходило? Мы ещё помним теории о плоской Земле, о флогистоне и многие другие. У нас есть только один инструмент, который помогает нам правильно ориентироваться при описании нашего Мира – логика. На ней основаны и математика, и физика, и законы сохранения и причинно-следственных ограничений, и строение систем, и их функционирование. Ответы на вопросы о нашем бытии могут дать только логика и собранные нами факты.

Одним из таких вопросов является вопрос о самом бытии. Что значит быть? Что значит был, есть или будет? Этот объект, что сейчас мы видим, значит он, вроде бы, есть. А раньше он есть? Т.е. прошлый мир, он сейчас существует, или он есть только в нашей памяти? А если у меня память «отшибло», это значит весь прошлый мир исчез?

Мы говорим – система действует, меняя своё функциональное состояние. И закон сохранения – это сохранение связи между двумя состояниями системы в двух соседних промежутках времени, один из которых является прошлым, а другой – настоящим временем. Чем же отличается настоящее время от прошлого?

Настоящее время – это на самом деле «миг между прошлым и будущем». Мы даже примерно знаем, что оно (настоящее время) длится, скажем, $1/10^{43}$ секунды. Прошлое время длилось миллиарды лет, будущее, возможно, еще будет длиться многие миллиарды лет, а настоящее время такое короткое? Тогда весь наш огромный Мир – это очень короткая вспышка, которая несется через время и неизвестно, несётся ли через пространство, потому что он сам является пространством с неким содержимым. Может быть миг – это минимальный цикл работы систем из другого сверх-Мира, результатом действия которых являются пространство и элементарные частицы, лежащие в самом основании системы под названием наш Мир?

Попробуем смоделировать другой мир и посмотрим, что же такое миг. Представим, что мы играем в компьютерную игру и на экране дисплея разворачивается обворожительная и захватывающая картина этой игры. Эта компьютерная игра является искусственным миром, своеобразной системой-миром, специально построенной нами для моделирования нашего Мира. Как и любая другая система, эта компьютерная игра (компьютерный мир) имеет цель, задан-

ную извне (нами), имеет определённый собственный закон сохранения (заданный нами), цикл существования (проход через все уровни игры) и микроциклы (периодичность кадров на экране). Мы могли бы задать эту игру в виде определённой очередности смены определённых кадров, которые мы все знали бы наперед, потому что мы же их и изготовили. Но если бы мы знали наперёд, что произойдёт на экране дисплея, это была бы не игра, а фильм. Нет, мы сотворили «настоящий» Мир, «оговорив» в виде алгоритма программы правила игры, задав её героям их «личные» цели и дав им при этом определённую свободу выбора действий на основе закона сохранения и их собственных знаний. Только такая игра может быть нам по-настоящему интересна, потому что для нас она должна быть непредсказуема.

Мы видим бойцов, различные предметы и другие атрибуты искусственного мира, в котором вроде бы и физические законы (их законы) сохраняются, и все их действия причинно-следственно ограничены, и время существует – от удара одного бойца вылетают зубы другого, у них могут кончиться боеприпасы, а все действия синхронизированы по времени. Но при этом мы являемся как бы богами для персонажей этой игры (можно назвать нас и природой, кому как нравится). Мы сотворили их самих и их мир. Они нас не знают и не подозревают о нашем существовании, хотя и встречаются с нашими представителями – теми героями, которыми мы прямо управляем. Но даже если они каким-то образом узнают о нашем Мире, они не смогут в него проникнуть, во всяком случае в том виде, в каком они существуют на экране, потому что у них «другая физика» и наши миры связаны только семантически, на уровне понятий. Причём мы именно сотворили этот мир, потому что путём лёгкого нажатия на кнопку клавиатуры компьютера мы можем сделать (сотворить) в их мире столько копий различных объектов, сколько захотим, не соблюдая закон сохранения в их мире, чего не можем сделать в нашем Мире. Персонажи этого вымышленного мира не могут нарушать закон сохранения в их мире, так же как и мы в нашем. Если кто-то из них и может щелчком пальца «сотворить» какой-либо предмет, это мы дали ему эту возможность, но не он сам. Все герои этой игры живут в их мире и действуют как системы, ощущая его как пространство и время с их законами существования, и у каждого из них есть определённая цель, заданная ему нами, но выбор действий для достижения этой цели предоставлен им самим, и результат их действий зависит только от их ресурсов.

