

Абовский Н.П.

**Секреты инженерного творчества.
Научиться учиться**

Учебное пособие

2007

«Не переставайте образовывать себя»

Академик Доллежалъ Н.А.

*«Между «знать» и «понимать» имеется
существенное различие...»...только
понимание делает знание активным и
творческим, а формальное знание- само по
себе, без подлинного понимания – стоит
недорого».*

Профессор Пановко Я.Г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. ДЛЯ КОГО ЭТА КНИГА

Эта книга для тех, кто желает сознательно анализировать свои действия (решения) и стремится постоянно образовывать себя, постоянно стремится к совершенству.

Простое накопление знаний, энциклопедия и эрудиция может не иметь ничего общего с творческим мышлением, с познанием нового. Знать еще не значит понимать. Надо научиться объединять эти две волшебные составляющие в единый творческий синтез. Даже прочитав (изучив) большую энциклопедию, творческой личностью не станешь. «Знание», примененное не в должном месте или не в нужный момент оказывается ложным, приносящими не пользу, а вред.

Только творческий подход позволяет найти и применить знания для решения проблемы. Поэтому надо не просто накапливать знания после окончания одного или нескольких вузов. Учиться и переучиваться, образовывать себя надо всю жизнь. Такова сейчас эпоха стремительного прогресса. Поэтому надо прежде всего научиться учиться, стать творческой личностью, познать и овладеть законами развития, взаимосвязью явлений и событий, не стоять на месте. Кто стоит недвижимо, тот отстает в развитии.

Казалось, чего проще? Рассматривать проблему (явление) во взаимосвязи ее сторон (элементов), выстраивать цельную систему с учетом окружающих факторов, понять ее функционирование и конечные цели (результаты) и на этой основе принимать творческое решение. Или думать «с конца»: что надо изменить (или учесть), чтобы существующее положение дел привело к желаемому результату. Но весьма часто такой подход оказывается психологически труднодоступным некоторым людям, которым образование представилось как бессистемное нагромождение фактов, забивающих творческое восприятие, а самоанализ и самовоспитание развиты недостаточно. Эта книга делает попытку открыть дорогу к овладению системным подходом – практической диалектикой, если это сам захочет читатель.

Надо поверить в свои творческие силы, изначально заложенные в человеке и избавиться от заблуждения, что, например, «умные» машины (компьютеры) выдадут прекрасные решения, что в них надо только вставить исходные данные. Теперь все резче звучит, например, предостережение о том, что применение кем-либо составленных компьютерных программ без понимания их сущности и предпосылок часто приводит к ошибочным решениям, в которые слепо верят пользователи. И вся казалась бы исследовательская (или инженерная) задача превращается в гигантский суперболван с негативными последствиями. К сожалению, такие события становятся опасными. К примеру, Росгосэкспертиза делает попытку исправить такое положение с помощью административных писем (указаний), требуя, чтобы расчеты ответственных сооружений делались по двум независимым программам и более точным расчетам.

Можно приводить много разных примеров тому, что надо учиться, учиться творчески. Но неоспоримы, к сожалению, факты, что вузовские инженерные программы, составленные по государственным стандартам на образование, не содержат и не нацелены на эти проблемы образования. Проблема обучения творческому мышлению в нашем высшем (и не только высшем) образовании разработана совершенно недостаточно и не стимулируется.

Есть достаточно тонкий слой энтузиастов-педагогов, который по своей инициативе учит творчеству. Понятно, что это не надуманная проблема, а веление времени, особенно сейчас, когда в нашей стране происходит перестройка («ломка») высшего образования на зарубежный манер. При этом главным образом меняется структура образования (причем административными методами), а не содержание образования (чему и как учить).

Уж если нам суждено включаться в Болонский процесс, то из него «целесообразно перенять ряд принципов и идей, в том числе надпредметные курсы, вводящие студентов не только и не столько в знания, сколько в способы и техники мышления и действительности, на выращивание ключевых способностей (компетенции), на желание серьезно менять содержание образования». Это мнение ряда профессоров С.А. Подлесного, Ю.С. Перфильева и других, которые также указывают, что «инновационное и элитное образование – это требование нашего времени».

Чтобы образование отвечало современным требованиям развития науки и техники нам педагогам необходимо постоянно повышать свои знания, быть на передовых рубежах. Поэтому это состояние обучения должно быть открытым, вместе со студентами подвергаться аналитическому анализу. Мы обязаны сказать, а студенты имеют право знать чего нет в учебных планах, чтобы столкнувшись в жизни с такими проблемами они не растерялись. Среди этих проблем укажем на следующие:

- умение искать, ставить задачу и находить нетрадиционные решения в соответствующих условиях, когда стандартные приемы нерациональны;
- принимать решения в условиях некоторой неопределенности;
- знания и умение анализировать и прогнозировать;
- применение новых технологий;
- поиск активных способов управления конструкциями и системами и др.;

Мощным средством для решения этих проблем является творческий подход, умение думать.

Многие разделяют позицию, которая обоснована на страницах журнала «Alma-matter» в 2006 году известным ученым-философом, писателем и гуманистом А.А. Зиновьевым, который многие десятилетия работал в ведущих университетах Америки и Германии:

- «... теперь России навязывают систему образования, которую даже умные американцы считают катастрофической!»;
- «... курс на снижение интеллектуального уровня страны и идеологическое оболванивание населения применительно к новым условиям»;
- «... я полностью согласен с теми, кто считает, что у России остается пока одна возможность исторического выживания: образование, при полноценном функционировании которого страна еще может сохраниться в качестве исторически значимого явления».

С этих позиций книги, нацеленные на развитие качественного творческого образования, на активизацию инженерной исследовательской мысли обучающихся, имеют не только образовательное педагогическое, но и социальное значение для повышения интеллектуального уровня нашего общества.

2. ОБРАЩЕНИЕ К СТУДЕНТУ-ЧИТАТЕЛЮ

2.1. Если Вас интересуют вопросы:

- как учиться,
- как самообразовываться и воспитывать себя как творческую личность,
- как готовиться к экзаменам и как построить свой ответ...,
- как научиться изобретать,
- как организовать спор, диспут,
- как победить в споре,
- как принимать решения,
- как найти выход в условиях неопределенности,

- что может и не может математическое моделирование, а также и другие нетрадиционные технологии проектирования и прогнозирования,
- как работали выдающиеся деятели науки и культуры,
- можно ли научиться творческой деятельности, с кого брать пример и многое другое, **то это книга для Вас!**

Эту книгу можно было бы назвать некоторым введением к основам творческой деятельности. Если ознакомившись с нею, Вы задумаетесь над своим самообразованием, то Вам будет интересно прочитать другую книгу «Сюрпризы творчества. Диалоги и монологи о творчестве, его природе и принципах обучения творчеству (автор Абовский Н.П.)», и проверить свои творческие возможности.

2.2. Сознаете ли Вы, чему Вас учат или Вы учитесь пассивно? Учиться только умениям или творчеству и умениям?

Вопрос, поставленный в заглавии не риторический, а принципиальный. Учащийся должен найти для себя ответ на него. Часто ответ рождается интуитивно: нравится и интересно учиться, узнавать новое, слушать увлеченный рассказ учителя. Это один уровень. Другой уровень имеет место тогда, когда знаешь цель, к которой стремишься, когда самому хочется что-то придумать, изобрести. Именно тогда знаешь, что тебе нужно узнать, научиться, что от чего зависит. Тогда можно осознанно выбирать курсы, которые в учебных планах значатся «курсы по выбору», «факультативы» и т.п. Это элементы на пути к самообразованию.

Нередко такое состояние приходит не сразу, а в процессе обучения. А для этого надо не бояться вначале, пробовать разные работы, выбирать, сравнивать, анализировать, уточнять цель. Необходимо накопить нужные знания, овладеть полезными умениями, которые являются научной и практической базой и инструментом для инженерного творчества, для решения новых задач. Иначе может возникнуть ситуация: «Знаю, но не могу» или «Могу, но не знаю, почему так».

Нужно разумное сочетание, рациональный синтез этих сторон, без сильных перекосов, ибо одностороннее углубление может помешать овладению другими сторонами, так как возможности человека (память, время, способности и т.п.) ограничены. Так, например, чрезмерное увлечение компьютерной техникой может вытеснить овладение другими инструментами, например, физическим экспериментом (опытом), без знания которого инженерное дело становится однобоким, ущербным. Однако это не значит, что не нужны узкие специалисты.

Запоминать (выучить) инструкции и правила, безусловно, можно, хотя их много и они хаотичны, т.е. от пользователя скрыта система

закономерности, на которых они основаны. Основной принцип их использования: исполняй без оговорок, логика и теория отступают на дальний план. Инструкции и нормы признаны установить и поддерживать определенный технический и административный порядок. Но они отражают и обобщают уже прошлый опыт и потому закрывают дорогу развитию нового. И делают это люди (в основном чиновники), компетентность которых ограничена знаниями инструкций и норм. При творческом подходе все становится на место.

В школе учат, что дважды два четыре, но редко объясняют почему четыре и всегда ли это так. Действительно, когда имеем дело с цельными единицами, представляющими, например, цельные тела, то это так. А если это вещества, вступающие, например, в химическую реакцию или образующие новое композитное соединение, то результат совершенно иной. Нужен творческий системный подход.

Инженер, ученый, имеющий системные знания, например, главный инженер проекта (Гип), будет привлекать узких специалистов для решения отдельных задач, которые входят в инженерную проблему (например, проект здания или завода). Гипу нужно системное мышление, но оно нужно и узким специалистам, чтобы их решения были бы эффективными.

Заметим, что мы здесь не обсуждаем тех студентов, цель которых увильнуть от работы, «сдать» попроще и поскорее и т.п. Эта «серая» масса в значительной мере создана негативным воспитанием и образованием, которое забило (вытеснило) в этих людях естественную данную им природой потребность «почемучки». Они приобрели защитную форму робости, боязни задать вопрос, молчание, а иногда хитрость и ухищрения. Когда-нибудь психологи определят это как «болезнь», порожденную пороками образования и воспитания. Иногда эта «болезнь» поддается лечению.

Есть примеры, когда на старших курсах удалось «расшевелить» некоторых таких студентов, увлечь их, показать те новые возможности в решении актуальных конкретных задач, которые они раньше не замечали. У них возникал момент удивления и некоторой заинтересованности, начальная вера в свои возможности. Один пятикурсник сказал: «Я никогда не думал, что смогу принять участие в работе над изобретением!». Другой сказал, что совсем по иному понял свою учебу, когда начал работать на кафедре вместе с преподавателями над актуальной инженерной задачей.

3. ОБРАЩЕНИЕ К КОЛЛЕГАМ-ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ

3.1. Главнейшая задача Высшей школы – научить думать, чтобы эффективно использовать знания и добывать новые, обучить современным правилам для руководства ума.

Удивительно, но факт, что программа образования не содержит вопросов, как учиться, т.е. как образовываться? Процесс обучения

предполагает, что сам обучающийся нужным образом уложит в своей умной голове (синтезирует) разные знания и овладеет ими. Вопрос, каким образом обучающийся это сделает, остается нераскрытым. Каждый делает это по-своему. Этому не обучают. Но в этом важнейшем процессе образования, безусловно, есть свои закономерности и методы.

Многие деятели на основе своей многолетней работы стараются передать этот осмысленный опыт молодежи. Не остался в стороне и автор, который считает, что творческому мышлению необходимо обучать. Более 300 лет тому назад это сделал Декарт, написав «Правила для руководства ума». В инженерном образовании необходима интеграция фундаментальных и специальных знаний.

К фундаментальным следует отнести такие системообразующие научные знания, которые являются сквозными во всем цикле инженерных дисциплин, способствующие развитию рационального мышления обучающихся, а также совершенствованию и структурным изменениям общей системы обучения. Фундаментальные знания характеризуются принципиальной методологией, живучестью (не стареют), инвариантностью, междисциплинарностью и способствуют целостному системному научному восприятию окружающего мира, интеллектуальному становлению личности и ее развитию. Интеграция научного знания (фундаментального и специального) в образовании целесообразно осуществлять на основе системообразующих профильных дисциплин, с которыми тесно связан весь общеобразовательный комплекс.

Таким образом, развитие творческого инженерного мышления является тем фундаментальным зарядом, который, начиная с первых курсов и не прерываясь ни на день, пронизывает базовый общеобразовательный комплекс, продолжается в профильных системообразующих дисциплинах, и определяет активные позиции личности на всю оставшуюся жизнь.

Заметим, что такому подходу полностью отвечает наш учебный комплекс «Управляемые конструкции и системы». Обучение мышлению (как основа научно-образовательной деятельности) осуществляется на основе процесса поиска и решения междисциплинарных проблем-задач управления конструкциями и системами.

3.2. Слабая разработанность научно-технической проблемы обучения творчеству характеризуется и недостаточностью литературы, включая учебные научно-методические издания. Имеются разные авторские монографии о научной и инженерной деятельности выдающихся деятелей, но многие издания носят описательный характер деятельности и не способствуют активному обучению. Исключение составляют материалы по ТРИЗ (Г.С. Альтшуллер и др.). Данная монография, как учебное пособие, нацелено на активное практическое обучение творчеству путем раскрытия и осмысления его основ (системные подходы – законы развития – принятие

решений), как применения практической диалектики к инженерно-научной деятельности. В частности, разработанный системный алгоритм творчества является практической инструкцией для обучающихся, который позволяет осознанно ставить и решать инженерные задачи. Обобщенный характер данного творческого подхода к мыслительной инженерной деятельности полностью или частично, явно или неявно просматривается в творческих лабораториях выдающихся деятелей науки и техники.

В проблеме творческого обучения системно синтезируются вопросы мышления, психологии, философии (диалектики), различных знаний и умений. Общность процессов иллюстрируется разнообразными конкретными примерами решений, которые учат не меньше, чем обобщения. Результативность такого обучения базируется на полувековом опыте автора и многих его учеников.

Научная задача автора в обучении творчеству отражена в создании красноярской научной школы механиков, создании научно-образовательного комплекса «Управляемые конструкции и системы», более 50 патентах, в курсах лекции «Теория принятия решений», «Инженерная психология», «Активное формообразование», в ряде других спецкурсов, а также в монографиях:

- Абовский, Н.П. Творчество в строительстве. Системный подход—законы развития—принятие решений/ Н.П. Абовский. Красноярск. Стройиздат. 1992. 293 с.
- Абовский, Н.П. Управляемые конструкции /Н.П. Абовский. Уч. Пособие. Красноярск. КрасГАСА. 1998. 433с.
- Абовский, Н.П. Сюрпризы творчества. Диалоги и монологи о творчестве, его природе и принципах обучения творчеству /Н.П. Абовский. Красноярск. КрасГАСА. 2004. 353 с.

3.3. Каким же должно быть образование, способствующее развитию творчества?

Прежде всего, это требования к преподавателю, который должен быть творческой личностью, современным ученым и талантливым педагогом, основная задача которого не только дать знания, а заразить своей научной и педагогической увлеченностью молодежь, зажечь и поддержать огонь жажды познания и постоянного стремления к совершенству.

Некоторые черты творческого образования:

- овладение методологией системного подхода;
- научить анализировать принятые решения с целью выявления плюсов и минусов, противоречий и последствий;
- активные деятельные задания, нацеленные на решение актуальных желательных реальных задач, востребованных потребностью общества, науки и техники;

- совместная партнерская работа студентов с преподавателями по решению творческих задач и в реальной деятельности;
- заинтересованность (в основном моральная), работа без принуждения, во имя достойной цели. Творческое образование скорее всего не массовое, а «штучное» индивидуальное производство заинтересованных и увлеченных учителя и ученика.

Уважаемые коллеги!

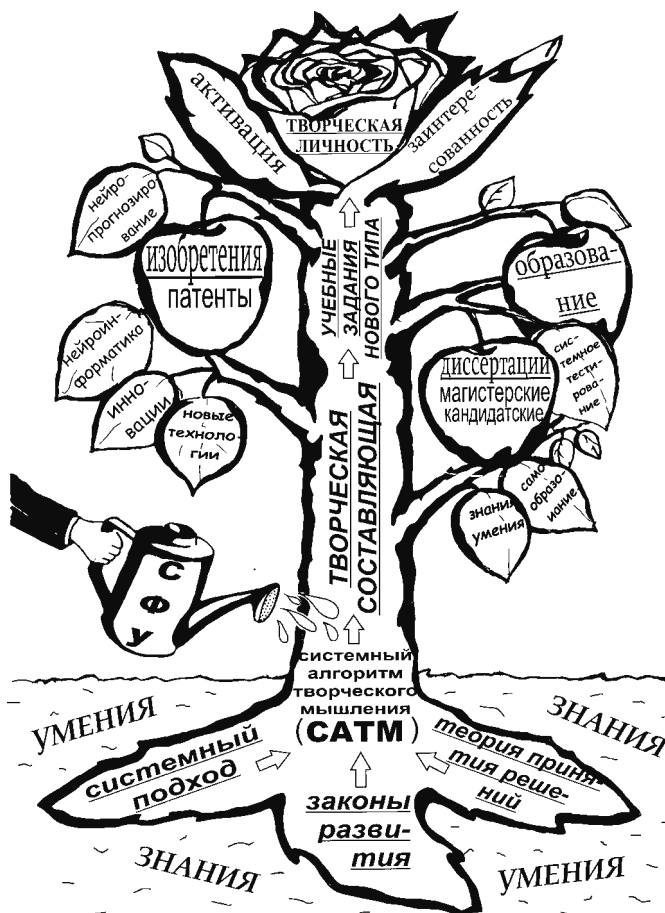
Автор этой книги с восторгом разделяет идеи и наследство таких педагогов-мыслителей как С.Н. Гессен, А.К. Дусавицкий, А.В. Петровский, Д. Кудрявцев, А.А. Космодемьянский, В.И. Федосьев и др., виртуальные беседы с которыми приводятся в упомянутой книге «Сюрпризы творчества».

Необходимо перенять и овладеть творческим опытом этих замечательных деятелей образования, науки и техники!

* * *

Благодарности.

Автор выражает благодарности своим коллегам и в первую очередь профессору Вдовенко В.Г. за оказанную помощь, поддержку в подготовке и издании данной книги. В книге помещены несколько рисунков, сделанных студентами, которые отражают видение или проблемы творческого мышления.



РАЗДЕЛ I. СОВРЕМЕННЫЕ ПРАВИЛА ДЛЯ РУКОВОДСТВА УМА. ТРИ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ ДИАЛЕКТИКИ ТВОРЧЕСТВА

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного раздела является теоретическая (философская) подготовка к изучению систем, алгоритма творческого мышления, который базируется на триаде: **системный подход – законы развития – методы принятия решений** (глава 1-3). Как показал более полувековой опыт научной, инженерной, изобретательской, педагогической деятельности автора а также анализ творческих лабораторий многих известных ученых, инженеров и педагогов применение данного подхода рационально и эффективно.

Читателю предлагается вникнуть и овладеть сущностью системного подхода как практической диалектикой, «пропустить эти знания через себя», изучить законы и закономерности развития техники, содержащие фундаментальные основы инженерного искусства, научиться принимать решения, используя разнообразные методы. Синтезом данных составных частей является сформулированный системный алгоритм творческого мышления (САТМ) (Часть 2).

Далее в разделе II книги рассматриваются приложения данного алгоритма к вопросам образования (учебы), изобретательства и науки., а в разделе III – практикум нешаблонного мышления.





Техника в переводе с греческого означает искусство, мастерство. Необходимо вернуть технике ее первоначальное осмысление.

Автор

ЧАСТЬ I.

ТРИ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ ДИАЛЕКТИКИ ТВОРЧЕСТВА

*В наше время **три** составными частями практической диалектики творчества, по мнению автора, являются системный подход — законы развития техники — методы принятия решений.*

Системный подход как методология изучаемого объекта состоит в том, что его недопустимо рассматривать без учета всей полноты и сложности строения, целостности, взаимодействия и взаимообусловленности всех составляемых элементов между собой и со средой, из которой этот объект (система) выделен. В сложности строения системы рождается новое качество, которое отсутствовало у элементов, ее составляющих. Сущность системного подхода и проста, и сложна. И ультрасовременная, и древняя, как мир, ибо уходит корнями к истокам человеческой цивилизации.

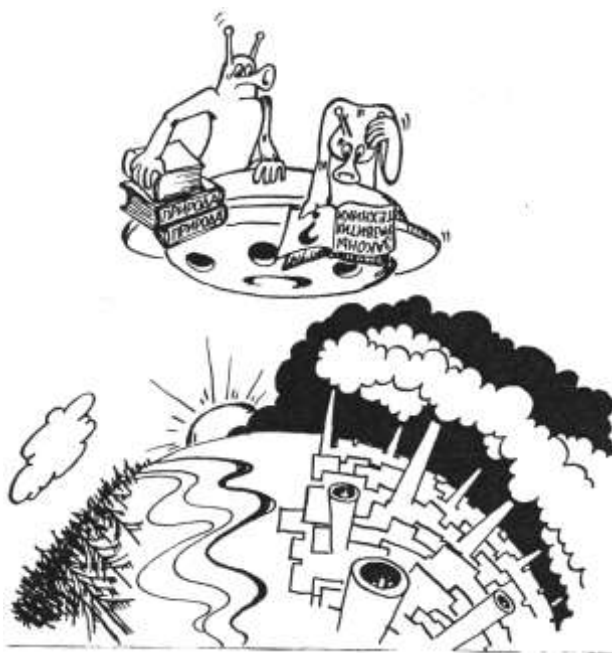
Законы развития техники должны быть основой и мощным ускорителем ее развития.

Техника — это одно из проявлений творческой человеческой деятельности, то, что называют иногда второй природой (антропогенным миром), полагая при этом первой природой естественный мир. Ни у кого нет желания пренебрегать объективными законами природы. А вот в антропогенном мире у людей, не ведающих о законах его развития, о характере их действия, возникает соблазн «перескочить» через эти законы. В наших институтах пока, к сожалению, законы развития техники не изучаются.

Методы **принятия решений** необходимы для поиска решений все более усложняющихся технических задач. Овладеть разнообразным

инструментарием мыслительного процесса для интенсификации творческой деятельности — это настоятельная задача инженера, ученого, педагога.

В целом речь идет о повышении общей культуры мышления, творчества в наши дни.



Деятельность инженера, ученого, педагога (учителя) должна опираться на творчество, особенно в наше время. Недостаточно узкой специальной подготовки для полноценной научной и инженерной деятельности.

Непрерывно обновляющееся многообразие мира техники, неразрывная связь не только с естественными, но и социальными проблемами, с межотраслевыми задачами требуют от специалиста основательной методологической подготовки, укрепления своих мировоззренческих позиций и совершенствования творческого арсенала. И если эта книга в какой-то мере поможет вам, то ее назначение будет выполнено.



*Дорога мудрости длинна.
Немалый нужен срок,
Пока от головы она
Дойдет до рук и ног.*

Фирдоуси

Глава 1

СУЩНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Первоочередными фундаментальными понятиями (терминами, определениями), через которые мы постараемся выразить суть системного подхода, являются: «система», «функция системы», «структура системы», «внешняя среда», «связи», «ограничения», «критерии», «цель», «управление». В свою очередь каждое из этих понятий опирается на другие вспомогательные понятия. В целом образуется определенный понятийный аппарат («язык»), присущий системному подходу. Вдуматься в эти понятия, постараться овладеть ими и практически оперировать нам поможет п. 1.1.

Мы рассматриваем системный подход (п. 1.2) как определенную практическую методологию, с помощью которой инженер, ученый, педагог активно добивается желаемой цели в мире техники, науки, образования. В этой связи «сердцевину» системного подхода составляет функционально-структурный подход, изложенный в п. 1.3.

О роли и значении системного подхода как конкретизации диалектики на современном этапе вы прочтете в п.1. 4.

А об отношениях разных категорий людей к системному подходу вы узнаете из п. 1.5.

1.1. Так что есть система?

1.1.1. Куча кирпичей - это система?

Попробуем определить понятие «система», исходя из примеров на основе наших житейских представлений.

— Куча кирпичей — это система?

— Нет, тут чего-то не хватает.

— А теперь добавим, или уберем, или поменяем местами несколько кирпичей. Что изменилось в куче?

— Новых свойств у кучи не появилось! Другой пример.

— Ножницы — это система?

— Да, они могут резать.

— Вытащим из ножниц винтик, соединяющий две половинки, или расслабим натяжение этого винтика. Можем ли теперь говорить о системе?

— Нет, здесь уже теряются какие-то важные свойства, которые должны быть присущи системе: определенные связи между элементами системы.

— Только в совокупности эти элементы и связь между ними образуют единое целое (систему), обладающую свойством, которое не имеют отдельные элементы, а именно: стричь, резать.

Теперь давайте вновь вернемся к куче кирпичей, но изменим случайное, беспорядочное их расположение, складывая, например, кирпичную стену (осуществляя перевязку кирпичей).

— Да, теперь стена из кирпичей получила новое качество, которым не обладал раньше ни один кирпич.

— Это уже некоторая система. А если кирпич класть на растворе, то тем более.

Давайте теперь попробуем обобщить понятие «система». Система имеет какое-то назначение, функцию, это не просто набор каких-то элементов; между элементами должны быть определенные связи, способствующие функционированию системы. Но если какого-то элемента не хватает (например, винтика в ножницах или раствора в кладке кирпичей), то система не может выполнять свою функцию (или плохо ее осуществляет), т.е. нужен полный набор элементов, достаточный, целостный!

Таким образом

система — это полный, целостный набор элементов, взаимосвязанных между собой так, чтобы могла реализоваться функция системы.

Отличительным (главным) свойством системы является то, что ни один из ее элементов не имеет присущих ей свойств, не может выполнять ту функцию, которую она осуществляет. Ведь в противном случае другие элементы не нужны! (Если и без них можно осуществить желаемую функцию).

В дальнейшем необходимо рассмотреть, очевидно, и связи системы с внешней средой (не в вакууме же она действует). Иначе, без связи с внешней средой, мы нарушим реальную картину целостного мира, исказим условия существования и функционирования рассматриваемой системы (возможности существования). Часто это условие адаптации, приспособление системы к внешней среде.

Система проявляется как целостный материальный объект, представляющий собой закономерно обусловленную совокупность функционально взаимодействующих элементов.

Основные свойства системы проявляются через целостность, взаимодействие и взаимозависимость процессов преобразования вещества,

энергии и информации, через ее функциональность, структуру, связи, внешнюю среду и др.

Контрольные вопросы студентам:

1. Приведите примеры систем из Вашей практики.

2. Назовите три основные составляющие систему

3. Являются ли системами:

- книга?
- учебный план подготовки обучения?
- здание?
- проект?

В наборе каких элементов, связей и целей проявляется системность в каждом из этих примеров?

4. *В вузе кафедры специализированы и потому разобщены. Чего не хватает для системного обучения? Какую роль играют системообразующие дисциплины? А если их нет, то что делать студенту?*

1.1.2. Немного о терминологии и свойствах системы

Внешняя среда. Понятие «система» возникает там и тогда, где и когда мы материально или умозрительно проводим замкнутую границу между неограниченным или некоторым ограниченным множеством элементов. Те элементы с их соответствующей взаимной обусловленностью, которые попадают внутрь, — образуют систему.

Те элементы, которые остались за пределами границы, образуют множество, называемое в теории систем «системным окружением» или просто «окружением», или «внешней средой».

Из этих рассуждений вытекает, что бессмысленно рассматривать систему без ее внешней среды.

Система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия с окружением, являясь при этом ведущим компонентом этого воздействия.

В зависимости от воздействия на окружение и характера взаимодействия с другими системами, функции систем можно расположить по возрастающему рангу следующим образом:

- пассивное существование;
- материал для других систем;
- обслуживание систем более высокого порядка; — противостояние другим системам (выживание);
- поглощение других систем (экспансия);
- преобразование других систем и сред (активная роль).

Всякая система может рассматриваться, с одной стороны, как подсистема более высокого порядка (надсистемы), а с другой, как надсистема

системы более низкого порядка. Например, система «строительных конструкций» входит в подсистему более высокого ранга — «капитальное строительство». В свою очередь, надсистема «капитальное строительство» является подсистемой неограниченного множества «техносферы».

Рассмотрим основные атрибуты системы, отличающие ее от несистемных объектов.

Функциональность — это проявление определенных свойств (функций) при взаимодействии с внешней средой. Здесь же определяется цель (назначение системы) как желаемый конечный результат.

Структурность — это упорядоченность системы, организованность, определенный набор и расположение элементов со связями между ними. Между функцией и структурой системы существует взаимосвязь, как между философскими категориями: содержанием и формой. Изменение содержания (функций) влечет за собой изменение формы (структуры). Сначала определяют функцию системы и в соответствии с этим устанавливают ее структуру. Одна и та же функция может реализоваться при различных структурах системы, т. е. существует проблема выбора структуры. Структура системы — это способ существования и выражения ее функции.

Целостность — выражает внутреннее единство объекта, наличие всех необходимых элементов со связями между ними, относительную автономность объекта в смысле независимости от окружающей среды. Свойство целого как философской категории выражается в несводимости к свойствам его отдельных частей как простой суммы.

Связи — это элементы, осуществляющие непосредственное взаимодействие между элементами (или подсистемами) системы, а также с элементами и подсистемами окружения.

Всеобщность всех мировых процессов, единство мира в значительной мере опирается на такое универсальное проявление процесса существования живой и неживой материи, как связь.

Связь — одно из фундаментальных понятий и в системном подходе. Система как единое целое существует именно благодаря наличию связей между ее элементами, т.е., иными словами, связи выражают законы функционирования системы. Связи различают по характеру взаимосвязи как прямые и обратные, а по виду проявления (описания) как детерминированные и вероятностные.

Прямые связи предназначены для заданной функциональной передачи вещества, энергии, информации или их комбинаций — от одного элемента к другому в направлении основного процесса.

Обратные связи, в основном, выполняют функции управления процессами. Их также называют «управляющими». Обратные связи предполагают некоторое преобразование компоненты, поступающей по прямой связи, и передачу результата преобразования обратно, т. е. в

направлении, противоположном функциональной последовательности (прямой связи) к одному из предыдущих элементов системы.

Открытие принципа обратной связи явилось выдающимся событием в развитии техники и имело исключительно важные последствия. Процессы управления, адаптации, саморегулирования, самоорганизации, развития невозможны без использования обратных связей, истинную роль которых мы только сейчас начинаем постигать.

Различают положительные и отрицательные обратные связи. Если положительную обратную связь можно назвать стимулирующим фактором, то отрицательную — регулирующим. Отрицательная обратная связь тормозит исходный процесс, не дает ему чрезмерно нарастать, но ослабляет свое воздействие, как только основной процесс начинает спадать (затухать). В результате основной процесс поддерживается в каких-то, обычно заданных, пределах.

Детерминированная (жесткая) связь, как правило, однозначно определяет причину и следствие, дает четко обусловленную формулу взаимодействия элементов. Вероятностная (гибкая) связь определяет неявную, косвенную зависимость между элементами системы. Теория вероятности предлагает математический аппарат для исследования этих связей, называемый «корреляционными зависимостями».

Развитие. Одним из первичных, а, следовательно, основополагающих атрибутов системного подхода является недопустимость рассмотрения объекта вне его развития, под которым понимается необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания. В результате возникает новое качество или состояние объекта. Отождествление (может быть и не совсем строгое) терминов «развитие» и «движение» позволяет выразиться в таком смысле, что вне развития немислимо существование материи, в данном случае — нашей системы. Наивно представлять себе развитие, происходящее стихийно. В неоглядном множестве процессов, кажущихся на первый взгляд чем-то вроде броуновского движения, при пристальном внимании и изучении вначале как бы проявляются контуры тенденций, а затем и довольно устойчивых закономерностей. Эти закономерности по природе своей действуют объективно, т.е. не зависят от того, желаем ли мы их проявления или нет. Незнание законов и закономерностей развития — это блуждание в потемках. «Кто не знает, в какую гавань он плывет, для того нет попутного ветра», — говорил великий философ древности Сенека своим оппонентам. Чтобы не уподобиться блуждающим в потемках, без компаса, необходимо открывать законы и закономерности окружающего нас мира, в том числе и действующие в технических системах, и целенаправленно использовать их в практике.

Критерии — признаки, по которым производится оценка соответствия функционирования системы желаемому результату (цели) при заданных ограничениях.

Эффективность системы — соотношение между заданным (целевым) показателем результата функционирования системы и фактически реализованным.

Управление — формирование целостного (эффективного) поведения системы для поддержания режима деятельности, реализации ее программ и целей.

Существует понятие *«техническая система»*, которая имеет стабильно выраженную целевую функцию. С точки зрения уровней совершенства различаются *простые* технические системы, в которых поддержание эффективности осуществляется за счет регулирования процессов, и *сложные*, в которых эффективность поддерживается за счет регулирования параметров. Технические системы способны ограничивать энтропию. Сложные технические системы характеризуются разнообразием, значительным количеством обратных связей детерминированного характера. Незапрограммированным поведением техническая система не должна обладать. Отклонения ведут к аварийным ситуациям.

Все антропогенные объекты (технические системы) целенаправленно создаются для выполнения определенных функций, т.е. являются функциональными системами. Их описание может быть детерминированным, без учета случайностей, или вероятностным (стохастическим), если функционирование системы подвержено случайностям. Тогда функция задается с определенной вероятностью (по различным законам распределения).

Любое научное исследование связано с установлением зависимости «воздействие — результат». Воздействие задается на вход технической системы, результат фиксируется на выходе.

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

Функционально-техническая система (подсистема) состоит из трех блоков: входа — процесса — выхода.

Вход — все, что изменяется при протекании процесса (функционирования) системы.

Выход — результат конечного состояния процесса.

Процессор (собственно сама система) — перевод входа в выход.

Система осуществляет свою связь со средой следующим образом.

Вход данной системы является в то же время выходом предшествующей, а выход данной системы — входом последующей. Таким

образом, вход и выход располагаются на границе системы и выполняют одновременно функции входа и выхода предшествующих и последующих систем.

Управление системой связано с понятиями прямой и обратной связи, ограничениями.

Обратная связь — предназначена для выполнения следующих операций:

- сравнение данных на входе с результатами на выходе с выявлением их качественно-количественного различия;
- оценка содержания и смысла различия;
- выработка решения, вытекающего из различия;
- воздействие на ввод.

Ограничение — обеспечивает соответствие между выходом системы и требованием к нему, как к входу в последующую систему — потребитель. Если заданное требование не выполняется, ограничение не пропускает его через себя. Ограничение, таким образом, играет роль согласования функционирования данной системы с целями (потребностями) потребителя.

Определение функционирования системы связано с понятием «проблемной ситуации», которая возникает, если имеется различие между необходимым (желаемым) выходом и существующим (реальным) входом.

Проблема — это разница между существующей и желаемой системами. Если этой разницы нет, то нет и проблемы.

Решить проблему — значит скорректировать старую систему или сконструировать новую, желаемую.

1.1.3. Как практически образовать систему

Что же нужно практически сделать, чтобы выделить (определить) ту или иную систему?

Во-первых, исходя из намеченных функций данной системы вычленив (провести границу) из внешней (более общей) среды, назвав и определив ограничения и связи ее с внешней средой (окружением). Это — трудный и важный процесс, существенно влияющий на все последующие. Обратим внимание на многовариантность, неоднозначность выбора.

Во-вторых, четко определить функцию системы и в соответствии с ней проверить систему на полноту элементов, целостность, единство (все ли «винтики» и «детали» системы имеются) с позиции ее функционирования, и в конечном счете — достижения желаемой цели. Нет ли лишних, дублирующих, несовместимых либо недостающих элементов и связей между ними.

В-третьих, построить (выявить, сконструировать) структуру системы, понимая при этом, что функция системы может реализоваться различными структурами.

В-четвертых, установить внутренние законы, по которым система существует и развивается. При этом система должна пониматься диалектически, т.е. в развитии и движении. Должна быть установлена связь законов функционирования внутри системы с законами функционирования системного окружения (среды и над-системы).

Здесь уместно отметить, в какое смешное и жалкое положение попадают некоторые деятели, которые стремятся (или делают вид, что стремятся) управлять системой, не зная законов ее развития и существования внутри внешней среды.

1.2. Зачем нужен системный подход

1.2.1. Рассмотрение объектов как систем

«Системный подход — это направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит **рассмотрение объектов как системы**. Системный подход ориентирует исследователей на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных связей в нем и сведение их в единую теоретическую картину» [50].

Потребность в таком направлении методологии научного познания следует из характера развития современной науки и техники. Действительно, философия в доньютоновский и ньютоновский периоды охватывала широкий диапазон природы явлений. При этом разносторонность не препятствовала, а, наоборот, способствовала глубине мышления и питала неисчерпаемую жажду познаний, стремлений объяснить мир как целое. Однако по мере того, как наука расчленилась на все новые и новые отдельные дисциплины, между ними становилось все меньше и меньше связей, и тем выше оказывалась вероятность замедления прогресса всей науки вследствие утраты необходимого общения. Распространение «глухоты узкой специализации» в науке и технике привело к тому, что те, которые не знают о том, что не знают другие, не в состоянии обнаружить необходимые знания в других областях из-за отсутствия «всеобщего слуха».

Что же может и должно противостоять этому?

Широта взглядов, эрудированность в различных областях, способность к анализу разносторонних явлений, ориентацию в сложных ситуациях, основанных на взаимопонимании и взаимопроникновении наук.

Интеграция наук в условиях их все возрастающей дифференциации — это диалектическое единство противоположностей. Это становится тенденцией времени. У этой тенденции прослеживается два подхода: первое — это возникновение новых наук на стыках существующих; второе — это разработка общего подхода к разнообразным объектам исследований — системного подхода.



Увидеть то, что не увидели другие, обнаружить общее в разном или разное в общем — вот цель первооткрывателя. Еще более важно установить главное, существенное, полезное, перспективное, обнаружить новую сущность. Непредвзятая точка зрения, неожиданный ракурс иногда дают больше, чем длительное скрупулезное углубление в уже известное.

В одной забавной притче говорится о недалёковидном генерале-инспекторе, посетившем древний «научно-исследовательский институт». Инспектор наградил «полшапкой серебра» талантливых селекционеров, которым удалось вывести волов с крепкими жилами, что выдвигало перспективу создания катапульта с большой дальностью метания. Аналогичную награду получил автор усовершенствованной астролябии, которую предполагалось использовать для уточнения ориентации. Одновременно инспектор повелел «сослать в наказание» двух нерадивых, один из которых смешивал уголь, селитру и серу, утверждая, что в этом будущее артиллерии, а другой — наблюдал за куском железной руды, подвешенном на нитке.