Где находится этот мир? На экране дисплея? Но на экране есть только точка, обегая построчно и покадрово через весь экран. И даже сама точка – это не точка, а множество вспышек люминофора от ударов о него электронов развёртки, которые мы воспринимаем как точку. Может быть этот мир на диске-носителе информации, где записана программа игры? Но и там информация – это всего лишь различно ориентированные микромагнетики (молекулы железа, определённым образом ориентированные в толще ферромагнитного слоя). Так есть этот мир или нет? Ну, вроде бы есть, вот он, мы его видим. А может быть его всё-таки нет, он виртуальный? Да, да он виртуальный, пытаемся спрятаться под это странное слово – «виртуальный», как будто сказав его, мы всё объяснили. Отметим некоторые характеристики этого компьютерного сотво-

рённого нами мира.

Во-первых, его миг равен времени развертки одного кадра (от 60 до 120 кадров в секунду, зависит от дисплея), потому что этот мир меняется от кадра к кадру, но не от строки к строке. Время одного кадра – это время минимального цикла системы под названием «их мир». Это их миг. В их мире за время кадра ничего не происходит, но очень много происходит в тех системах, которые «делают» их мир, в элементах нашего компьютера.

Здесь мы можем сделать предположение, что наш Мир похож на их мир, только наш миг намного короче. И если в их мире за время одного мига ничего не происходит, то мы можем предположить, что и в нашем Мире за время одного нашего мига ничего не происходит, но «где-то» там, где делается наш Мир, что-то может быть и происходит. Слово «где-то» взято в кавычки потому, что там, может быть, нет пространства в нашем понимании, а слово «где-то» применяется только по отношению к пространству. Т.е. наш Мир – это определённая последовательность мигов-«кадров», запрограммированная для чего-то кем-то или чем-то извне.

Кстати, если на самом деле существует другой мир, который определяет существование нашего Мира, то случайности нет вообще, и она нам кажется только из-за нашего незнания процессов в том другом сверх-Мире.

Во-вторых, возможно, в компьютерном мире нет прошлого. Если при строчной развертке точка на экране с одного места перебралась на другое, то на старом месте (в прошлом) её уже нет, мы это можем даже увидеть, современная техника это позволяет. Следовательно, возможно, и в нашем Мире прошлый Мир постоянно «съедается Ланголирсами», и его также нет. Он был, но сейчас его нет, поэтому невозможно вернуться в прошлое.

Но может быть и не «съедается», потому что в компьютерном мире светящаяся точка постоянно перемещается по люминофору и, когда она перемещается на соседнюю позицию, «позади» неё остаётся тот же люминофор, но уже несветящийся. Кстати и впереди неё такой же пока ещё несветящийся люминофор. Таким образом, на одном и том же люминофоре каждый раз строится новый кадр, и эти кадры могут быть самыми разнообразными. Если продолжить аналогию с нашим Миром, то несветящийся люминофор – это все возможные состояния Мира, которые в принципе возможны, но каждый миг «высвечивает» (реализует) то единственное состояние Мира, которое строго (?) определено предыдущим его состоянием и законом причинно-следственных ограничений. И единственный закон, связывающим все последовательные «кадры» между собой – это закон сохранения, потому что в каждом последующем кадре сохраняется что-то от предыдущего кадра, иначе «кадры» (все последующие состояния Мира) были бы независимы друг от друга, а это означало бы истинный хаос.

Но если это так, если наши спекуляции, построенные на сравнении нашего Мира с построенным нами искусственным миром, верны, то Мир совсем не то, что нам кажется. Его вообще нет в том виде, в котором мы его видим. Нет времени как континуума, а есть смена мигов-«кадров» (квантов времени), за «время» которых время никуда не «течёт». Другими словами, смена мигов-

«кадров» – это смена состояний системы, которую мы называем «наш Мир», где каждое последующее состояние определяется состоянием предыдущим. Нет пространства, а есть определённые взаимоотношения между системами нашего Мира, которые условно можно назвать «пространством взаимодействий», т.е. само пространство является всего лишь результатом действия чего-то, что мы и представить себе не можем. Нет массы, а есть центры масс, нет цвета, а есть колебания электромагнитных полей. Нет атомов-шариков, а есть какие-то странные рыхлые туманообразные объекты, с туннельными эффектами и запрещёнными областями. Но и они не существуют в том виде, в котором мы сейчас их обрисовали, потому что в атомах каким-то «непостижимым» образом его части могут быть больше его самого (свободные нейтроны), и в то же время его части являются всего лишь бесконечно маленькими точками с бесконечно большим электрическим, гравитационным и другими полями, но с конечными радиусами их действия. Сладкое или горькое есть только в наших ощущениях, которые в конечном итоге являются реакциями систем нашего организма на определённые внешние воздействия определённых молекулярных образований на наши вкусовые системы. И нет настоящего времени даже в понятии природного «короткого» мига, потому что воспринимаемый нами миг длится порядка десятых или сотых долей секунды (период восприятия реальной действительности мозговыми анализаторами), а «короткий» природный миг невообразимо короче. Но есть наша интегральная реакция как определённой сложности системы в нашем восприятии настоящего времени. А истинное настоящее время является всего лишь точкой перехода, в которой прошлое преобразуется в будущее. Следовательно, Мир – это не то что мы видим, а что-то другое. И то, что мы видим – это то, что нам «показывают».

В принципе мы вообще не видим наш Мир, мы просто с ним реагируем, как система с системой. И реагируем по законам логики, а остальные законы – физические, социальные и пр. это всего лишь локальные и частные законы, от которых зависят функции соответствующих систем. Мы «видим» Мир только в наших реакциях с ним и представляем себе Мир только на основе этих реакций. Мы как будто находимся в тёмной комнате и ходим раскинув «руки» (наши органы чувств). Пока не натолкнемся на что-либо (не прореагируем с чем-либо), мы не можем воспринять что-либо. Нам только кажется, что мы видим Мир, на самом деле зрение недалеко ушло от осязания. Если фотон не натолкнётся на родопсин в глазу, мы не почувствуем того, что есть впереди. Можно, например, постоянно метать вперёд мелкие камешки и по количеству и интенсивности ударов обратно вернувшихся камешков судить о впереди расположенном пространстве. Фактически мы так и делаем, когда перемещаемся в тёмной комнате с помощью фонаря. Только мы разбрасываем не камешки, а фотоны. Познание Мира даётся нам только в реакциях между системой нашего организма с другими системами.

Мы с большим трудом различаем его СФЕ (элементарные частицы), почти с таким же трудом различаем его элементарные простые системы (атомы и молекулы), потому что наши рецепторы и анализаторы, даже усиленные современной измерительной техникой, не приспособлены для таких тонких реакций.

Но на уровне молекулярных конгломератов и выше мы уже «свободно плаваем» и различаем четыре мира систем – мир минералов, растений, животных и человека. И так вплоть до расстояний в несколько световых лет. А дальше у нас опять проблемы, причём чем больше расстояния, тем меньше мы его воспринимаем (можем измерить). Следовательно, наш Мир делится на тот мир, который нам доступен в ощущениях и измерениях, и тот мир, который нам пока ещё и, возможно, всегда будет недоступен.

Для того чтобы суметь объяснить что-либо, нужно прежде всего дать определения. Назовём реальным объектом Мира всё то, что может оказывать прямое влияние на другие объекты Мира. Признаком реальности будем признавать возможность чего-то *влиять* на что-то (взаимодействовать с чем-то). Сразу же выясняется, что реальность – это понятие также относительное. У субъектов, скажем, животного мира реальность одна, а у нас, у людей, реальность другая. Значит мы, люди, живём в одной реальности, а, например, собаки – в другой. Эти реальности могут быть настолько близки, насколько близки наши «блоки управления» – мозги и ментальные возможности. Но они не равны. Компьютерная игра может влиять только на человека, но не на объекты минерального или растительного мира. Т.е. как игрой света экран может влиять, например, на фотоплёнку, засвечивая её, но в этом случае экран дисплея в качестве минерального тела влияет на другое минеральное тело. Но только экран, а не игра. Как сюжетное действие игра может оказывать влияние только на человека и, возможно, на животных и то только в том случае, если животным показывать знакомые им ситуации, которые они в состоянии понимать. Но если на экране показывать драму, ни одно животное не поймёт её, и ни один другой объект нашего Мира, кроме человека, не «взволнуется» от происходящих на экране драматических действий.

Почему? Потому что низшие системы не знают о том, что есть высшие системы. Чтобы это знать, нужно уметь абстрагироваться от конкретных внешних воздействий, от конкретных ситуаций и даже от собственных возможностей. Это умеет делать только человек, потому что у него есть абстракторы подходящего уровня, у него есть вторая сигнальная система. А собака, глядя на сюжет на экране, как и на реальное поведение человека, будет судить (реагировать) только исходя из позиций собственных понятий. И если её блок абстракции устроен проще, чем у человека, то она не сможет понять смысла того, что делает человек.