Всякую новую идею можно отвергнуть, либо подавить, но можно и постараться понять. А последнее, несомненно, труднее.

В истории известно, что Наполеон отверг предложение Р. Фултона о постройке паровых кораблей как ненужную выдумку. А ведь история развития Англии могла бы измениться! Президент Рузвельт отнесся с пониманием к большой озабоченности ученых-физиков о судьбах мира в связи с открытием атомной энергии.

Многие трудности научно-технического характера, возрастающие до уровня экологических проблем, возникают в результате так называемых «частных» решений (Байкал, Ладога, Арал, Енисей и др.). Противостоять такого рода «частным точкам зрения» может и должен «системный подход», который позволяет учитывать все существенные социальные и технические аспекты в разработке и проектировании новых технических объектов и связи их с окружением. На этом фоне проявляются морально-этические аспекты инженерной деятельности, ответственность при определении общественной

потребности в этом или ином техническом объекте с учетом всех технико-экономических характеристик, расхода природных ресурсов, влияния на окружающую среду и общество. Это требует от создателей новой техники широкого кругозора и гибкого мышления, основанных на расширении «поля видения» в противовес пресловутой «точке зрения», способной, подчас, свести проблему к нулю.

Системный подход выполняет роль **междисциплинарного языка**, сущность которого заключается в рассмотрении объекта или проблемы с учетом всей полноты и сложности их внутреннего строения, целостности, взаимодействия всех составляющих элементов, связи между ними и средой, недопустимости рассмотрения объекта, как некоторого континуума без учета всей сложности внутреннего строения, взаимодействия отдельных подсистем и элементов органического единства функций и структуры. В еще большей степени противен системному подходу отрыв от внешней среды (окружения) и постоянного обмена между ними веществом, энергией и информацией.

Без системного подхода невозможна разработка методов исследования и конструирования сложноорганизованных объектов. К ним надо отнести и ракетные космические системы и многие объекты 'капитального строительства.

Системный подход представляет собою определенный этап в развитии методов познания, методов исследования и конструкторской деятельности.

Системный подход возник как ответ на усложнение технизированного мира, рожденного в значительной мере активностью субъекта. Системный подход и системный анализ чаще всего привлекаются к изучению объектов такой сложности, что для их описания недостаточно использовать знания одной научной дисциплины, а приходится привлекать знания различных, традиционно разделенных дисциплин.

Углубление и признание этого принципа состоит в том, что если традиционные дисциплины изучают системы, как правило, исключая перекрестные связи с явлениями, входящими в прерогативу других дисциплин, то в системных объектах такая позиция принципиально неприемлема. Системный эффект заключается в возникновении нового качества при совокупности факторов.

Системный подход развивает и формирует у специалиста целостное диалектико-материалистическое мировоззрение и, в этой связи, полностью соответствует современным задачам нашего общества и экономики страны.

Системная теория основывается на том, что при изучении казалось бы внешне различных системных объектов могут оказаться полезными обобщающие взаимосвязанные оценки, подходы, понятия, перенос результатов из одной области в другую, желание разговаривать на одном языке.

Иногда наряду с понятием «системный подход» можно встретить понятие «системный анализ», которое употребляется часто как синоним первого. В более строгом смысле «системный анализ» есть совокупность методологических средств, используемых для подготовки, обоснования и решения сложных проблем, в том числе и технических. В основе системного анализа лежит системный подход, а также ряд математических дисциплин и другие приемы, активизирующие и стимулирующие творческую деятельность в процессе принятия решений.

Системный подход нельзя воспринимать как одноразовую процедуру, это обычно многоцикловый процесс познания и поиска причин и решений для достижения определенной цели, для которой создается (выделяется) некоторая искусственная система. Как правило, после первого цикла мы убеждаемся, что данная система функционирует недостаточно эффективно. Что-то мешает. В поисках устранения этого «что-то» мы выходим на новый цикл спирального витка поиска (системного подхода), вновь анализируем прототипы (аналоги), рассматриваем системно функционирование каждого элемента (подсистемы), действенность связей, правомочность ограничений и т.д., т.е. сначала пытаемся найти рычаги внутри данной системы. Если не удастся достигнуть желаемого эффекта, то часто целесообразно вернуться к выбору системы. Возможно, надо ее расширить, ввести в нее еще другие элементы, предусмотреть новые связи и т.д. В новой, расширенной системе увеличивается возможность получения более широкого спектра решений (выходов), среди которых может оказаться желаемое. Таким многоцикловым надо представлять процесс (методологию) системного подхода.

1.2.2. С чего начинается система

1.2.2.1. Исследование потребности

Философы учат, что все начинается с потребности.

Исследование потребности состоит в том, что прежде, чем разрабатывать новую систему, необходимо установить — нужна ли она? На этом этапе ставятся и решаются следующие вопросы:

- удовлетворяет ли проект новую потребность;
- удовлетворяет ли его эффективность, стоимость, качество и др.?

Рост потребностей обуславливает производство все новых и новых технических средств. Этот рост определен жизнью, но он обусловлен и потребностью в творчестве, присущей человеку как разумному существу.

Область деятельности, задача которой — исследование условий жизни человека и общества, называется футурологией. Трудно возразить против точки зрения, что основой футурологического планирования должны быть тщательно выверенные и социально оправданные потребности как существующие, так и потенциальные.

Потребности придают смысл нашим действиям. Неудовлетворение потребности вызывает напряженное состояние, направленное на ликвидацию несоответствия.

При создании техносферы установление потребностей выступает как концептуальная задача. Установление потребности ведет к формированию технической задачи.

Формирование (должно включать описание совокупности условий, необходимых и достаточных для удовлетворения потребности).

Обоснование актуальности темы (проблемы, задачи), ее народнохозяйственного значения является первым и важнейшим вопросом к каждой научно-исследовательской работе.

1.2.2.2. Уяснение задачи (проблемы)

Увидеть, что ситуация требует исследования, есть первый шаг исследователя. Задачу, не решавшуюся ранее, как правило, нельзя сформулировать точно, пока не найден ответ. Тем не менее, следует всегда искать хотя бы пробную формулировку решения.

Есть глубокий смысл в тезисе, что «хорошо поставленная задача наполовину решена», и наоборот.

Уяснить, в чем заключается задача, — значит существенно продвинуться в исследованиях. И наоборот — неправильно понять задачу — значит, направить исследование по ложному пути.

Этот этап творчества непосредственно связан с фундаментальным философским понятием цели, т.е. мысленным предвосхищением результата.

Цель регулирует и направляет человеческую деятельность, которая состоит из следующих основных элементов: определения цели, прогнозирования, решения, осуществления действия, контроля результатов. Из всех этих элементов (задач) определение цели стоит на первом месте.

Сформулировать цель значительно труднее, чем следовать принятой цели.

Цель конкретизируется и трансформируется применительно к исполнителям и условиям. Трансформация цели включает ее доопределение из-за неполноты и запаздывания информации и знания о ситуации. Цель более высокого порядка всегда содержит исходную неопределенность, которую необходимо учитывать. Несмотря на это, цель должна быть определенной и однозначной. Ее постановка должна допускать инициативу исполнителей.

«Гораздо важнее выбрать «правильную» цель, чем «правильную» систему», — указал Холл, автор книги по системотехнике; выбрать не ту цель — значит решить не ту задачу; а выбрать не ту систему — значит просто выбрать неоптимальную систему.

Достижение цели в сложных и конфликтных ситуациях затруднено. Вернейший и кратчайший путь — изыскание новой прогрессивной идеи. То, что новые идеи могут опровергнуть прежний опыт, ничего не меняет (почти по Р. Акоффу: «Когда заказан путь вперед, то лучший выход — задний ход»).

1.2.3. Системный подход к «системе»

Как практически проверить, является ли рассматриваемая система системой? Логика подсказывает, что необходимо проверить ее свойства согласно определению данного понятия.

Пользуясь методом контрольных вопросов (см. гл. 3), целесообразно поставить следующие вопросы и ответить на них.

1. Является ли набор элементов системы полным (целостным), т.е. достаточным для функционирования системы? Нет ли лишних или недостающих элементов?

2. Каковы связи между элементами? Достаточно ли их, нет ли лишних? Обеспечивают ли связи функционирование системы?

3. Обладает ли система качествами (функциональными свойствами), не присущими ни одному из ее элементов в отдельности?

4. Обеспечена ли взаимосвязь данной системы с внешней средой? Учтены ли все существенные внешние связи? Ограничения?

5. Что дает анализ данной системы с позиций надсистемы, т.е. «сверху»? Не нарушаются ли присущие надсистеме законы развития?

6. Что дает анализ данной системы с позиций возможных исходов (конечных результатов), т. е. взгляд «снизу»?

7. Обладает ли данная система как часть материи всеми присущими ей свойствами (материальностью, объективностью, преобразованием материи из одного вида в другой и т.д.)?

8. Сохранены ли, не нарушены ли в системе законы материалистической диалектики? Рассматривается ли система в развитии и может ли она развиваться? Каковы движущие силы развития? Заметим, что если этого нет, то система обречена на вымирание.

1.3. Функционально-структурный подход

1.3.1. Предпочтение — функции или структуре системы?

Мы рассматриваем функционально-структурный подход как сердцевину (основу) системного подхода.

Чему отдать предпочтение: функции или структуре, этим основным понятиям системного подхода? Это принципиальное положение, выражающее мировоззренческую позицию в системном подходе.

Действительно, между функцией и структурой существует связь, как между философскими категориями — содержанием и формой. Другими словами, функция — это содержание, структура — форма системы. Это

«типичная взаимосвязь диалектических противоположностей, преодоление которых является источником развития и познания систем» [7].

Потребности общества, изменение взаимодействия системы с внешней средой приводят к новым проблемам, к изменению функции системы. Изменение функции ведет за собой перестройку структуры, ее обновление. Какова обратная связь — влияние структуры на функцию? Существует ли она?



Структура системы может оказать активное воздействие на функцию, когда потенциальные возможности структуры больше, чем реализуемые ею функции, и негативное (тормозящее), когда структура перестает соответствовать функции. Первое противоречие разрешается обновлением (развитием) функции системы, а второе — перестройкой (изменением) структуры, как несоответствующей требованиям функционирования системы. Функция и структура диалектически взаимосвязаны, оказывают влияние друг на друга в процессе развития системы. Примером функционально-структурного подхода является подготовка военного сражения полководцем: согласно цели (функции сражения) создается структура войск, их боевое, инженерное и материальное обеспечение.

Функционально-структурный подход базируется на взаимозависимости функции и структуры в процессе развития системы при определяющей роли функции системы по отношению к ее структуре.

Изменение этого положения ведет к извращениям, крайностям в виде «функционализма» и «структурализма».

Концепция функционально-структурного подхода к анализу и синтезу антропогенных (созданных человеком) систем, их эволюции разработана в монографии Е.П. Балашова [9], и здесь мы используем ее основные положения.

Функционально-структурный подход, выражая сущность системного подхода, характеризуется следующими факторами [9]:

— учетом диалектической взаимосвязи функции и структуры объектов при определяющей роли функции по отношению к структуре;

— целостным подходом к анализу (расчленению, декомпозиции) и синтезу (воссоединению целого из частей) многоуровневых систем, общностью этих двух сторон познания;

— учетом вещественных, энергетических и информационных связей между элементами системы и взаимосвязью системы со средой;

— рассмотрением систем в развитии;

— единством философского и специального знания, проявляющегося в совместном использовании общих законов материального мира и закономерностей развития антропогенных систем.

На основе функционально-структурного подхода можно сделать следующие заключения:

1. Структура системы определяется совокупностью реализуемых функций данной системы.

2. Между реализуемыми функциями и структурой системы не существует взаимно-однозначного соответствия (т.е. может быть несколько систем с одинаковыми функциями, но с различной структурой).

3. Функционально-структурная организация системы адаптируется к изменяющимся условиям ее существования. Изменение условий существования системы (внешней среды) вызывает изменение ее функций и ведет соответственно к изменениям структуры.

4. Процесс эволюции систем формирует различные типы систем, функционально-структурная организация которых в возрастающей мере соответствует потребностям и условиям существования этих систем. Это многоцикловый спиральный процесс.

1.3.2. Критика функционализма и структурализма

Нарушение предпочтения функции по отношению к структуре ведет к извращениям и крайностям в виде «функционализма» либо «структурализма».

Функционализм — утверждает первичность функции системы по отношению к ее структуре. Идеи функционализма в архитектуре пропагандировал Ле Корбюзье, выдвигая тезис: «форму определяет функция». Он создал здесь своеобразный «международный» стиль, т.е. повсеместное, независящее от условий среды, климата и национальных традиций возведение целесообразных сооружений. Такой подход, который, к сожалению, нередко утверждается в жизни, приводит, например, к тому, что жилые дома на берегах Енисея мало отличаются от южных вариантов, воплощенных во всесоюзных типовых проектах. Проблема «Сибирского дома» до сего времени серьезно не ставилась и не разрешалась.

Аналогичная ситуация имеет место в отношении строительно-дорожной техники, предназначенной для эксплуатации в суровых природно-климатических районах Сибири и Севера.

Структурализм — утверждает первичность структуры по отношению к функции.

Если сначала определить структуру, а затем назначить функцию этой структуры, то противоречия между формой и содержанием обостряются. К сожалению, такие ошибки носят устойчивый характер, особенно в сфере организации управления. Вне зависимости от функции копируются и тиражируются структуры строительных трестов и других подразделений строительной индустрии во всех климатических районах страны.

Структурализм — своеобразное «прокрустово ложе», в которое пытаются втиснуть предмет, и если он оказывается длиннее — его укорачивают, а если короче — вытягивают.

Как функционализм, так и структурализм, нетрудно заметить, идут вразрез с системным подходом.

Можно привести множество примеров с последствиями такого рода несистемного подхода из области строительства. Например, сибирское градостроительство не имеет своей региональной специфики. До сего времени отсутствуют проекты «Сибирского дома». Эту мысль можно проиллюстрировать приводимой ниже воображаемой, но вполне правомерной сценой: «Разговор археологов XXV века».

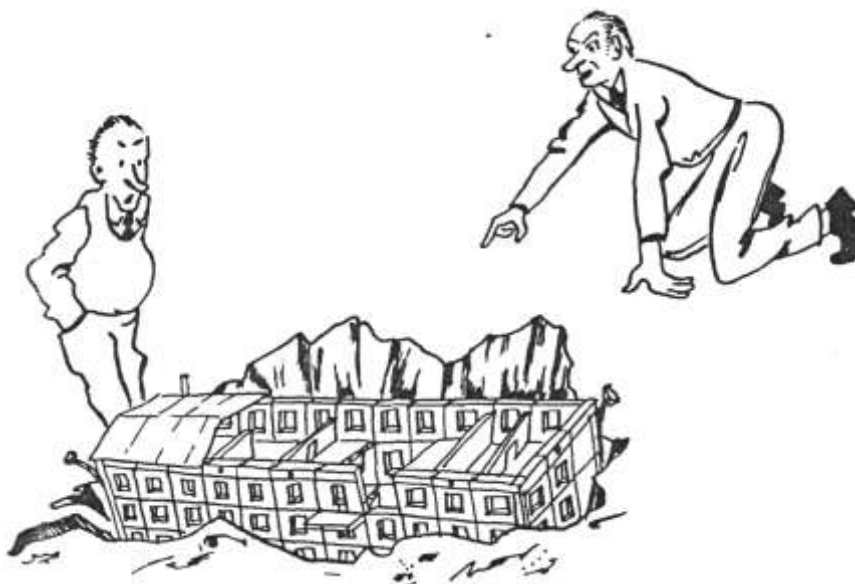
Можно назвать и другие примеры несистемного подхода, относящегося, например, к организации учебного процесса, структуре учебных планов строительного вуза, искусственной и неопределенной дифференциации наук и проведения научных исследований. Например, почему в учебниках фундаменты изучают отдельно от конструкций пола? Почему их не совмещают? Ведь функции их однотипны. Нужен системный

подход. Любопытно отметить, что на ВДНХ-87 демонстрировалась как новая находка совмещенная конструкция пола-фундамента.

Такие недостатки, как «функционализм», «структурализм» выдвигают настоятельную необходимость разработки и использования функционально-структурного подхода, базирующегося на взаимозависимости функции и структуры в процессе развития систем.

1.3.2.1. Разговор археологов XXV века

Обнаружены остатки домов XX века.



1-й археолог. В конце XX века в Сибири был резко континентальный климат, но дома на Енисее не отличаются от домов в южных районах. Разве тогда владели созданием комфортного микроклимата в домах?

2-й археолог. Нет, никаких подтверждений этого не обнаружено.

1-й. В чем тогда секрет? Ты думаешь, что они не знали законов развития техники и не пользовались системным подходом?

2-й. По некоторым сведениям, дошедшим до нас, в те времена господствовала популяция людей, которая насаждала однотипные здания, не считаясь с местом и временем. Главным для них были «инструкции» и «нормы». Это были самые прочные и непробиваемые материалы. (Ведь дошли же некоторые до нашего XXV века).



1-й. Представляю себе, скольким людям это укоротило жизнь! И долго так продолжалось?

2-й. До тех пор, пока не пришли другие, которые изобрели способ борьбы с ними под названием «перестройка».

1-й. И что же было дальше?

2-й. А вот этот слой цивилизации нам еще предстоит раскопать!

1.3.3. Инструментарий функционально-структурного подхода

Для применения функционально-структурного подхода [7] разработаны следующие понятия, которые используются в его алгоритме (см. п. 1.3.4.).

Дерево **функций системы** представляет собой декомпозицию ее функций и служит основой для формирования системы. Выделяются «функциональные модули». В структуре им соответствуют определенные «конструктивные модули».

При формировании дерева функций системы необходимо располагать полнотой информации о ее функциях (основных и дополнительных). Ни на одном уровне иерархии системы нельзя забывать ни об одной функции (в том числе психофизические, эргономические, экологические и др.). Надо выделить основную функцию и функции уровней.

Дерево **противоречий системы** — отражает противоречия отдельных уровней функционально-структурной ее организации. На каждом уровне существуют противоречия между функциями и структурной организацией, как противоречия между содержанием и формой, между состоянием

определенного качества и сложностью структуры. Многоуровневая иерархическая система противоречий и есть дерево противоречий системы.

Функциональные модули сложной системы формируют ее концепцию в соответствии с деревом функций и деревом противоречий системы.

Конструктивные модули — определяют и организуют морфологическую структуру системы на основе ее функциональных модулей («морфология» — в переводе с греческого означает «форма» и «...логия»).

Связь между функциональными и конструктивными модулями проявляется, как между функцией и структурой. Иными словами — система с определенными функциональными модулями может быть реализована неоднозначно с помощью различных конструктивных модулей.

1.3.4. Алгоритм функционально-структурного подхода

В монографии [9] были выделены основные фазы эволюционного синтеза системы, сформулированные применительно к области интересов автора — электронным системам. Но, по сути, этот алгоритм применим к многим другим областям техники (см. часть 2, глава 9, п.9.4), в том числе и для активного поиска конструкторских решений.

Алгоритм сводится к последовательности операций:

1. Анализ систем-прототипов включает: выяснение основных и дополнительных функций; построение обобщенного дерева функций; выявление базовых структур; анализ принципов технической реализации.

2. Исследование дерева противоречий системы включает: анализ «узких мест» систем-прототипов; выявление ограничивающих факторов; выявление основного противоречия системы; построение дерева противоречий системы, анализ дерева противоречий системы.

3. Формирование концепций системы включает: анализ влияния способов преодоления противоречий системы; поиск альтернатив технической реализации системы; разработку технического задания на систему; определение совокупности показателей качества системы.

4. Формирование дерева функций системы включает: определение множества основных и дополнительных функций; определение числа уровней декомпозиции и декомпозицию функций системы; выявление набора типовых операторов; отображение функций предыдущего уровня на множество операторов; трансформацию дерева функций.

5. Формирование функциональной структуры системы включает: анализ методов аппаратной и программной реализации; разработку алгоритмов функционирования системы; анализ связей операторами различных уровней; построение временных диаграмм активности операторов соответствующего уровня; определение загрузки ресурсов подсистемы; эквивалентные преобразования операторов; формирование функциональных

модулей; выбор базовых функциональных структур; выделение типовых функциональных подсистем.

6. Формирование морфологической структуры системы на основе конструктивных модулей включает: выбор технических средств для реализации системы; формирование таблиц соответствия функциональных модулей; формирование таблиц соответствия конструктивных модулей; обоснование разработки оригинальных технических средств; преобразование элементов (подсистем) функциональной структуры; покрытие функциональных подсистем конструктивными модулями; формирование конструктивных модулей высокого уровня; формирование альтернативных вариантов системы; анализ достоинств функционирования системы.

7. Оценка показателей качества и выбор окончательного варианта системы включает: выбор стратегии сравнительного анализа вариантов системы; выбор методики оценки показателей качества системы; анализ показателей качества системы; формирование документации на систему.

К этому необходимо добавить, что если полученные результаты неудовлетворительны, то необходим возврат к повторению этого алгоритма на новом витке развития (активного поиска).

Вдумчивый конструктор, читая данный алгоритм, обратит внимание не только на важность и ответственность постановки проблемы и ее поисковой формулировки, т.е. на работу, предшествующую использованию данного алгоритма, но и на этап формирования концепции системы как на коренной момент алгоритма. Из личного опыта автора хочется подчеркнуть следующее. В концепцию создаваемой системы желательно *закладывать такие прогрессивные идеи, которые обеспечивали бы повышение ее эффективности в несколько раз*, т.е. создать запас, резерв возможностей. Тогда при решении последующих вопросов низкого уровня можно «пожертвовать» несколькими процентами из этого резерва эффективности, чтобы быстрее и с меньшими затратами осуществить практическую доводку и внедрение системы.

И еще один пример из жизни, связанный с постановкой задачи. С целью повышения несущей способности сваи под фундамент аспирантка решила вместо обычной прямоугольной формы придать ей некоторую клинообразную форму. Проблема сформулирована так: определить такой угол клинообразной формы, при котором несущая способность (нагрузка на сваю) была бы наибольшей. Казалось бы все верно и хорошо. Но вот была предложена чуть измененная формулировка: определить такое формообразование сваи, при которой ее несущая способность была бы наибольшей. Вторая формулировка, конечно, включает в себя первую, но и раскрывает другие многообразные пути конструкторского поиска.

Так вот, при формировании концепции системы на функциональном уровне надо заботиться о том, чтобы не потерять многообразные

возможности структурной организации, т.е. здесь четко должны реализовываться черты функционально-структурного подхода (одна и та же функция может быть реализована различными структурами).

Алгоритм функционально-структурного подхода направлен на выявление (вскрытие) и преодоление противоречий разных уровней.

1. Основное противоречие системы связано с постановкой проблемы. Оно вскрывается на основе анализа систем-прототипов и потребности, составляет основу дерева противоречий системы и далее просматривается от этапа формирования системы до оценки конечного результата. Если основное противоречие преодолено, то и проблема решена. Но относиться к этому надо диалектически, помня о том, что преодоление одних противоречий порождает другие, т.е. при решении одних проблем возникают другие, и опытный исследователь должен их видеть, предусмотреть и оценить заранее. Одним из примеров такого рода в строительной механике может служить противоречие между используемой моделью (расчетной схемой) и реальной системой. Это противоречие — неисчерпаемый источник развития механики.

2. Противоречия структурного уровня проектирования (структурного синтеза системы) — это противоречие между функциональной полнотой и требованиями минимизации системы.

Требования минимальной структуры — это стремление к построению системы из минимального числа элементов органической номенклатуры. Здесь возникает новое противоречие, связанное с проблемами унификации и типизации элементов, на которые расчленяется система. Какие и сколько элементов целесообразно унифицировать, чтобы из них синтезировать систему. В этой задаче необходимо учесть многие требования и ограничения технологии изготовления конструктивных элементов, удобство их транспортирования и монтажа, надежности в процессе эксплуатации.

Иными словами, мы всегда стремимся к тому, чтобы система была наиболее простой, но при этом наиболее полно удовлетворяла наши потребности.

3. Противоречия этапа логического проектирования связаны, с одной стороны, с непрерывным расширением функциональных возможностей системы (с эволюцией функций) и, с другой стороны, с числом элементов и количеством их типов, составляющих логическую структуру системы (с эволюцией технологии).

4. Основное противоречие этапа технического проектирования связано с функциональными возможностями разрабатываемых элементов и сложностью их структуры. Что выгоднее: синтезировать систему из большого числа простых элементов или небольшого числа сложных. Примером преодоления данного противоречия является разработка сборных

сталежелезобетонных конструкций из унифицированных элементов для серии пролетов (см. часть 2, глава 9).

5. Основные противоречия этапа конструктивно-технологического проектирования возникают между функциональными возможностями блоков (конструктивных модулей) системы и конструктивно-технологическими ограничениями их реализации.

1.4. Философская сущность системного подхода

Системный подход неразрывно связан с материалистической диалектикой, является конкретизацией ее основных принципов на современном этапе развития [50].

Корни философского принципа системности мира уходят вглубь истории человеческого творчества. Но древность и кажущаяся тривиальность самого принципа еще не означает и не объясняет его сегодняшней универсальности и распространенности. Новый век и новые сверхзадачи, которые ставит перед собой человечество, наполнили системные принципы и подходы новым содержанием, выходящим за рамки чисто философских споров.

Как же понять сущность системности, этого «основного звена», за которое нужно ухватиться, чтобы, по выражению В. И. Ленина, «вытащить всю цепь»?

По нашему мнению, синонимом слова иностранного происхождения «системность» может быть наше русское — «целостность», что означает внутреннее единство, воспринимающееся как единое целое. Отсюда принципиальная недопустимость рассмотрения объекта, проблем или явления без учета всей сложности их внутреннего строения (структуры), взаимодействия (обмена) между составляющими систему элементами и подсистемами: веществом, энергией и информацией; отрывом от среды обитания (системного окружения), постоянного обмена между внутренней сущностью системы и средой; резко выраженной функциональности, т.е. целенаправленности для достижения заданных конкретных результатов.

Эта сущность системности, которую без натяжки можно назвать философской, следует из представлений о единстве, неразрывности и взаимосвязанности мира.

В.И. Ленин [1] писал, что «гениальна основная идея всемирной, всесторонней, живой связи всего со всеми и отражения этой связи... в понятиях человека, которые должны быть также обтесаны, обломаны, гибки, подвижны, релятивны, взаимосвязаны, едины в противоположностях, дабы обнять мир».

Рискнем высказать предположение: в чем заключается главное затруднение восприятия человеком сущности системного подхода? Это затруднение, как нам кажется, лежит в плоскости ординарной логики

человеческого (главным образом, механического) мышления по принципу: от анализа к синтезу. Принцип же системности как бы противостоит элементаризму. Приступая к разработке новой системы или проблемы, мы, как правило, не задумываясь, начинаем «препарировать» ее, расчленять на части и элементы, наивно предполагая, что на базе простого знания частей целого можно познать и его самое. Однако это далеко не всегда верно. Простая сумма частей, как правило, не есть целое. Это положение хорошо иллюстрируют примеры с ножницами, кучей кирпичей, стеной и др. Этому же принципу решения задач способствует и математический аппарат (в частности — анализ), различного рода искусственные расчленения и детализация. Под этими же парусами традиционной человеческой психологии происходит все большее и большее дробление (дифференциация) самих наук. А ведь разделение наук на отдельные области, как указывал М. Планк, «обусловлено не столько природой вещей, сколько ограниченностью способности человеческого познания. В действительности существует непрерывная цепь физики и химии, через геологию и антропологию к социальным наукам, цепь, которая ни в одном месте не может быть разорвана, разве лишь по произволу».

Для того, чтобы сложную систему правильно расчленить на части с целью изучения, надо использовать системный подход. Расчленение — это системная задача, которая должна учесть все внешние и внутренние связи части с целым. Иными словами, исследуемая часть должна быть поставлена в такие же эквивалентные условия функционирования, как в составе целого (системы). На этом в механике основан известный метод сечений — одна из разновидностей концепции расчленения (декомпозиции).

«Отдельное не существует иначе, как только в связи, которое ведет к общему. Общее существует лишь в отдельном, через отдельное. Всякое общее лишь приблизительно охватывает отдельные предметы. Всякое отдельное входит в общее и т.д. и т.п. Всякое отдельное множествами переходов связано с другого рода отдельным (веществом, явлением, процессом)» [1].

Теперь многие говорят, и говорят справедливо, что наиболее слабые места лежат на стыках науки, но, говоря так, они не более чем отдают дань той же «моде», продолжают прочно удерживать свои форпосты, баррикадируясь, если можно так выразиться, «за дверями своих кафедр».

Синтез системы — в ее единстве; трудность постижения — в преодолении психологии дробления без должного учета взаимосвязей с целым. Здесь без перестройки психологии не обойтись.

Ярчайшим примером преодоления элементов является биология. Биологический подход исходит из недопустимости расчленения изучаемого живого объекта на части без утраты функции самой жизни. Здесь раскрывается вся диалектика части и целого. Не случайно поэтому одним из

авторов «Общей теории систем» стал итальянский биолог Л. Берталанфи. Биологи называют антропогенные системы, созданные человеком, — «железными», подчеркивая таким образом их примитивность в сравнении с биологическими.

На базе системности была построена теория Дарвина о происхождении видов, в которой не организм, а вид стал клеточкой диалектической структуры.

На базе этого же подхода строится натурфилософия великого естествоиспытателя В. И. Вернадского, создателя учения о биосфере Земли и ее закономерностях. Оказалось, что немислимо понять процесс существования живого, если не учесть взаимную целостность таких систем, как растения, животные, человек и их среда. Нанесение вреда одной части целого делает ущербным все целое. С некоторым запозданием и дорогой ценой это становится понятным сейчас всем.

В строительстве классическим примером системности может служить лаконичная триада великого зодчего Древнего Рима Витрувия — «польза—прочность—красота». В практике сегодняшнего строительства, особенно в плачевном состоянии архитектуры со всею очевидностью «демонстрируется», к чему приводит изъятие какого-либо элемента из этого сплава мудрости. Во второй части книги приведены многочисленные примеры нарушения системного подхода в капитальном строительстве.

Открытие и формулирование новых подходов, оформившихся в теорию систем, стало необходимым и неизбежным тогда, когда старые подходы исчерпали себя, когда они оказались неадекватными не только постановке новой проблемы, но даже самому масштабу. Для сложно организованных систем, характерных для современного развития техники, принцип «изучай сложное, как совокупность простых» теряет смысл. Поэтому, в частности, причинно-следственные связи перестают быть единственными видами связей. Нашему времени свойственно не только существенное расширение теоретических и практических задач, но и все более значительное усиление внимания к способам и методам научно-исследовательской деятельности. В сознании исследователя укореняется понимание того факта, что получение значительного результата самым непосредственным образом зависит от исходной теоретической позиции, точнее — от принятого подхода к постановке проблемы.

Анализ и синтез — являются фундаментальными понятиями как в философии, так и в системном подходе.

Если анализ — процесс мысленного расчленения (декомпозиции) или реального разбиения объекта на элементы с учетом имеющихся между ними связей, то синтез — процесс воссоединения элементов в одно целое.

Анализ и синтез системы во взаимосвязи выявляют, из каких частей состоит целостная система и как они (части) взаимодействуют друг с другом;

таким образом раскрываются принципы функционально-структурной организации системы.

Анализ и синтез диалектически взаимосвязаны. «Мышление состоит столько же в разложении предметов сознания на их элементы, сколько в объединении связанных друг с другом элементов в некоторое единство».

Классики философии неоднократно подчеркивали взаимосвязь анализа и синтеза, основанную на единстве материального мира, его системности и дифференцированности, его непрерывности и прерывности. Анализ не является самоцелью. Подобно тому, как части подчиняются целому, служат ему, анализ служит синтезу, свершается во имя синтеза, направляется и контролируется синтезом.

Системный анализ позволяет разделить сложную задачу на совокупность простых задач, расчленить сложную систему на элементы с учетом их взаимосвязи. Таким образом, анализ выступает как процесс последовательного расчленения решаемой сложной проблемы на взаимосвязанные частные подпроблемы. Следует отметить, что системный анализ, как и системный подход в его классическом варианте, являются, в основном, методами анализа. Проблема синтеза остается открытой.

В системном подходе как методологии познания, в терминологии, в понятийном аппарате четко видны такие диалектические образы, как пространство (через целостность, структуру, связи с внешней средой) и время (через развитие, движение, проявляющиеся в законах его функционирования). При этом очевидна и материалистическая основа подхода. Системные определения функции и структуры системы эквивалентны философским понятиям содержания и формы.

Диалектики учат нас, что мало понять различие явлений, надо вместе с тем понять и их единство. Оперировать различиями как взаимоисключающими противоположностями было бы ошибочно.

Не следует полностью отождествлять диалектику и системный подход.

Диалектика не выступает и не может выступать в роли конкретной методологии и пытаться трактовать ее таким образом - значит, объективно принижать ее значение.

В отличие от диалектики, системный подход представляет собой специализированную методологию, хотя и имеющую общенаучное значение.

Философский и системный подходы сходны в том, указывает Д.М. Гвишиани [54], что и в том, и в другом интегрируются научные знания в целях повышения его практической эффективности, и то, и другое носит междисциплинарный характер — синтез научных знаний, тенденции сближения естественных и общественных дисциплин.

Диалектический материализм — это целостное мировоззрение, научная теория и методология, а системный подход — только одна из ее граней.

Как часть не может заменить целого, так и системный подход при всей своей аналитической и созидательной мощи не может заменить всеобщей методологии науки, которой является диалектический материализм. Системный подход является конкретизацией диалектики на современном этапе развития.

1.5. Кто за? Кто против? Кто воздержался?

Мы уже говорили о том, что термин «системный подход» и некоторая его атрибутика во многих работах последнего времени, к сожалению, используются как некоторая навязчивая мода. Лишенная сущности символика способна лишь принести вред, создавая иллюзию вместо действия. В жизни, к сожалению, встречаются еще такие ученые — строители, которые, отрицая новые решения, ссылаются на то, что они не предусмотрены строительными нормами и правилами (СНиП), и инженеры, которые скрупулезно выполняют все предписания СНиП, не зная аргументации и ограничений, положенных в их основу. И еще преподаватели, которые волевым путем стремятся убедить студентов, что «его» дисциплина самая главная, не аргументируя это принципиальной взаимосвязью с другими науками, конечным результатом учебы, перспективой развития.

Автор на основе своего опыта знает, что далеко не все воспринимают, овладевают и используют системный подход так, как это требует материалистическая диалектика, интересы творческого отношения к инженерной, научной и учебной деятельности.

В связи с этим приводим ниже свою маленькую систематизацию — разделим «знатоков» на четыре группы по признаку их отношения к системному подходу.

Первая группа — «проклятые конъюнктурщики» доперестроевской формации (это устойчивая и довольно многочисленная популяция). Они, как правило, первыми начинают повторять слова начальства, не имея ни малейшего представления о сущности вопроса. Много бед идет от них. Уловив в директивных документах модный термин или сочетание слов, например: «системный принцип», «системный метод», «системный подход», конъюнктурщики начинают украшать ими, как виньетки, планы и отчеты, камуфлируя нежизнеспособный саженец своей хилой мысли развесистой кроной «дерева целей». Их не смущает отсутствие каких-нибудь знаний по теории систем. Они привыкли к специфической терминологии и продолжают повторять ее всюду, считая себя убежденными и квалифицированными системщиками.

Вторая группа — «скептически настроенные интеллектуалы». В отличие от первых, они на веру ничего не берут. Более того, с трудом верят в то, что часто очевидно для всех. Люди эти, как правило, способные, нужные

и полезные науке — системную методологию скептически называют болтовней, от которой мало проку. Встречаются и более злые реакции, например: «Системный подход, это когда задумываются над самым ничтожным действием». Рассказывают, якобы к месту, известную побасенку о сороконожке, которую однажды спросили: что она думает в тот момент, когда передвигает двадцать восьмую левую и тридцать третью правую ногу? Несчастливая сороконожка остановилась, чтобы подумать, да Так и не смогла сдвинуться с места. А мораль усматривается довольно прозрачно: нужно ли препарировать свои мозги? Не постигнет ли нас участь бедной сороконожки?

Третья группа — «обалдуи». Это категория людей, согласно закону Паркинсона «О шелушении иерархии», довольно устойчиво сохраняется на ее левом фланге (правда, Паркинсон называет этих людей несколько иначе — «малокомпетентными»). Эти товарищи с необыкновенной легкостью принимают все на веру. Они одинаково верят и в летающие тарелки, и в снежного человека, и в чудовище из озера Лох-Несс, системные и другие теории. У них особый трепет перед печатным словом, Их ничем не удивишь и ничем не разочаруешь. Они, безусловно, верят также в любое решение, полученное на ЭВМ.

Четвертая (самая многочисленная) группа в нашей классификации — обыкновенные люди, к которым относимся и мы с вами. Они, как правило, мало осведомлены. Свои суждения высказывают не столь категорично. От них часто и резонно можно услышать контрвопрос: «Этим методом люди пользовались с незапамятных времен, но не называли его специальным термином «системный подход». Откуда возникла необходимость разрабатывать «новую» теорию? Не напоминает ли это мольеровского господина Журдена, который удивился и умилился, узнав о том, что он, оказывается, всю жизнь разговаривал прозой!

Но мы верим, что эти обыкновенные люди имеют незатухающую жажду знаний, желают узнать то, что еще не знают, не теряют способности удивляться новому, стремятся к творчеству. К ним мы и обращаемся.

Овладеть системным подходом по существу, сделать его методологией «своего дела», знать и использовать законы развития техники и методов принятия решений — значит сделать шаг, по нашему мнению, к повышению общей культуры мышления.

Итак, читатель, кто за? Кто против? Кто воздержался?



Пока мы не знаем закона природы, он, существуя и действуя помимо, вне нашего сознания, делает нас рабами слепой необходимости.

В. И. Ленин

*Пока из знаний мудреца Мир пользы не извлек,
Мудрец отличен от глупца
Всего на волосок.*

Фирдоуси

Глава 2

ЗАКОНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ

Подчиняется ли развитие техники каким-либо законам? Являются ли эти законы объективными? Какова связь их с законами природы? Познаны ли законы развития техники? Если да, то в какой мере? Какова взаимосвязь развития техники с социальными факторами? Играют ли роль региональные факторы? Раскрыты ли эти проблемы в строительстве? Об этих и других вопросах Вы узнаете мнение различных инженеров, философов, ученых, энтузиастов творческого отношения к технике.