Таким образом, система, у которой отсутствует блок абстракции или он слаб, не может представить себе более сложную систему, чем она сама. Но система, у которой блок абстракции достаточно мощный, уже может абстрагироваться от собственной ситуации, представить себе и принять, что могут быть и более сложные системы. И если продолжить эту логику, то как абстракцию можно представить себе какую-либо систему и на более высокой ступени развития, чем сам человек. Именно это и сделал человек, придумав Бога и наделив его целенаправленными творческими свойствами, т.е. задумал Бог сотворить Мир, и сотворил. Собака не могла бы придумать Бога, у неё нет той силы абстракции, которая необходима для этого. Это мог сделать только человек. Но его

представление всего лишь умозрительное и пока нет чёткого определения, что же это за объект – Бог.

Вопросы для самопроверки

1. Что ОТС включает в понятие «наш Мир»?
2. Какие две основные задачи есть у всех объектов нашего Мира?
3. Что определяет направление эволюции систем нашего Мира?
4. Какие у системы существуют способы защиты от разрушения?
5. На чем основывается единая классификация ОТС?
6. Сколько миров (подмиров или царств) объектов различает сегодня ОТС и чем они отличаются друг от друга?

Упражнения

1. Рассмотрите две наиболее очевидные задачи, стоящие перед любой системой нашего Мира, и попробуйте расширить этот список.
2. Обсудите побуждающие мотивы эволюцию нашего Мира.
3. Сравните принятую сегодня классификацию всего живого мира на основе органоморфологического анализа и классификацию, основанную на анализе целей.
4. Обсудите существующие способы защиты систем от разрушения. какие преимущества и недостатки у каждого из этих способов?
5. Обсудите рассмотренную эволюцию Мира. Попробуйте продолжить эту модель с точки зрения дальнейшего развития человеческого общества.

Заключение

Нижеперечисленные следствия из рассмотренных выше аксиом могут служить руководством для оценки систем. Перечень следствий можно было бы продолжать, но и этих перечисленных следствий вполне достаточно для оценки любой системы. Эта оценка касается как свойств самой системы, так и её взаимодействия с другими системами. При этом следствия из аксиом, которые перечисляются ниже, являются обязательными для любых систем как живых, так и неживых.

1. *Независимость цели.* Цель не зависит от объекта (системы), поскольку определяется не данным объектом, не его потребностью, а потребностью другого объекта в чём-то (диктуется внешней средой или другой системой). Но понятие «система» по отношению к данному объекту зависит от цели, т.е. от ответственности возможностей данного объекта выполнить заданную цель.

2. *Результативность систем.* Соответствие результата действия поставленной цели (должной величине) характеризует результативность систем.

Результативность систем прямо связана с их функцией и может быть: достаточной, чрезмерной (гиперфункция), отстающей, полностью (абсолютно) недостаточной, противоцелевой, извращенной.

Результат действия системы (её функция) должен полностью соответствовать качественно и количественно заданной цели. Но реально он может и не соответствовать, быть побочным, или даже быть противодействующим (противоцелевым), причём у реальных систем могут быть все эти виды результатов действия одновременно. Только у идеальных систем результат может полностью соответствовать заданной цели (полная результативность). Но реально такие системы с коэффициентом полезного действия в 100% нам неизвестны.

Интегральный результат (интегральная функция) есть сумма отдельных побочных и полезных результатов действия. Эта сумма и определяет принадлежность данного объекта к понятию «система» в приложении к данной цели. Если сумма положительна, то в отношении заданной цели данный объект является системой той или иной эффективности. Если сумма равна нулю, то объект не является системой по отношению к данной цели (нейтральный объект). Если сумма отрицательна, данный объект является антисистемой (системой со знаком минус, препятствующей достижению данной цели). Это касается как самих систем, так и их элементов. Чем выше коэффициент полезного действия, тем система результативнее. Результативность систем во многом определяется ограниченностью действий систем.

3. *Ограниченность действий системы.* Любая система характеризуется качественными и количественными ресурсами. В понятие ресурсы входит понятие функционального резерва - *какие действия и сколько* таких действий система может выполнить.

Качественные ресурсы определяются типом элементов исполнения (типом СФЕ), а количественные ресурсы – их количеством. А поскольку реальные системы имеют определённое и конечное (ограниченное) число элементов, то отсюда следует, что реальные системы имеют ограниченные качественные и количественные ресурсы.