2.1. Открыть фундаментальные основы инженерного искусства

Человек, овладевая природными и общественными условиями своего существования, создает свою — «вторую природу». Этот человеческий мир, базируясь на природе, вместе с тем составляет ту великую «прибавку», которая исторически является самой молодой, но, вместе с тем, самой качественно сложной реальностью мироздания [11].

Техника, как часть антропогенного мира, определяется как совокупность средств человеческой деятельности, создаваемых в целях производства и обслуживания потребностей общества.

Проблема качественных различий мира «естественного» и «искусственного» не нова. Однако в нашем сознании, главным образом, в силу несовершенства образования, сложился стереотип такого убеждения, при котором «искусственному» миру, как вторичному, как бы предписывается исполнять только законы, действующие в «естественном» мире.

Однако в эпоху НТР такие стереотипы не только не соответствуют фактическому положению в науке, но наносят ей непоправимый вред, ибо сама практика научного познания начинает требовать, чтобы закономерности знания об искусственном нашли свое адекватное отражение в научной картине мира и методологии.

Одним из ярких проявлений тому служит интереснейшая книга крупного естествоиспытателя **Герберта Саймона** [13]. Основные положения науки об искусственном, по его мнению, сводятся к следующему:

«Мир, в котором мы живем, в значительно большей мере является творением человеческих рук, чем природы: это гораздо более искусственный мир, нежели естественный».

Естественное выступает перед человеком, *как непосредственно данное*; оно есть и изучается как таковое во всех его закономерностях («угол падения равен углу отражения»), качествах, свойствах и отношениях («Земля обращается вокруг солнца по эллипсу, в одном из фокусов которого находится солнце»).

Искусственное же, прежде чем стать таковым, должно быть создано (цемент и сталь из минерального сырья, продовольствие — из растительного и животного мира). Иными словами — оно должно быть спроектировано и произведено. В нем реализуется цель человека, оно функционально обслуживает его разнообразные потребности. Таким образом, фокусом всей целенаправленной, продуктивной деятельности человека является решение задач, какими должны быть создание вещей и, соответственно, какими должны быть действия человека по достижению его целей.

«Между познанием человека, направленным на естественный объект и познанием и деятельностью человека, направленными на создание искусственных вещей, есть существенное различие. Оно состоит в том, что, если в первом случае в нем преобладает анализ, то во втором — синтез» [13].

Г. Саймон относит к инженерной области исключительно задачи синтеза, оставляя за наукой возможность заниматься только анализом. Такое «деление» в строгом смысле, по нашему мнению — неправомерно, ибо диалектика рассматривает анализ и синтез взаимосвязанными и взаимодополняющими друг друга мыслительными процедурами.

Сердцевина идеи **Г. Саймона** заключается в том, что необходимо разработать некую универсальную теорию конструирования или основы методологии создания искусственного. Он верит, что создание такой теории позволит исправить тот «флюс», который сейчас в нашем познании составляют естественно научные знания.

Он пишет: «Я призываю не к тому, чтобы игнорировать фундаментальные науки, а лишь к тому, чтобы наряду с фундаментальными основами естественных наук включить в программу (по-видимому, имеется в

виду высшее образование) — фундаментальные основы инженерного искусства».

Г. Саймон не только пропагандирует свои идеи, но на многочисленных примерах анализирует процессы моделирования, адаптации, стратегии поиска, поиска альтернатив и оптимума, структуру синтеза, роль иерархических представлений, методы описания сложных систем и т. д.

Все на свете новое рождается из старого. Эта истина, как говорится, «не ржавеет». Вместе с тем это «новое» не только повторяет «материнские структуры», но и несет на себе печать своего времени. Сейчас очевидным становится, что инженеру, чтобы строить конкретную действительность, исходя из потребностей общества, уже недостаточно только «всеобщей ориентации», он должен иметь под рукой «эффективные познавательные инструменты». Главное же состоит в том, что он должен иметь возможность прежде чем строить в действительности, развернуть и детально построить все это идеально, создать свой предмет в виде проекта и быть уверенным, что его проекты и конструкции, став материальными, будут жить и нормально исполнять свои функции. Инженер, как правило, не добывает фундаментальных знаний «о природе вещей», но он добывает фундаментальные знания «о синтезе вещей». И вряд ли можно сказать, что эти исследования менее важны, чем первые.

Почему? Да не потому ли, что конечной целью всякого человеческого познания, да и вообще — проявления активной человеческой позиции, является не накопление знаний, как таковых, а стремление заставлять их служить себе.

Здесь мы подходим к важному выводу, что объективное существование (точнее — сосуществование) двух типов знаний: об естественном и об искусственном — рождает два типа системных исследований, один из которых развивается на базе общетеоретической, общефилософской, другой — на специально научной.

Говоря о развитии технических наук, технознания вообще, **В.И. Белозерцев** [59] подчеркивает, что хотя естествознание составляет важнейшее средство инженерной деятельности и знание его проблемы имеет неопределимое значение для инженера, но он не может удовлетвориться только естественно научным знанием, т. к. ему приходится решать технические задачи. Открытие естественного процесса не может получить немедленное применение. Для этого неминуемо приходится решать целый ряд задач, неизвестных естествоиспытателю.

Если непосредственной целью естествознания является познание истины, раскрытия законов природы, то непосредственной целью технических наук является содействие человеку в практическом использовании этих законов, выяснение и обоснование их применения. Методологическое единство естествознания состоит в том, что как в природе,

так и в технике люди имеют дело с единой материей, существующей и развивающейся по единым законам. Отсюда следует, что универсальные диалектико-материалистические принципы познания не могут не быть общими как для природы, так и техники.

Обогащение материалистической диалектики, как общей теории развития, обуславливается преимущественно спецификой технического объекта, проявляющегося в том, что здесь взаимодействуют «две формы объективного процесса: природа и целеполагающая деятельность человека» [8]. Поэтому техника и естествознание предстают как диалектическое единство и противоположность. И здесь, безусловно, следует подчеркнуть социальное значение техники. Еще К. Маркс, излагая суть материалистического понимания истории, писал: «Действительное освобождение невозможно осуществить иначе в действительной мере и действительными средствами... вообще нельзя освободить людей, пока они не будут в состоянии полностью в качественном и количественном отношении обеспечить себе пищу, питье, жилище и одежду».

2.2. Существуют ли объективные законы развития техники?

Какой-нибудь гуманоид, пришелец из космоса, постоянный герой научно-фантастической литературы с удивлением обнаружил бы, что человеком совершенно недостаточно изучены и не используются в практической деятельности специфические законы и закономерности развития техники, этого искусственного, созданного им же мира. О существовании этих законов и закономерностей Вы не узнаете из многих учебников. Даже для некоторых философов сама постановка вопроса о существовании таких законов носит дискуссионный характер.. «...Много лет ведутся дискуссии по вопросу эволюции законов природных объектов, вовлекаемых в сферу техники. Спорным является вопрос о том, преобразуются ли в этом случае существенные свойства объектов. Немало ученых, отрицая возможность таких изменений, приходят к отрицанию технических законов, а технические законы считают прикладным естествознанием» [58].

В настоящий период НТР эти проблемы интенсивно изучаются, как и пути сближения научного и технического творчества.

Между мнениями ряда философов и инженеров еще существует значительная пропасть. Различия в позициях, в формулировках законов, в путях их сближения и активного влияния на научно-технический прогресс. Непризнание законов развития техники некоторыми философами напоминает время, когда кибернетику называли лженаукой. Пока идут споры и разговоры, а в большинстве вузов законы развития техники не изучаются, ширится фронт работ инженеров, которые успешно используют в своей практической деятельности законы развития техники. Но в литературе, в том

числе и учебной [51, 17], почему-то не проводится сопоставительный анализ различных позиций, без чего невозможно продвижение вперед. В связи с этим автор посчитал необходимым предоставить слово различным представителям науки и техники, чтобы хоть в какой-то мере восполнить существующий пробел.

2.2.1. Беседа с философами

Приведем мнение философа **В.И. Белозерцева** [24], которое автор полностью разделяет, и воображаемую беседу с ним.

«На наш взгляд, действующие в окружающем нас объективном мире законы и закономерности природы подразделяются на два вида:

1. В нетронутой человеком природе существуют естественные, первичные законы и закономерности природы, сущности, свойства, силы, процессы;

2. В «искусственно» преобразованной человеком природной среде, в технических устройствах, технологических процессах действуют законы и закономерности — технические, которые в своей сущности являются комбинационными, а по своему происхождению — вторичными законами и закономерностями. Необычные для природы различные сочетания, комбинации первичных законов, процессов и сил порождают новые, неизвестные ей комбинационные по характеру технические законы и закономерности. Именно поэтому технических законов и закономерностей, в принципе, не может быть в нетронутой человеком природе.

Таким образом, комбинационные связи в технических объектах имеют все признаки закономерности: объективность, общность, повторяемость, устойчивость и внутреннюю необходимость». Присутствует социальный элемент. Их комбинационный характер всегда имеет целенаправленную функцию. В технических закономерностях материализуются знания человека, цели и задачи общества. С другой стороны, законы и закономерности естественной природы не содержат в себе общественного элемента (закон Ома, например, справедлив при всех социальных формациях).

Вопрос: Перед философией и социологией, изучающими науку и технику, выдвигаются в современных условиях новые задачи. Как Вы оцениваете состояние дел?

Ответ: В настоящее время нельзя сказать, что уже раскрыта система, вся совокупность философских проблем технических наук. Эта область по существу переживает период становления.

Вопрос: Какие аспекты философских проблем технических наук Вы выделяете?

Ответ: Это социальные, онтологические, гносеологические и методологические аспекты. Социальные аспекты должны рассматривать

научно-техническое творчество в условиях определенной экономической формации. Онтологические (сущие практические) аспекты должны, прежде всего, определить место технических наук в системе научного знания. Должно быть продолжено философское осмысление таких объективных категорий, как труд, закономерности антропогенного мира, учет экологических ограничений. Гносеологические (познавательные) и методологические аспекты включают вопросы-решения технической задачи: движение мысли от абстрактного к конкретному, роль практики, формы сочетания научной и инженерной деятельности, роль интуиции и воображения в техническом творчестве, техническую идею как особый вид творчества, проблему лидера и др.

Вопрос: Что можно сказать об ограничениях, требованиях и области действия технических законов?

Ответ: Законы развития технических систем действуют взаимосвязано между собой и с законами природы.

Область действия технических законов не безгранична и не безусловна. При разработке технических средств всегда необходимо учитывать объективное существование ряда ограничений и требований, пути их преодоления. Ограничения возникают поодиночке или в различных комбинациях, имеют тот или иной коэффициент весомости в отношении исследуемого процесса. Основное правило заключается в недопустимости игнорирования ограничений, в поиске компромиссных путей их преодоления. Часто эти требования и ограничения отражены в критериях оценки технических решений.

К основным ограничениям, возникающим при разработке технических средств, могут быть отнесены: технологические, экономические, социальные, региональные, экологические, конъюнктурные.

Например, к пространственным конструкциям покрытий предъявляют следующие требования:

— снижение трудозатрат на стройплощадке путем повышения их заводской готовности и других мер;

— унификация элементов и конструкций из них; материалоемкость (особенно экономия металла); транспортабельность сборных конструкций или их элементов; долговечность; трудоемкость (технологичность) изготовления, сборки, монтажа; снижение энергоемкости изготовления; архитектурная выразительность; экономичность (затраты на организацию производства, себестоимость и др.).

В.В. Самарин, автор книги «Техника и общество», изданной в 1988 г. [12], выражает представления о законах техники в контексте философского осмысления развития производительных сил в целом.

Самарин В.В.: По вопросу существования объективных технических закономерностей среди философов имеются различные точки зрения: от

фактического отождествления их с законами природы, действующими в технике, отвергая не только собственные технические закономерности, но и социальные закономерности технического прогресса, как это делают А.И. Омаров и И.Н. Назаров (Омаров А.И. «Техника и человек». М., 1965), до полного признания их.

Мое мнение основывается на понимании своеобразия технических закономерностей. Человек в технике, преследуя свои цели, с одной стороны, подчинен природе, а с другой — создает нечто отличное от природы.

Закономерности строения (или структура) техники действительно существуют, и, на мой взгляд, состоят в необходимости, существенности, всеобщности, повторяемости состояния определенных элементов или процессов техники данного вида.

В свое время К. Маркс установил всеобщую, структурную собственно техническую закономерность развития совокупности машин.

"Всякое развитое машинное устройство состоит из трех существенно различных частей: машины-двигателя, передаточного механизма, наконец машины-орудия или рабочей машины" (Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 325).

Среди собственно технических законов существования и движения имеющейся техники есть законы, отличные от природных, и есть законы, представляющие измененные законы природы.

К числу первых относятся, например, те законы, которые отражают совершенно новые, не встречающиеся в природе состояния. Именно такими являются, скажем, сочетания чувствительности неорганической материи, которые достигнуты в результате современного развития автоматики и кибернетики; сочетания вращательного движения колеса с поступательным движением средств транспорта; соединение «винт-гайка»; зубчатое зацепление; новые данные о природе соединения атомов в синтетических материалах, магнитная ловушка в термоядерных реакторах и многое другое.

К числу вторых относятся, например, законы изменения состояния материалов в результате нагревания и охлаждения, законы текучести технических материалов, их статической, усталостной прочности и др.

В заключение отметим то общее, что имеется в живой природе и в технике. И у живых организмов, и в технике развитие средств воздействия на природу происходит соответственно изменению их функций. Кибернетика установила общие для техники и для живых организмов законы управления. Это «нечто общее» с большим успехом используется в таком новом направлении, как бионика.

Техника и природа в определенной мере связаны причинно-следственной взаимосвязью. Развитие техники ведет к изменению в природе, а эти изменения, в свою очередь, побуждают общество к осуществлению соответствующих изменений в технике.

Ленинградский философ Ю.С. Мелешенко рассказал в своей книге о некоторых, по его мнению, общих закономерностях движения исследовательской мысли в области технических наук, назвав всего одиннадцать положений [15]:

1. Постоянное расширение ассортимента природных и искусственных материалов.
2. Последовательное овладение все более сложными формами движения материи.
3. Использование все более глубинных и мощных источников энергии.
4. Растущая интенсивность процессов: давления, температуры, скорости и др.
5. Возрастание степени целенаправленности технических решений.
6. Возрастание степени специализации и дифференциации.
7. Последовательное усложнение и интеграция, принципы взаимозаменяемости и модульности.
8. Сокращение временного интервала между датами открытия и практического использования.
9. Общее движение по пути автоматизации и роботизации.
10. Преодоление технического консерватизма.
11. Непрерывная концентрация материальных и технических средств.

Наш комментарий. Согласитесь, Юрий Сергеевич, что высказанные Вами закономерности, безусловно, верные характеристики (современные черты, особенности), но не закономерности развития техники. Они имеют скорее описательный, чем глубинный, причинный характер. Их нельзя отвергнуть, но трудно использовать для практической научной, инженерной и учебной деятельности. Неясно, как на основе этих положений пытаться раскрывать и преодолевать противоречия процесса развития техники, т. е. они не носят столь действенного характера, как например, у Альтшуллера и Балашова (см. п.2.3).

Автор полностью согласен с Вашим положением о том, что существует методологическое единство естественных и технических наук. Оно опирается, прежде всего на то, что в природе и в технике люди имеют дело с единой материей, существующей и развивающейся по единым законам. Отсюда следует, что универсальные диалектико-материалистические принципы познания не могут не быть общими.

Резюме автора. В последние годы мы обратили свое внимание на те исследования, которые направлены на выявление специфических законов строения и развития технических систем. Говоря кратко, тезисно, отметим следующее.

1. Некоторые философы нам говорят: существуют только законы естественных наук. Остальное — несущественно, вторично, приложение к

первому. И этим уже нанесен существенный ущерб не только техническому прогрессу, но и самой философии.

2. НТР развивается, а между самими философами до сего времени идет спор — существуют ли специфические технические законы.

3. НТР продолжается, однако мы не имеем фундаментальных работ по закономерностям развития технических систем. Есть отдельные «проблемы», но и они не делают погоды.

4. Технознание не стало массовым, государственной политикой, т. к. нет общего фронта действий; дело не доводится до конца, до конкретного использования в конкретных специальностях и науках (в частности в строительстве); нужны активные действия как в технике, так и отражение этих процессов в философии.

2.2.2. Позиции представителей техники

Слово Г.С. Альтшуллеру — известному изобретателю, автору теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), а также ряда монографий по вопросам теории и практики изобретательства [20— 23].

Мне хотелось бы начать с правомерной постановки вопроса: существуют ли вообще объективные законы, по которым развивается техника? Ведь развитие биосферы происходило без участия человека, задолго до его появления. Поэтому ему при всем желании нельзя приписывать появление новых видов животных и растений.

Иное дело — развитие технических систем. Оно происходит «при нас», и это создает иллюзию, что «все зависит от нас», от наших догадок и озарений, т. е. нет объективной закономерности. Однако, смею Вас заверить, это совсем не так. Патентный фонд нашей страны, с которым я работал многие годы, содержащий миллионы изобретений, подтверждает существование технических законов. Жизнеспособными являются только такие изобретения, которые изменяют исходную систему (прототип) в направлении, предписываемом законами развития технических систем.

Петр Капица в своей статье писал [66]: «Если бессистемно перебирать все мыслимые варианты решения современных технических задач, не хватит человеческой жизни. Можно, конечно, рассчитывать на случай, удачу, вроде той, которая в свое время пришла Бессемеру. Такие многокомпактные сплавы, может быть, были бы найдены случайно, но, вероятно, интуитивным «нюхом» талантливому ученому, который как искусный повар, умеет готовить вкуснее других. Если есть интуиция, значит есть и закономерности. Задача науки выявить эти закономерности».

Крупный ученый и популяризатор техники **Г. Бабат** высказывался еще более эмоционально [67]: "Бредешь, отыскивая воображаемую тропинку, попадаешь в тупик, приходишь к обрыву, снова возвращаешься. И когда, наконец, после стольких мучений, доберешься до вершины и посмотришь

вниз, то видишь, что шел глупо, бестолково, в то время, как ровная, широкая дорога была так близка и по ней легко было взойти, если бы раньше знал ее".

Если бы раньше знал ее?!

Я убежден, что технические системы развиваются по объективно существующим законам (да этот постулат сейчас, кажется, никто, кроме отдельных философов-ортодоксов, не оспаривает всерьез). Эти законы познаваемы, и мы плодотворно используем их для сознательного, целенаправленного, без слепого перебора вариантов решения изобретательских задач (см. главу 3, п.3.6).

Считаю необходимым подчеркнуть, что законы развития технических систем являются подсистемой наиболее общей системы законов диалектики. Именно поэтому они не должны противоречить последней.

Что же касается «внутренних» противоречий между выявленными уже закономерностями, то они указывают лишь на наличие еще пока неясных закономерностей, регулирующих отношения выявленных законов.

И еще. Несомненно, объективные законы развития техники не могут противоречить фундаментальным законам механики, физики, химии, биологии — вообще естествознания. Этот постулат настолько очевиден, что не требует обоснования.

Пока философы спорят, а развитием техники командуют ретивые администраторы, законы развития техники нарушаются. И это приводит ко многим ошибкам, среди которых выделяют следующие типовые ошибки [18]:

1) технический волюнтаризм, когда принимаются волевые или демократические решения — голосованием какое лучше. Провал повсеместного внедрения в стране автоматизированных систем управления хорошо иллюстрирует эту ошибку. Губительным было вмешательство начальников;

2) непонимание сути и роли противоречий, выражающееся в попытках усилить одно из качеств системы, не считаясь с неизбежным ухудшением других; совершенствование элементов системы каждого по отдельности, без учета мощных системообразующих факторов. Ряд примеров читатель найдет во второй части книги;

3) топтание на месте. Великий металлург **И.П. Бардин** говорил, что самым дорогим процессом в технике является топтание на месте. В приложении к нашему вопросу это выражается в разработке и настойчивом внедрении мелких усовершенствований вместо серьезных изменений, которые требуются в соответствии с законами развития и вполне могли бы быть сделаны. Это не что иное, как расплата за использование пресловутого метода «проб и ошибок». Примеры — их бесчисленное множество;

4) забегание вперед — преждевременное внедрение новых элементов и решений, не обоснованных потребностью, несогласованных с другими подсистемами.

Любопытным свойством технической системы является ее развитие, которое имеет свои стадии: «детство», «возмужание и зрелость», «старость», деградация системы, замена ее системой более высокого уровня. Такое развитие (эволюция) происходит по определенным законам. Нарушение их приводит к ошибкам.

Слово **А.И. Половинкину** — доктору технических наук, профессору, автору ряда работ по теории развития и функционирования технических объектов, в 80-е годы президенту ассоциации «Эвристика» [16,17,46].

Мне хотелось подчеркнуть, пользуясь терминологией авиации, что «высший пилотаж», наивысший уровень инженерного творчества, состоит именно в выделении и формулировании законов и закономерностей строения и развития техники и в сознательном, подчеркиваю, в сознательном их использовании при поиске конструкторско-технологических решений.

Однако, справедливости ради нужно сказать, что мы находимся здесь в самом начале пути. Наука о законах техники только начинает формироваться. Настоящий этап в значительной мере связан с формулированием и обоснованием гипотез о соответствующих законах. Законы и закономерности техники, по моему глубокому убеждению, отвечают тем требованиям, которым должны отвечать объективные законы (хотя такое сочетание и звучит тавтологией), т.е. проявляют в своей сущности устойчивые качественные и количественные причинно-следственные связи и отношения.

Эти законы должны быть близкими к законам и закономерностям, известным в биологии, физике, т.е. законы техники должны формулироваться на уровне законов природы.

Существуют законы, формулируемые как на качественном, так и на количественном уровнях. С помощью «качественных» законов выражают основные тенденции процесса. «Количественные» законы отражают количественные связи и поэтому поддаются формализации.

Хотел бы подчеркнуть, что хотя законы техники должны объяснить многие явления и процессы, относящиеся к технике в целом и к отдельным техническим объектам, однако главная функция их — быть явно полезными при решении задач анализа существующих технических объектов (ТО), прогнозирования и развития определенного ТО и др. В связи с этим законы и закономерности техники должны помочь найти ответы на следующие вопросы:

1. Как определить для заданной функции и списка требований наиболее эффективные принципы действия технических решений ТО?
2. Как для определенного класса ТО и техники в целом происходит прогрессивная конструктивная эволюция, т. е. как со временем изменяется функциональная структура, принцип действия и техническое решение?

3. Как со временем изменяется производительность труда и другие критерии прогрессивного развития определенного класса ТО и техники в целом?

4. Как изменится «набор» дефектов для определенного класса ТО и техники в целом?

5. Как возрастают со временем потребности и соответствующие им функции ТО в смысле разнообразия и количественной характеристики?

6. Как возрастает со временем разнообразие ТО, имеющих одинаковые или близкие функции, а также разнообразие ТО в отрасли и в стране?

7. Как возрастает со временем сложность ТО?

8. Как растут со временем затраты энергии, материалов и информации в расчете на одного человека?

9. Какой должна быть генеральная линия развития техносферы региона, страны, мира, обеспечивающая минимальное изменение природной окружающей среды.

И это, как вы понимаете, не исчерпывающий перечень вопросов, ориентирующихся на разработку проблемы.

Хотел бы также сказать, что законы техники представляют собой ядро или главную составляющую часть новой науки — технознания, которая будет играть в инженерном образовании такую же роль, какую играет курс биологии в подготовке врачей, агрономов, зоотехников и т. и. Нужно ли говорить, что темпы прогресса техники в существенной мере будут зависеть от состояния теоретических и прикладных исследований по законам техники и технознания.

Научно-техническая революция ускорила естественный (вроде бы) процесс дифференциации наук, за который приходится расплачиваться по крупному счету — потерей цельного, системного представления о современной технике и ее взаимодействии с окружающим миром. Велением времени (простите за высокопарный стиль) является устранение этой негативной ситуации, когда многие специалисты в буквальном смысле «не ведают, что творят» в смысле последствий их инженерной деятельности.

2.2.3. Мысли вслух

Среди проблем, обсуждавшихся на ежегодном общегородском московском семинаре по философско-методологическим проблемам технических наук [61], мы выделили некоторые вопросы, тезисы, положения:

1. Соотношение и взаимосвязь общенаучных методов познания (законов развития науки) и общего специфического метода технических наук (законов развития техники).

2. Есть ли и какова связь между законами развития науки и законами развития техники?

3. НТР характеризуется интеграцией фундаментальных и прикладных исследований. Отсюда необходимость разработки концептуального аппарата взаимодействия технических наук в общей системе наук.

4. Технические науки выделились в самостоятельную область знания. Отсюда необходимость изучения мировоззренческих, социальных, философско-методологических проблем.

5. Характер (суть) техники определяется законами развития природы, но техника приводит к существенным изменениям многих свойств природных объектов. Возникают естественно-технические законы, конкретизирующие и дополняющие естественно-научные понятия, законы применительно к техносфере.

М.М. Гусев [61]: «Говоря об истории развития законов техники следует отметить, что с XIX века до середины XX столетия технические науки рассматривались как прикладное естествознание, прежде всего как материализация открытий в физике, химии, откуда следовало, что в прикладных науках нет собственно философской проблематики. Недооценка технических наук как самостоятельного предмета исследований явилась одной из **главных причин отставания в разработке их методологии**».

В.Г. Горохов [62]: «В современных условиях осуществляется ломка перегородок между естественными, общественными и техническими науками. Появилось целое семейство комплексных научно-технических дисциплин: эргономика, системотехника, системный анализ, дизайн систем, градостроительное проектирование. Но это не приводит к отмиранию традиционных сфер технических наук и инженерной практики, а усиливает вместе с тем их системный характер».

Г.Н. Шеменев [63]: «Предмет технических наук состоит в разработке идеальных моделей искусственных материальных средств, повышающих эффективность деятельности человека или целенаправленно преобразующих ее, а также способов материализации этих теоретических моделей и последующего их использования».

Б.С. Митин, Я.В. Сазонов [64]: «Система методов в технических науках состоит в сложном своеобразии в каждом конкретном случае технического творчества, в диалектическом взаимопроникновении следующих методов познания:

— метода материалистической диалектики как стратегии научного познания;

— общенаучных методов идеализации и формализации, анализа и синтеза, индукции и дедукции, различения и обобщения, системно-структурного анализа (в принятой в данной книге терминологии — это функционально-структурный подход— авт.);

— общих математических и информационных методов;

— общего комбинационно-синтезирующего метода технических наук;

— специфических методов различных технических наук;
— конкретной рабочей методики решения исследовательских и изобретательских задач».

Группа авторов [61]: "Комбинационно-синтезирующий метод (комбинациям и синтезу подвергаются все законы природы) представляет общий метод в технических науках, направленный на поиск некоторых оптимальных комбинаций определенных процессов, материалов, взаимодействий и сил, обеспечивающий создание новой техники, . нового качества, которого нет в природе. В комбинационно-синтезирующем методе можно условно выделить два направления: конструктивное и технологическое".

Всемирно известный английский ученый **Дж. Бернал** («Мир без войн». М.: Изд-во иностранной литературы, 1960, с. 152) писал: «В начинающейся ныне новой фазе должны быть открыты законы возможных комбинаций, которые никогда не встречаются в природе, а создаются только людьми. Этот созидательный аспект означает, что наука по своей природе приблизится к искусству и станет тем, чем была в некоторой степени математика, а именно: полет деятельности человека, в котором новые комбинации непрерывно создаются, а не просто открываются благодаря изучению природы».

Автор: Поразительна комбинационная творческая деятельность композитора, который на основе всего лишь семи нот создает музыкальное произведение, которого нет в природе.

Отметим, что создание новых сталежелезобетонных конструкций (см. часть 2, глава 9) основано на конструктивной и комбинационной мысли.

Приведем любопытный штрих, иллюстрирующий принципиальные отличительные черты и возможности законов развития техники в сравнении с естественными законами (законами природы). В природе, как правило, происходит процесс не накопления, а рассеивания энергии (диссипация), выравнивания потенциалов. В тех более редких случаях, когда энергия накапливается, происходит внезапная (взрывная) разрядка (бури, молнии, землетрясения и т. д.). Но те и другие процессы неуправляемые (человечество пока не научилось это делать).

Во многих же технических проблемах (технологиях, конструкциях, передвижениях и т. д.) человек управляет процессом! И знание законов развития техники играет здесь важнейшую роль (конечно в сочетании с естественными законами).

В предисловии к сборнику [61], обобщающему пятилетнюю работу московского семинара, отмечается «слабая разработка философско-методологических проблем технических наук», что эти проблемы «требуют дальнейшего изучения и пропаганды, практической оценки и развития на занятиях методологических семинаров, научно-практических конференциях и симпозиумах».

Московские товарищи [61] пришли независимо к одному и тому же выводу, что и авторы [52]: «Творческое содружество представителей технических наук и философии будет способствовать более полному и глубокому решению этих проблем». Аналогичное мнение у **Е.П. Балашова** [7]. Он отмечает, что процесс сближения общественных и технических наук, к сожалению, идет медленнее, чем этого требует современное общество. Представители общественных наук в своей деятельности часто ограничиваются набором иллюстраций из области прикладных наук. Практически отсутствуют конструктивные философские исследования по закономерностям развития систем различного функционального назначения, по методологии научного и технического творчества.

2.3. Законы и закономерности развития антропогенных систем

Ниже приводятся воображаемые интервью с представителями технических наук, занимающихся исследованием законов и закономерностей, по которым развивается техника.

2.3.1. Интервью с Г.С. Альтшуллером

Вопрос: Уважаемый Генрих Саулович, как Вы считаете, что является необходимым условием принципиальной жизнеспособности технических систем?

Ответ: Я сформулировал три условия принципиальной жизнеспособности технических систем:

1. Закон полноты частей системы. Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Полной техническая система является в том случае, если она имеет все необходимое для выполнения своих функций без участия человека.

Подавляющее большинство существующих технических систем неполны. Недостающие части заменяет человек, но по мере развития систем все большее количество функций выполняется машиной, полнота ее увеличивается, человек последовательно вытесняется из машины.

В полной технической системе имеется три функциональных уровня: выполнение основных (выходных) функций, управление ими и обработка информации и принятие управляющих решений.

Вытеснение человека из уровня управления происходит как бы постепенно. Сперва появляются простые механизмы с обратной связью (типа центробежного регулятора), потом — усложненные вплоть до полной автоматизированной системы, способной принимать решение с оценкой ситуации.

2. Закон «энергетической проводимости системы». Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем ее частям.

Любая техническая система является преобразователем энергии. Отсюда очевидна необходимость в передаче энергии, например, от двигателя через трансмиссию к рабочему органу. Передача энергии может быть вещественной (валы, шестерни, рычаги и др.), полевой (магнитное поле и др.) и вещественно-полевой (например, передача энергии потоком заряженных частиц).

3. Закон согласования ритмики частей системы. Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы.

В процессе развития технических систем происходит согласование ее подсистем между собой (или с внешней средой). При этом согласовываются: материалы, формы, размеры, ритмика действий и другие параметры (прочность, надежность, долговечность, температура, работа конвейерных линий, подбор материалов для взаимодействующих частей системы производится таким образом, чтобы они не оказывали разрушающего действия друг на друга и т.д.).

Вопрос: Вроде бы убедительно, но есть и примеры, опровергающие Ваши утверждения. Например, термореле, работающее по принципу различных коэффициентов температурного расширения входящих в него элементов.

Ответ: Эффект, который Вы подметили в конструкции термореле, это так называемое, «направленное, управляемое рассогласование», имеющее конечной целью согласование в конечном эффекте. Прекрасным примером такого рода направленного (т. е. сознательного) рассогласования являются предварительные напряжения, используемые в конструкциях, изготовленных из композитных материалов, например, железобетона. Поскольку этот материал существенно различно сопротивляется растяжению и сжатию — имеет смысл предварительно, еще до приложения внешнего воздействия, обжать ту зону, которая окажется в дальнейшем растянутой.

Вопрос: А в каком направлении идет развитие технических систем?

Ответ: В направлении увеличения степени идеальности систем. Сущность закона сводится к тому, что система или ее часть приобретают свойство идеальности, т. е. в пределе они как бы «не существуют», сохраняя при этом свои функции.

Технические системы развиваются так, что повышается степень их идеальности, причем в пределе они «стремятся» стать полностью идеальными.

Техническую систему можно считать идеальной, если она не имеет веса и размеров, не затрачивает энергии, работает без потерь времени и полностью выполняет свои функции.

Вопрос: Прокомментируйте, пожалуйста, этот закон увеличения степени идеальности системы.

Ответ: Существование технической системы не самоцель. Система нужна только для выполнения какой-то функции (или нескольких функций). Система идеальна, если ее нет, а функция осуществляется. Закон увеличения степени идеальности универсален. Используя этот закон, можно преобразовать любую задачу и сформулировать идеальный вариант решения, а также проследить за эволюцией развития того либо иного технического объекта.

Вот Вам пример. Шлаки, образующиеся в доменных печах, сливаются и перевозятся в огромных ковшах на специальных железнодорожных платформах к шлакоперерабатываемым установкам. Температура жидкого шлака примерно 1000°C, но в пути, охлаждаясь, на поверхности появляется толстая твердая корка, затрудняющая слив шлака. Потери достигают и превышают 30%. Можно использовать крышку, но установка и снятие этой огромной крышки резко осложнили бы весь процесс. Как же быть?

Согласно нашему закону, идеальный вариант решения состоит в следующем: «крышка сама возникает при заполнении ковша и сама исчезает при сливе шлака». Не правда ли — типичная чистейшая абстракция? Однако не торопитесь. Задача впервые была решена изобретателем М. И. Шараповым (а. с. 420.621). Теплоизоляционная крышка, «сделанная» из самого же шлака, должна существовать только во время его перевозки, т. е. как бы и не существовать. Для этого достаточно вспенить шлак, при этом образуется «крышка» из застывшей пены. При наклоне ковша для слива эта хрупкая «крышка» будет легко разрушена силой жидкого шлака.

Интересно отметить, что изобретения, подобные данному, в силу своей близости к идеальному решению без затруднений внедряются в производство.

Вопрос: А равномерно ли развиваются отдельные части системы?

Ответ: Развитие частей системы идет неравномерно: чем сложнее система, тем неравномернее идет развитие ее частей. Это свойство я назвал **законом неравномерности развития частей системы**.

Вопрос: Может ли система переходить в другое качество?

Ответ: На это отвечает **закон перехода в надсистему**. Исчерпав возможности своего развития, система включается в надсистему в качестве одной из ее частей: при этом дальнейшее ее развитие идет на уровне надсистемы.

Переход в надсистему может осуществляться по следующим трем основным путям:

а) создание надсистем из однородных (одинаковых) элементов (например, объединение электростанций в единое энергетическое кольцо и др.);

б) создание надсистем из конкурирующих (альтернативных) систем (например, парусно-паровые корабли, холодильники-термостаты и др.);

в) создание надсистем из антагонистических систем (с противоположными функциями, например, кондиционер, как объединение нагревателя с холодильником и т. д.).

Антагонистические системы воспроизводят в своей структуре предысторию своего развития.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» отмечал, что «история развития человеческого зародыша в чреве матери представляет собой лишь сокращенное повторение развивающейся на протяжении миллионов лет истории физического развития низших животных предков, начиная с червя».

Вопрос: Расскажите о **законе перехода на микроуровень**.

Ответ: Развитие технических систем идет в направлении перехода от **макроуровня** (систем, состоящих из сложных подсистем, деталей сложной формы) к микроуровню (системам, использующим физические эффекты, связанным со строением материи).

Вот пример из моей практики, иллюстрирующий работу этого закона.

По старой технологии при производстве листового стекла расплавленная стеклянная лента поступала на роликовый конвейер. Передвигаясь по конвейеру, лента выравнивалась, охлаждалась и застывала. Качество поверхности зависело от расстояния между соседними роликами, т. е. от их диаметра. Чтобы получить возможно более гладкую поверхность, нужны были ролики возможно меньшего диаметра, вплотную придвинутые друг к другу. Но чем меньше диаметр роликов, тем сложнее и дороже конвейер, труднее его эксплуатация. Для получения гладкой поверхности стекла после его охлаждения приходилось прибегать к дорогостоящей полировке.

Однажды ко мне приехал гость — сотрудник организации, занимающейся проектированием линий для получения листового стекла. Мне показалось, что задача проста. Далее произошел такой разговор:

Гость. Это трудная задача, над ней думают и за рубежом.

Я. Ролики должны быть как можно меньше, так ведь?

Гость (терпеливо). Нет, ролики должны иметь оптимальный диаметр. Иначе конвейер будет невообразимо сложным.

Я (упрямо): Ролики должны быть как можно мельче! Тогда стекло будет гладким. Но самые маленькие ролики — это молекулы. Или лучше — атомы. Атомы! Вот решение вашей задачи: стекло должно катиться на атомах. Атомы дешевле, не ломаются, дадут идеально ровную поверхность.

Гость (натянута улыбаясь): Атомы? Интересно... Вы ведь пишете научную фантастику, не правда ли? Я что-то не читал...

Я: Куча атомов-шариков... Расплавленный металл, вот что вам нужно! Ванна с расплавленным металлом, а по поверхности скользит стекло.

Гость (обиженно): Значит конвейера не надо вообще, можно закрывать нашу тему? Очень интересно...

Я: Нужен металл с низкой температурой плавления и высокой температурой кипения (тогда не будет паров, это хорошо). Свинец или олово? Пары свинца ядовиты. Значит — олово.

Гость: Олово? Ванна с расплавленным оловом? Конечно, в плане фантастики.

Я (доверительно): Закон есть закон! Идеальные ролики, этого когда роликов нет (закон увеличения степени идеальности). Плюс закон перехода на микроуровень, ролики нужно разбить на атомы...

Гость (поспешно): Извините, я пойду. Не буду вас задерживать. Вот письмо. Может быть, подумаете...

Эпилог. Прошло 8 лет. Снова прибыло письмо от той же организации. В письме упоминалась одна английская фирма. Хитрая фирма повсеместно запатентовала «оловянный» способ и теперь требовалось найти обходное решение. Я ответил: «Переход от роликов к шарикам-атомам продиктован объективной закономерностью. Обойти закон нельзя. Сегодня надо внедрять и развивать «оловянный» способ».