Качественные ресурсы – это «какие действия» (или «что») может выполнять данная система (давить, толкать, переносить, удерживать, снабжать, секретировать и т.д.).

Количественные ресурсы – это «сколько мер» (литров, кг, единиц проживания и т.д.) таких действий может выполнять данная система.

Ограниченность действий системы зависит от состава её СФЕ и определяется ограниченной дискретностью системы.

4. *Ограниченная дискретность системы.* Нет ничего неделимого, и любую систему можно разделить на части. При этом любая система состоит из конечного числа элементов (частей) – элементов исполнения (подсистем, элементов, СФЕ) и элементов управления (блока управления).

Ограниченная дискретность систем определяется ограниченным составом их СФЕ. Поэтому она определяет и дискретность их функций.

5. *Дискретность (квантованность) функций системы.* Действия системы всегда дискретны (квантованы), поскольку любые её СФЕ работают по закону «всё или ничего». Нет плавного изменения функции системы, всегда есть ступенчатый (квантованный, порционный) переход с одного уровня функции на другой, потому что элементы управления включают или выключают очередные СФЕ, в зависимости от потребностей системы.

Наш мир дискретен (квантован). Переход систем с одного уровня функций на другой всегда осуществляется скачком. Мы не всегда видим эту ступенчатость из-за того, что амплитуда результата действия отдельных СФЕ может быть очень и очень маленькой, но она всегда есть. Суммарное взаимодействие дискретных единиц системы определяет функцию системы – её реакцию на внешнее воздействие.

6. *Функция системы.* Результат действия системы является её функцией. Для достижения цели система должна целенаправленно выполнять определённые действия, в результате которых появляется результат этих действий – функция системы. Функции системы определяются набором исполнительных элементов, их взаимным расположением и блоком управления. Цель является *аргументом* для системы (императивом), а результат действия системы – *функцией*.

Обычно принято, что аргументом является внешнее воздействие и на этом принципе строят графики функций. По оси «Х» откладываются значения аргумента (внешнего воздействия), а по оси «У» – значения функции. Введение понятия цели вводит новый элемент графика – *должную кривую*, показывающую, каким образом *должна* вести себя функция при изменении внешнего воздействия. Т.е. цель указывает системе, каким образом она должна вести себя при определённом внешнем воздействии. Поэтому при учете цели аргументом является не внешнее воздействие, а цель.

7. *Специализация функций системы.* В ответ на определённое (специфическое) внешнее воздействие система всегда даёт определённый (специфический) результат действия.

Специализация – это целенаправленность. Любая система специализирована (целенаправлена), и это исходит из аксиомы. Нет систем вообще, есть кон-

кретные системы. Поэтому у любой системы есть её специфическая цель.

Элементы исполнения (исполнительные СФЕ) каких-либо систем могут быть однотипными (одинаковы, не дифференцированы друг от друга). Если же элементы исполнения отличаются друг от друга (разнотипны), то данная система состоит из дифференцированных элементов. Однако всегда на определённое внешнее воздействие система даёт определённую специфическую реакцию, проявляя себя как единый цельный объект.

8. *Цельность системы.* Система проявляет себя как единичный и целостный объект. Это вытекает из единства цели, которое присуще только системе в целом, но не её отдельным элементам в частностях. Цель объединяет элементы системы в единое целое.

Цельность системы определяется специфичностью реакции на определённые внешние воздействия, но любая реакция любой системы появляется как результат действия составляющих её подсистем, входящих в её состав на разных уровнях её иерархии.

9. *Иерархичность системы.* Элементы системы находятся в различных отношениях между собой, и место каждого из них является местом на иерархической лестнице системы.

Система хотя и проявляет себя как единичный и целостный объект, но состоит из элементов (подсистем, частей), т.е. систем более низкого порядка. В то же время она сама может быть системой (подсистемой, частью), входящей в состав системы более высокого порядка.

Все элементы нашего мира взаимосвязаны в той или иной степени. Отсюда следует, что в *принципе* существует только одна Система под названием «Мир» (Вселенная и т.д.), а всё, что в нём существует, является его элементами (подсистемами, СФЕ, частями, элементами, членами и т.д.).

Иерархичность систем обусловлена иерархичностью целей. Иерархичность – это различие между целью системы и целями её элементов (подсистем), которые являются для неё подцелями. Причём системы более высокого порядка ставят цели перед системами более низкого порядка. Между всеми сопряженными частями (подсистемами) систем есть коммуникативные иерархические связи, которые определяют их взаимодействие.

10. *Коммуникативность систем.* Сопряженные системы взаимодействуют между собой. В этом взаимодействии заключается связь между системами, их коммуникативность.

Различают *открытые* и *закрытые* системы. Однако в нашем мире нет полностью изолированных (закрытых) систем, на которые невозможно было бы оказывать какие-либо воздействия, и которые никак не воздействовали бы на какие-либо другие системы. Можно найти минимум две системы, которые никак не взаимодействуют (не реагируют) между собой, но всегда можно найти третью систему (а возможно потребуется группа промежуточных систем), которая будет взаимодействовать (реагировать) с первыми двумя, т.е. быть связующим звеном между ними.

Космические объекты типа «чёрных дыр» принято относить к закрытым системам, потому что даже фотоны не могут оторваться от них. Но они реаги-

руют с остальными космическими телами через гравитацию. Значит они «открыты» через канал гравитации, через который они «испаряются» (исчезают).

Возможно, наш Мир является замкнутой на себя и полностью закрытой системой. Но пока нам это неизвестно.

11. *Управляемость систем.* Любая система содержит элементы (системы) управления, которые контролируют соответствие между результатом действия системы и поставленной целью. Эти элементы управления образуют блок управления.

Управление системой осуществляется через задание уставки в её блок управления, а управление её элементов исполнения – через задание уставок в их блоки управления. Уставку всегда задаёт верхняя (старшая) в цепи иерархии система. Она (уставка) может меняться, в зависимости от «интересов» этой старшей системы. А блок управления данной системы всегда будет следить за соответствием результата действия уставке (цели) и действовать таким образом, чтобы новый результат действия соответствовал новой установке. Самоорганизующиеся системы могут менять некоторые параметры уставки в зависимости от внешней ситуации. Но ни одна система не может поменять собственную цель, поскольку цель всегда задаётся извне.

Библиографический список

1. Берталанфи, Л. Общая теория систем: критический обзор / Л. Берталанфи // Исследования по теории систем. – М.: Прогресс, 1969.
2. Богданов, А.А. Всеобщая организационная наука (тектология): в 2 т./ А.А. Богданов. – М.: Экономика, 1989.
3. Волькенштейн, М.В. Энтропия и информация / М.В. Волькенштейн. – М.: Наука, 1986.
4. Воронцов, Н.Н. Теория эволюции: истоки, постулаты и проблемы / Н.Н. Воронцов. – М.: Знание, 1984.
5. Гайдес, М.А. Общая теория систем (системы и системный анализ) / М.А. Гайдес. – 2-е изд.; испр. и доп. – М: ГЛОБУС-ПРЕСС, 2005. – 201 с.
6. Калужский, М.Л. Общая теория систем: курс лекций / М.Л. Калужский; Омский гос. технол. ун-т. – Омск: ОмГТУ, 2007. – 144 с.
7. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994.
8. Могилевский, В.Д. Основы теории систем: в 2 ч. / В.Д. Могилевский. – М.: МИРЭА, 1997. – 190 с.
9. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
10. Николис Г. Познание сложного. Введение / Г. Николис, И.Р. Пригожин. – М.: Мир, 1990. – 342 с.
11. Новиков, И.Д. Эволюция Вселенной / И.Д. Новиков. – М.: Наука, 1983.
12. Уемов, А.Н. Системный подход и общая теория систем / А.Н. Уемов. – М.: Мысль, 1973. – 272 с.
13. Хакен, Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Г. Хакен. – М.: Мир, 1985. – 419 с.
14. Эбелинг, В. Образование структур при необратимых процессах. Введение в теорию диссипативных структур / В. Эбелинг. – М.: Мир, 1979.
15. Эйген, М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул / М. Эйген. – М.: 1973.
16. Эткинс, П. Порядок и беспорядок в природе / П. Эткинс. – М.: Мир, 1987. – 224 с.

Учебное издание

Сизова Ольга Владимировна

Общая теория систем
Учебное пособие

Редактор Соловьева О.А.

Подписано в печать 24.10.2013. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага писчая.
Усл.печ.л. 5,81. Уч.-изд.л. 6,45. Тираж 50 экз. Заказ.

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный
химико-технологический университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании
кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВПО «ИГХТУ»

153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7