Вопрос: В чем суть закона повышения динамичности и управляемости технических систем?

Ответ: Развитие технических систем происходит примерно в следующем порядке:

а) от системы с постоянными параметрами к системам с параметрами, изменяющимися при изменении режимов работы системы, что обеспечивает оптимальность ее функционирования (самолет с изменяемой в зависимости от режима полета геометрией крыла и др.);

б) от узкофункциональных систем, предназначенных для выполнения конкретной цели, к широкофункциональным системам, позволяющим изменять функции перестройкой;

в) к системам с дифференцированными внутренними условиями (например — требуемые технологией производства температура, давление, газовый состав и др.) в то время, как условия на «входе» и «выходе» системы определяются внешней средой и человеком (цехи с инертной атмосферой для обработки сильно окисляющихся материалов и др.);

г) к системам с увеличением числа степеней свободы, к системам гибким, эластичным (использование в судостроении эластичных покрытий типа «Ламинфло», позволяющих значительно увеличивать скорость корабля и др.);

д) к системам с изменяющимися связями между элементами, в том числе:

— с заменой вещественных связей полевыми (дистанционное радиоуправление);

— с использованием вещественных связей, изменяющихся под воздействием поля (электромагнитное перемешивание при непрерывной разливке стали и др.);

е) от систем со статической устойчивостью к устойчивым динамическим, т.е. только за счет управления (от 3-колесного велосипеда к 2-колесному и т. п.);

ж) к использованию самопрограммирующихся, самообучающихся, самовосстанавливающихся систем.

Обобщая сказанное, следует указать, что динамичность и управляемость технических систем происходит объективно и вверх: от меньшего к большему. В этом весь смысл.

Вопрос: Говорят о **вепольности системы**. Как следует понимать и в чем заключается эта закономерность?

Ответ: Мною сформулирован закон об увеличении степени вепольности системы. Если под вепольностью понимать взаимодействие вещества и поля (различных полей, например — гравитационных, магнитных, силовых и др.), то закономерность здесь проявляется в том, что развитие системы идет в направлении увеличения степени вепольности.

Вводя понятие «веполь», мы использовали три термина: «вещество», «поле», «взаимодействие» (воздействие, связь).

Под термином «вещество» понимаются любые объекты, независимо от степени их сложности: лед и ледокол, винт и гайка, трос и груз — все это вещества.

Взаимодействие — всеобщая форма связи тел или явлений, осуществляющихся в их взаимном изменении (ледокол ломает лед; винт ввинчивается в гайку; трос поднимает груз).

Сложнее обстоит дело с определением понятия «поле». В физике полем называют форму материи, осуществляющую взаимодействие между частицами вещества. В технике термин «поле» используется шире и приземленнее: это пространство, каждой точке которого поставлена в соответствие некоторая векторная или скалярная величина (температурное поле, магнитное поле и др.).

В функционирующих технических системах управление (взаимодействие) между веществами, входящими в нее, осуществляется с помощью поля.

Нетрудно заметить, что «веполь» является минимальной моделью технической системы, я бы сказал — ее элементом.

Он («веполь») включает изделие, инструмент и энергию (поле), необходимую для воздействия инструмента на изделие.

Таким образом, любую сложную систему можно свести к сумме веполей.

(По аналогии с геометрией, которая утверждает, что любую сложную фигуру можно разбить на треугольники. Зная свойства треугольников, можно производить вычисления, связанные со сложными фигурами. Отсюда, между прочим, особое значение тригонометрии).

Аналогичную роль может играть вепольный анализ в анализе и синтезе технических систем. Записывая условие задачи в вепольной форме, мы отбрасываем все несущественное, выделяя суть задачи (строим модель задачи): что дано (поле, вещество, воздействие), что надо изменить или ввести.

Вепольная запись позволяет выявить причины возникновения задачи, т.е. «болезни» технических систем, например, недостроенность веполя.

Таким образом, вепольный анализ служит инструментом проникновения в глубинную суть задачи и отыскания наиболее эффективных путей преобразования технических систем.

2.3.2. Интервью с Е.П. Балашовым

Уважаемый Евгений Павлович. В Вашей монографии [9] сформулированы **закономерности совершенствования функционально-структурной организации технических систем.**

Вопрос: В каком направлении развиваются системы?

Ответ: В зависимости от сохранения (вложения) отдельных функций развивающихся систем. Это значит, что каждое новое поколение системы данного класса воспроизводит совокупность основных функций предшествующих систем. Поэтому важно изучение прототипов.

Учитывая взаимосвязь и взаимопереходы количественных и качественных характеристик, можно считать, что развитие антропогенных систем идет в направлении расширения или сужения, совмещения или разделения спектра реализуемых функций. Основным источником развития антропогенных систем является борьба диалектических противоположностей — «многофункциональность» и «специализация».

Вопрос: Каким образом по мере развития систем разрешаются противоречия между «новым» и «старым»?

Ответ: Этот закон я сформулировал как **закон относительного и временного разрешения противоречий** в антропогенных системах.

Противоречия, возникающие в антропогенных системах в процессе развития, разрешаются временно на определенных этапах развития систем конкретного класса и проявляются в дальнейшем в трансформированном виде на новом качественном уровне.

Конструктор при создании конкретного образца системы приходит к определенному компромиссу в выборе количественных значений показателей качества отдельных подсистем, пытаясь уравновесить противоречивые стороны.

Вопрос: Вами сформулирована **закономерность повышения функциональной и структурной вещественно-энергетической информационной целостности систем.** В чем она заключается?

Ответ: Ответ практически заключен в Вашем вопросе. Остается только добавить, что целостность систем обусловлена возможностью вещественных, энергетических и информационных процессов преобразования, хранения и управления.

В реальных системах процессы преобразования, хранения и обмена веществом, энергией и информацией взаимосвязаны.

Закономерности вещественно-энергетической целостности подтверждаются новейшими исследованиями. Так, в начале 80-х гг., при исследовании так называемого «эффекта Степанова» удалось доказать возникновение электромагнитного излучения практически при любой динамической деформации тела.

Следует отметить, что в правильно спроектированных системах все процессы идут в едином ритме. Условие ритмики должно соблюдаться не только внутри системы, но и при ее взаимодействии со средой.

Баланс и гармония во всем — характерные черты совершенства функционально-структурной организации систем.

Вопрос: А в чем **принцип многофункциональности систем?**

Ответ: Принцип многофункциональности устанавливает взаимосвязь изменения функции и структуры многоуровневых систем в процессе их развития, а также определяет основные тенденции и этапы развития антропогенных систем.

Анализ эволюции антропогенных систем показывает, что по мере развития систем, усложнения и расширения реализуемых ими функций, наиболее эффективными и жизнеспособными являются системы, в которых расширение функциональных возможностей элементов находится на различных уровнях иерархии системы, опережает рост их сложности.

Вопрос: А **закономерность преемственности в технических системах?**

Ответ: Закономерность преемственности в функционально-структурной организации многоуровневых систем заключается в том, что, исчерпав возможности развития, данная система становится составной частью новой системы. Дальнейшее ее развитие идет на уровне подсистемы. В этом черта диалектического отрицания как преемственная связь настоящего с прошлым.

Вопрос: Всеобщее представление о диалектическом единстве и противоположности функции и структуры системы вроде бы не нуждается в пояснении. И тем не менее, Вами сформулировано это единство в плоскости адекватности функции и структуры. Как Вы ее представляете?

Ответ: **Закономерность адекватности структурной организации назначению системы** я представляю себе таким образом, что максимальное соответствие структуры реализуемым функциям обеспечивает максимальную эффективность системы.

Вопрос: Распространено понятие «эффективности системы». Вами устанавливается новое понятие — ее качество. В чем здесь общность и в чем разница?

Ответ: Сущность закономерности, которую я назвал **взаимосвязью и взаимосвязанностью качественных показателей системы**, заключается в том, что если под качеством системы понимаются такие ее параметры, как энергоемкость, эффективность, то оказывается, что за повышение одного из показателей часто приходится «расплачиваться» (ухудшать) другими.

Основные показатели качества систем — характеристика производительности труда, энергетические характеристики, характеристики надежности и эффективности, экономические показатели — взаимосвязаны и взаимозависимы.

Улучшение одной группы показателей качества, например, повышения производительности, неизбежно приводит к ухудшению других — увеличению потребляемой энергии, усложнению конструкции, снижению надежности и т. д.

Вопрос: Вы приводите **закон диалектического уравнивания**, сформулированный А.А. Денисовым и Д.Н. Колесниковым [65]. В чем его суть?

Ответ: В том, что развитие системы идет в направлении уменьшения количественных характеристик их противоречия. Возникновение новой антропогенной системы подчиняется в каждый момент времени принципу наименьшего действия. Движение к равновесию происходит по пути наименьшего сопротивления, более «выгодного», с минимальными отклонениями от оптимального пути.

2.3.3. Интервью с А. И. Половинкиным

Вопрос: В чем заключается сформулированный Вами **принцип избыточности технических решений**?

Ответ: Принцип заключается в том, что в любой момент времени для реализации любой функции число созданных технических решений на уровне предложений, патентов, чертежей, моделей и опытных образцов всегда больше серийно реализованных.

Вопрос: А каково, согласно Вашим наблюдениям, соотношение между долговечностью функции и техническим решением, выполняющим эту функцию?

Ответ: Это соотношение я сформулировал в виде **принципа соответствия между функциями и техническими решениями**. Каждая

функция на множестве имеющихся и возможных технических решений выделяет определенное подмножество технических решений, реализующих эти функции.

Вопрос: Функция и техническое решение, созданное для выполнения этой функции, имеют определенную долговечность. Прослеживается ли закономерность в соотношениях этих долговечностей?

Ответ: Этот принцип, который мною назван принципом относительного существования функции и технических решений, заключается в том, что функции имеют намного большую долговечность по сравнению с техническим решением, выполняющим эту функцию.

Вопрос: В чем заключается выдвинутый Вами **принцип перехода через предел?**

Ответ: В том, что каждый технический объект, имеющий постоянную функцию, эволюционирует в направлении увеличения своих основных показателей.

Вопрос: В каком направлении вообще эволюционируют технические объекты?

Ответ: Эту тенденцию я сформулировал в виде **принципа конструктивной эволюции**. Любой технический объект при ретроспективном рассмотрении его развития является звеном цепи конструктивных изменений, в котором изобретателю первого (начального) технического решения обязательно предшествовало появление (изобретение) новой функции.

Вопрос: Вы уверены в том, что новым физическим эффектам отдается предпочтение?

Ответ: Я считаю это положение доказанным и сформулировал его в **принципе предпочтения**. При переходе на новые принципы действия или изобретения новых функций, соответственно, создания новых технических объектов — вероятность использования конкретных физических эффектов тем выше, чем позднее они были открыты.

Вопрос: Можно ли говорить о закономерности в переносе принципов действия одних технических решений в другие?

Ответ: Да. Новые, более рациональные принципы действий и конструкций, апробированные в одних технических решениях переносятся в другие при условии существенного совпадения их функций или функций их элементов.

Вопрос: Как распределяются средства на совершенствование технических объектов?

Ответ: Этот принцип проявляется в **пропорциональности между важностью функций и затратами**. Чем важнее функция для общества (государства), тем больше средств расходуется на совершенствование

технических объектов для выполнения этой функции и тем выше темпы конструктивной эволюции.

Вопрос: Как проявляется **принцип инерции в сфере производства?**

Ответ: Этот принцип проявляется в следующем. Производство серийно выпускаемых технических средств увеличивается от нуля по восходящей кривой сначала с отставанием от спроса, затем достигает максимума (перепроизводства), после чего происходит снижение производства до стабилизированного уровня или же до нуля в случае появления лучшего технического решения для выполнения этой же функции.

Вопрос: В период НТР мы наблюдаем **постоянное повышение степени механизации и автоматизации технических средств**. Является ли это положение закономерностью?

Ответ: Да, такая закономерность существует. В любом дереве конструктивной эволюции, начинающемся от конкретной функции, имеет место последовательное появление технических объектов, понижающих долю (степень) участия человека в выполнении функций.

Вопрос: Интересный специфический вопрос: какова роль симметрии в технике?

Ответ: Существует **общий закон симметрии** технических объектов. Любой технический объект, испытывающий определенное существенное воздействие среды в виде потоков вещества, энергии или сигналов, имеет определенный тип симметрии, обусловленный комбинацией и характеристикой этих потоков. Типы симметрии: двусторонняя, осевая и разнообразные сочетания из них.

Вопрос: Каждый технический объект имеет ряд параметров, находящихся в сочетании друг с другом. Проявляются ли закономерности в сочетаниях этих параметров?

Ответ: Проявляются в **законе гармонического сочетания параметров технического объекта**. Любой технический объект, нормально реализующий свою функцию, имеет значение параметров достаточно низких или совпадающих с гармоничным соотношением этих параметров.

Вопрос: Предыдущие авторы уже указывали на особую важность соответствия между функцией и структурой системы. Как Вы формулируете этот закон?

Ответ: В виде **всеобщего соответствия между функцией и структурой технических объектов**. Каждый элемент технического объекта или его конструктивный принцип имеют хотя бы одну функцию, обеспечивающую реализацию функций технического объекта, т.е. исключение элемента или признака приводит к ухудшению какого-либо показателя технического объекта или к прекращению им своей функции. Совокупность таких функций в техническом объекте отражается графом (функциональный, структурный), у которого каждая вершина — элемент или

конструктивный признак имеют свою функцию (ребра графа) и соответственно свой вклад в обеспечение выполнения функций технического объекта. В этом и заключается системная целостность объекта. Суть соответствия между функцией и структурой заключается в том, что в материальной структуре нормально работающего и правильно сконструированного технического объекта каждый элемент от сложных блоков и узлов до простых деталей и элементов имеет определенную функцию (назначение) по обеспечению работы технического устройства. И если лишить техническое устройство какого-либо элемента или признака, то он либо перестанет работать (выполнять свои функции), либо ухудшит свои показатели. Поэтому у правильно спроектированного технического устройства нет «лишних» деталей.

Вопрос: В чем, по-вашему, проявляется прогрессивность конструктивной эволюции технических объектов?

Ответ: **В законе (гипотезе) о прогрессивной конструктивной эволюции технических объектов.** В технических объектах с одинаковой функцией переход от поколения к поколению вызван устранением выявленного на данный момент главного дефекта, связанного, как правило, с улучшением одного или нескольких критериев прогрессивного развития и происходит при наличии необходимого научно-технического потенциала и социально-экономической целесообразности.

Вопрос: А как обстоит дело со старыми техническими решениями? Проявляются ли закономерности в их сохранении?

Ответ: Проявляется **закономерность в сохранении старых технических решений.** Новое поколение технических объектов, имеющих более эффективную конструкцию по одному или нескольким показателям, иногда не показывает всей области эффективного применения предыдущего поколения технических объектов, которые сохраняются для покрытия оставшейся области применения и воспроизводятся как угодно долго при наличии потребности.

Вопрос: И, наконец, последнее. Как меняется сложность объектов с одинаковыми функциями? Проявляются ли в этом какие-либо закономерности?

Ответ: Несомненно. Сложность технических объектов с одинаковыми функциями в силу действия факторов стадийного развития техники и прогрессивной конструктивной эволюции технических объектов от поколения к поколению монотонно возрастает.

2.3.4. Что показали интервью. Комментарий инженера-строителя

2.3.4.1. Общие соображения

1. В приводимых выше закономерностях есть много общего, но много и различий, т. е. они не эквивалентны. Следовательно, развитие

(формирование) этих законов еще далеко от какого-то завершения. Не прослеживается использование системного подхода в раскрытии данных законов в общей системе техники и в частных (специализированных) ее проявлениях.

2. Эти закономерности не формировались применительно к области строительной науки и техники (обнаружить таковые, кроме [73], нам не удалось). И здесь требуется дальнейшая работа.

3. В них не выделена полностью или весьма слабо отражена роль социальных факторов. Это большое упущение. На связь социального с техническим, взаимосвязь человеческого фактора с техническим прогрессом указывают многие философы, отражая потребности общества.

Роль социальных факторов проявляется в том, что антропогенные системы создаются человеком и для человека (общества), т.е. эти системы постоянно взаимодействуют с обществом и не мыслимы без него. Общество, его различные формации по-разному оказывают влияние на процесс развития технических систем, замедляя или ускоряя их развитие в зависимости от своих потребностей. Существует и обратная связь. Вспомним примеры: борьба против атомной угрозы, экологические проблемы, известные из истории отвергнутые «преждевременные» технические открытия и т.п.

Здесь уместно вспомнить слова великого А. Эйнштейна о том, что «забота о самом человеке и его судьбе должна быть в центре внимания при разработке всех технических усовершенствований». Так ученый, которого наши идеологи в застойное время упрекали в идеализме, стоял на высоких гуманистических позициях, к которым мы пришли лишь недавно, после больших потерь и бед. Ученый-физик разбирался в идеологии больше, чем идеологи, не знавшие физики.

4. Отсутствует среди этих закономерностей весьма важный «региональный принцип», оказывающий большое влияние на принятие решений, т.к. таким путем конкретизируются условия места и времени. Этот критерий отсутствует, к сожалению, как в работах ученых-техников, так и философов. А ведь в учете региональных условий содержатся мощные резервы повышения эффективности технических решений (например, создание техники в северном исполнении, которая трудно пробивает себе дорогу, но в целесообразности которой уже никто не сомневается). Принцип региональности подробно раскрыт в главе 8, часть 2 применительно к строительству в Сибири.

Мы убеждены, что принцип региональности должен занять важное место в общей системе законов развития техники.

2.3.4.2. Взгляд на законы развития техники с позиций системного подхода

Системный подход требует прежде всего уяснить, что понимается под техническим объектом?

Техническим объектом (ТО) будем называть созданное человеком или автоматом реально существующее (существовавшее) устройство, предназначенное для удовлетворения определенной потребности... Как синоним понятия «технический объект» в литературе часто используют еще понятие «техническая система» — так утверждается в учебном пособии для вузов 1988 г. [17].

Данное определение «технического объекта» («технической системы») не соответствует основным положениям системного подхода. В определении технической системы не выделяется целостность (полнота набора элементов), связи и взаимосвязь элементов, функциональность. Ведь система — это полный, целостный набор элементов, взаимосвязанных между собой так, чтобы могла реализоваться функция системы.

Законы развития техники, по нашему мнению, надо рассматривать как законы развития систем, опираясь на свойства целостности, взаимосвязанности, функциональности, которые неотделимы от понятия системы.

Рассматривая законы развития техники в [7, 16, 23], к объекту Исследования (технике, техническим системам) не относятся как к системе в понятиях системного подхода. Таков парадокс, неоправданная непоследовательность, первопричина последующих выводов. Удивительно то, что изобретательские алгоритмы тех же авторов [7, 16, 23] фактически базируются на системном подходе.

С позиций системного подхода три закона «жизнеобеспечения технической системы», предложенные Г.С. Альтшуллером, являются прямым выражением системообразующих факторов. Действительно, закон полноты системы выражает требования целостного (полного) набора элементов системы; закон энергетической проводимости — наличие необходимых связей между элементами системы (и внешней средой); закон согласования ритмики частей системы отражает функциональную обусловленность взаимодействия.

Таким образом, получается, что в ранг законов развития технических систем (техники) возведены требования о том, чтобы они были системами. Иначе они не могут функционировать, развиваться, существовать!

Этот замечательный и простой по сути вывод прекрасно подтверждает диалектическую мощь системного подхода.

Иными словами, вместо трех рассматриваемых законов Г.С. Альтшуллера, можно назвать один, обобщающий их и включающий еще

многие другие свойства и открывающий связь с законами материалистической диалектики, в частности, с системным подходом.

Условием (законом) жизнеспособности технического объекта является то, чтобы он был системой, т.е. по определению системы должен обладать полным (целостным) набором элементов, функционально взаимосвязанных между собой для достижения желаемого результата.

Исходя из данного условия (закона) жизнеспособности технической системы, можно (и нужно) сделать ряд существенных дополнений к законам энергетической проводимости и согласования ритмики системы, которые выражают свойства и требования по отношению, главным образом, к связям между элементами системы. Действительно, для надежного функционирования системы необходимо обеспечение не только энергетической проводимости и согласования ритмики, но и наличие устойчивости (устойчивости процесса), недопустимости резонансного разбалансирования (обеспечение динамической: устойчивости). Должна обеспечиваться не только энергетическая и динамическая, но и надежная информационная проводимость между элементами системы (кроме свойств хранения и преобразования информации в соответствии с задачами функционирования). Видимо, перечень условий жизнеобеспечения можно продолжить, выражая, например, требования прочности, жесткости, надежности, непротиворечивости законам естествознания.

В формулировке Е.П. Балашова [9] три закона жизнеобеспечения технической системы Г.С. Альтшуллера [23] (полнота системы, энергетической проводимости, согласования ритмики) есть стремление выразить одним законом «повышение функциональной и структурной вещественно-энергетической информационной целостности системы».

Г.С. Альтшуллер в этих трех законах рассматривает стартовую позицию целостности системы, Е.П. Балашов — ее качественное развитие (повышение целостности), не акцентируя внимания на том, что и в начальном состоянии технический объект как система должен соответствовать данному толкованию целостности. Иными словами, здесь подтверждается, что технический объект должен быть системой и что развитие этой системы идет по пути совершенствования (повышения) ее целостности в функциональных и структурных проявлениях.

Следуя далее методологии системного подхода, необходимо рассматривать техническую систему в развитии, в связи с окружающей средой и т. д.

Развитие систем с позиций системного подхода (материалистической диалектики) происходит по спирали. Поэтому следующие законы Г.С. Альтшуллера:

— увеличение степени идеальности как направление развития;

— неравномерности развития частей системы (что является естественным, т. к. равномерность развития была бы каким-то случайным явлением и не порождала бы внутренних противоречий в системе);

— переход в надсистему, т. е. после исчерпания возможностей развития данной системы ее развитие идет на более высоком уровне как часть надсистемы;

— переход с макроуровня на микроуровень;

— совершенствование управляемости характеризует диалектические черты развития системы, но, видимо, далеко не полностью. Нужно анализировать изменение потребностей, внешнюю среду, учитывать комбинационный характер законов техники, их вторичность (и в этом смысле относительность, релятивизм), развитие общества.

Заметим, что с позиций системного подхода аналогичные суждения можно высказать и в отношении законов Е.П. Балашова и А.И. Половинкина.

В заключение следует подчеркнуть не изолированность, а совместность действий всей совокупности законов развития техники, взаимосвязь антропогенного мира с естественным и социальным, что отвечает концепции системного подхода.

2.3.4.3. Комментарии (продолжение) инженера-строителя

1. Как уже отмечалось, законы развития техники применительно к строительной технике, зданиям и сооружениям не определены и не сформулированы. Патентный фонд для этих целей не использован, не обобщен.

Проблема определения и конкретизации законов развития техники в области строительства остается открытой.

В связи с этим целесообразно проанализировать, в какой мере законы в формулировках, например, Альтшуллера и Балашова, пригодны для строительных зданий и сооружений.

Общее впечатление таково, что эти законы могут быть приняты за основу, но должны быть профессионально переосмыслены, сформулированы в понятиях, принятых в области строительной техники, и обязательно дополнены, в частности, принципом региональности, должно быть учтено также влияние социальных факторов.

Убедительным подтверждением данного тезиса явились разработанные автором принципы развития пространственных конструкций и сопоставление их с законами, сформулированными Г.С. Альтшуллером, Е.П. Балашовым (см. часть 2, главу 9, п.9.2). Эти принципы для пространственных конструкций были сформулированы на основе опыта автора и анализа применения конструкций в Красноярском крае [52]. При этом автор не опирался на упомянутые законы развития технических систем, т. к. в то время не был знаком с ними.

Приведенное сопоставление подтверждает, что сформулированные в иных терминах принципы создания пространственных конструкций имеют много общего с законами развития технических систем, далеких от области строительства.

Исходным (коренным) понятием является в этих рассуждениях «пространственность». С позиций функционально-структурного подхода пространственность конструкций покрытий хорошо согласуется с функциональным смыслом надсистемы «здание». Одна из основных функций здания и его покрытия (как подсистемы) — сопротивляться воздействиям внешней среды, которые имеют пространственный характер. Отсюда и структурное соответствие функций — пространственность покрытия.

Отметим, что (дополнительно к п.2.2 главы 9 части 2 для строительных несущих конструкций покрытий может быть сформулирован принцип их многофункциональности и специализации.

Действительно, анализ существующих массовых конструкций покрытий (балки, фермы, плиты) свидетельствует об их специализации для каждого перекрываемого пролета, т.е. каждая балка, ферма или плита предназначены для одного, а не серии пролетов (для каждого пролета своя конструкция). Многофункциональность этих конструкций просматривается по отношению к набору различных внешних нагрузок и, например, в одной и той же опалубке может изготавливаться набор однотипных конструкций под различные нагрузки за счет изменения армирования.

Лишь небольшой класс конструкций типа конструкторов (Например, металлических структур, железобетонных сборных оболочек, сталежелезобетонных ферм) наделен свойствами многофункциональности для серии пролетов. Например, элементы сталежелезобетонных ферм предназначены для серии пролетов 18—36м. В этих же конструкциях многофункциональность распространяется и на набор внешних нагрузок.

Как указывает Е.П. Балашов, «диалектические противоположности — «многофункциональность и специализация», «интеграция и дифференциация функции» — являются источниками развития систем». Эти противоположности существуют на всех уровнях системы. Универсальность можно рассматривать как предельный случай многофункциональности.

2. Отсутствие хотя бы одного «винтика» в системе нарушает ее полноту и жизнеспособность. Если отсутствуют условия для передачи «энергии» от одной части к другой (например, от покрытия к фундаментам здания) и согласованности их динамического взаимодействия, то жизнеспособность системы также будет нарушена. Об этом говорят законы, сформулированные Г.С. Альтшуллером, и они соответствуют основным положениям системного подхода.

Приведем некоторые примеры из области строительства.

В строительстве для монтажа созданы подразделения комплектации, обеспечивающие полноту системы. При проектировании главный инженер проекта должен обеспечить полноту проекта как системы и не растерять ее при выдаче заданий разным специалистам. Он должен определить гармонию между отдельными частями проекта, их совместимость, эффективность и т. д.

Эти черты связаны и с другими закономерностями (энергетической проводимостью, ритмикой системы).

Что является критерием полноты систем? Ответить на этот принципиальный вопрос, по нашему мнению, можно лишь, исходя из желаемого конечного результата: все ли части системы имеются, чтобы система могла давать (позволяла достигнуть) желаемый результат.

Если желаемый конечный результат определяем неточно (расплывчато), то нельзя быть уверенным, что полнота системы верно определена.

Укажем к тому же, что конечный результат связан, кроме чисто технических, еще и с социальными вопросами.

Например, в современных сибирских жилых домах не обеспечивается требуемый комфорт жизни (нет систем регулирования тепла, воздуха, мало подсобных помещений и т. д.). Ясно, что нет полноты системы. Получилось это потому, что планировались квадратные метры жилья, а не комфорт — как конечный результат.

3. Закон энергетической проводимости системы понятен Применительно к энергетической или гидравлической системам: должна быть проводимость материального носителя — энергии, и в системе не должно быть узких мест, заторов и запоров. Но этот же закон должен выполняться и в любой строительной статической несущей конструкции: силовой поток от внешней даже неподвижной нагрузки (т.е. энергия, измеряемая работой внешних сил) должен пройти беспрепятственно (без разрывов и резких концентраций) через все элементы конструкции, их соединения и достигнуть опорных устройств данной конструкции. Задача конструктора и расчетчика — обеспечить энергетическую проводимость конструкций. Заметим, что специальная нормативная и учебная литература по проектированию конструкций явно не опирается на эту закономерность, но она используется подспудно (интуитивно), в то же время сознательное ее применение позволяет поставить активные задачи проектирования. С другой стороны, сама природа, длительная эксплуатация выявляет такие «узкие» места в конструкциях.

4. Закон согласования ритмики частей системы. Если закон нарушается, то одна часть механизма будет «трястись» относительно другой и машина будет плохо работать (или технологический процесс не пойдет).

Начнем с того, что наличие такого закона в строительном проектировании не удастся обнаружить ни при динамических, ни тем более при статических расчетах конструкций и сооружений. Динамический расчет ограничивается, как правило, во-первых, определением частот собственных колебаний **всего сооружения в целом** (проверка на резонанс), без анализа частотных характеристик его частей и их согласования (регулирования, оптимизации). При учете связей между отдельными частями согласование ритмики осуществляется как бы автоматически в общем расчете, но спонтанно, без решения активной задачи (т. е. сделать так, чтобы части системы и она в целом имели определенные желаемые частотные параметры). Этого можно добиться, например, изменением и перераспределением жесткостей элементов и связей между ними, изменением структуры системы, в том числе ее масс. Во-вторых, в результате динамического расчета определяются динамические эпюры внутренних усилий.

Укажем, что мощный аппарат строительной механики, позволяющий осуществлять динамические расчеты, все еще слабо сориентирован на активные оптимизационные задачи, ограничивается часто пассивными поверочными расчетами. Во многих случаях выполнение динамических расчетов по строительным нормам не является обязательным, особенно при так называемых статических нагрузках. В то же время анализ ритмики частей системы позволил бы полнее проанализировать ее эффективность. Это нацеливает нас на проблемы предотвращения аварий, слежение за эксплуатацией системы, на необходимость уточнения сейсмических проектов, повышение надежности.

5. Обеспечению полноты и цельности дерева функций системы способствует прослеживание потоков функциональных связей. Потоки функциональных связей выражают преобразование вещества, энергии, информации (сигналов и других факторов), происходящее в системе с помощью определенных физических операций. Необходимо «пройти» по каждому такому потоку, чтобы убедиться в том, что он нигде не прерывается, не имеет «узких» мест, проследить за всеми его преобразованиями и за тем, как он «вливается» в основную функцию системы.

В любой строительной конструкции, даже в условиях ее статики, существуют потоки (силовые и деформационные) в виде полей напряжений и деформации элементов и связей между ними, показывающих преобразование потока внешней нагрузки в потоки внутренних сил в элементах, передачу от одного к другому через связи в преобразованном виде, и, наконец, передачу потока на опорные устройства. Аналогично силовым потокам можно говорить и о потоках деформаций. И если где-либо нарушена проектная совместимость передаваемых деформаций (даже при соблюдении

целостности силового потока), то эти места становятся «опасными» с позиций прочности и деформативности (появление трещин и т. п.),

Надо обратить внимание на то, как в строительных несущих конструкциях происходит потоковое преобразование одного типа поля напряжений в другое механическое поле. Например, в строительной металлической форме однородное поле центрального сжатия или растяжения отдельного стержня передается другим через узел соединения, преобразуясь в сдвиговые, тангенциальные усилия сварных швов, на другой стержень. Здесь преобразование функционального потока связано с определенным набором конструктивных модулей, в данном случае — с типом узлового соединения. Четко определив функциональные силовые потоки, конструктор имеет возможность определить затем соответствующие конструктивные модули и выполнить требования.

6. Увеличение степени идеальности технических систем по Г.С. Альтшуллеру полостью согласуется со стремлением конструктора к снижению доли собственного веса несущей конструкции (как фактора расплаты) по отношению к полезной нагрузке (полезная функция) и полностью соответствует увеличению степени идеальности. В пределе увеличение идеальности системы можно представить как выполнение полезных функций системы при отсутствии факторов расплаты (т.е. при отсутствии системы). Например, когда функции данной системы переданы другой системе путем совмещения функций.

В творческом поиске, как это рекомендует ТРИЗ (см. главу 3), целесообразно использовать представление об идеальном конечном результате, ориентируясь на который можно найти реальные эффективные решения.

ТРИЗ рекомендует рассуждать примерно так: надо добиваться выполнения системой таких-то новых функций, но при этом не вводить в нее новые элементы. Отметим приемы, соответствующие повышению идеальности систем: дотягивание, выжимание, коррекция, универсализация, специализация, повышение единичной мощности, использование ресурсов вещества, энергии, информации, пространства, времени, системный и функциональный ресурсы (за счет изменений в системе).

7. Повышение динамичности и управляемости технических систем имеет целью совершенствование адаптации (приспособления) системы к меняющимся взаимодействиям ее с внешней средой.

Техническая система рождается, как правило, статичной, неизменяемой, с малым числом функций, неуправляемой. Развитие систем идет по пути ее управляемости (принудительное управление, самоуправление с помощью введения обратных связей или использования некоторых «умных» физико-химических эффектов, самоорганизации и самообучения) и многофункциональности.

Отметим полное совпадение взглядов автора на пути развития строительных и других конструкций с данными положениями, которые получили отражение в разработке автоматически управляемых конструкций (см. часть 2, глава 9). Добавим лишь, что включая ЭВМ в автоматически управляемую конструкцию с программой расчета и управления, мы добиваемся нового качества управления.

Закономерность согласования — рассогласования технических систем связана с поиском и совершенствованием отдельных параметров системы с целью ее наилучшего функционирования. Конечным результатом является возможность изменения переменных параметров-систем в процессе ее эксплуатации. Эта цель так называемого динамического согласования—рассогласования реализуется в упомянутых выше автоматически управляемых конструкциях. В принципах развития пространственных конструкций (см. часть 2) эта закономерность представлена явно.

8. Увеличение степени вепольности. В строительных конструкциях имеет место взаимодействие материала (вещества) с силовым упругим (или неупругим) полем (поток). Проблема состоит в улучшении этого взаимодействия (в рамках строительной механики, строительных конструкций), его оптимизации путем изменения силовых потоков за счет выбора формы (структуры) конструкции, материалов и специальных приемов регулирования конструкций. Каждый из материалов стремятся поставить в лучшие для работы конструкции условия (сжатие, растяжение и т. п.). Одним из распространенных приемов регулирования является, например, предварительное напряжение. О других можно прочесть в [80].

Иногда строительные конструкции подвергаются «агрессивному» воздействию внешней среды (коррозия, радиационное облучение, тепловое воздействие и т.д.), приводящему к изменениям свойств материалов. Таким образом, проблемы изучения вепольности в строительных конструкциях имеют большое значение.

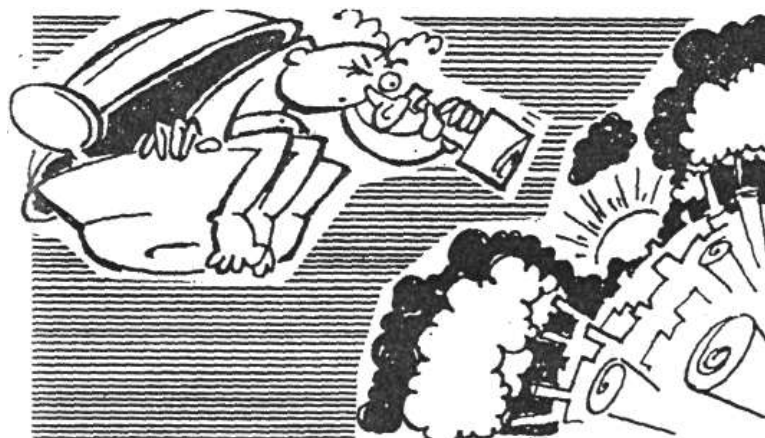
Однако для строительных несущих конструкций изучение взаимодействия вещества и поля должно быть дополнено учетом свойств формообразования материала, которое, в свою очередь, сильно влияет на силовое поле, и наоборот.

Законы Г.С. Альтшуллера о неравномерности развития, перехода в надсистему сформулированы также Е.П. Балашовым, но в другой форме.

10. Законы и закономерности, сформулированные Е.П. Балашовым, согласуются с разработанным им функционально-структурным подходом (функциональность, соответствующие ей структуры применительно к системам). По своей сути они близки к тем, которые даны Г.С. Альтшуллером. Но адекватность и соответствие между ними иногда трудно устанавливаются. Например, закон увеличения степени вепольности у Г.С. Альтшуллера и повышения функциональной и структурной вещественно-

энергетической и информационной целостности системы у Е.П. Балашова, видимо, все же имеют соответствие.

11. Закон динамического уравнивания, взятый Е.П. Балашовым у А.А. Денисова и Н.Н. Колесникова, носит характер Механического закона, как в классической механике. Возникают сомнения в возможности его обобщения и распространения на другие немеханические системы.



12. У А.И. Половинкина и Е.П. Балашова сформулирован ряд законов и закономерностей, определяющих первообразность функций по отношению к многообразию структур, их реализующих. Ряд положений нуждается в доказательствах и конкретизации. Например, принцип предпочтения новым физическим эффектам должен быть связан с понятием принципиальной возможности и практической осуществимости на данном этапе развития. В законах, связанных с обществом и производством, должно быть указано, с каким обществом и каким производством, и к какому этапу общественного развития они относятся. В принципе механизации и автоматизации надо указать, что роль человека в выполнении старых функций снижается, но возрастает в новых. Следует отметить, что формулировки Г.С. Альтшуллера, данные им до Н.П. Балашова и А.И. Половинкина, носят более конкретный, практический характер. У других авторов они имеют еще более общий вид и применены «вообще» к техническим системам. Какой-либо законченности и полноты нет ни у кого из них.

13. В ряде законов используются термины «правильно спроектированный», «гармоническое соотношение», «минимальная работоспособность», «степень идеальности» и т. д., которые не связаны с какими-либо количественными показателями.

14. Все законы развития техники действуют не обособленно, а, по-видимому, взаимосвязанно. Связи между ними не оговорены. В ряде случаев пренебрежение взаимосвязанностью законов неправомерно и недопустимо.



Сила исследователя познается в решении проблем: он находит новые методы, новые точки зрения, он открывает более широкие и свободные горизонты.

Гильберт

Глава 3

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Сознательная жизнь человека, особенно творческая деятельность, представляет непрерывную последовательность принятия решений по многим вопросам и проблемам, вызываемым потребностью общества и его лично.

На каких принципах (основах) зиждется методология принятия решений в творческой деятельности? Что есть общего между философской теорией познания, системным подходом и разнообразными методами принятия решений? Как разобраться и овладеть многочисленными частными приемами, и в каких областях они эффективны? Как обучаться этим методам активизации и интенсификации мыслительного процесса? Какую роль играют в этом современные компьютеры, информационно-измерительная и другая техника? Могут ли они заменить творческую деятельность человека? Достаточно ли обучать инженера, ученого лишь специальным дисциплинам по его профессии? Как не завязнуть в трясине «глухоты специализации»? Эти и другие вопросы волнуют нас. К сожалению, в большой литературе по принятию решений и системному подходу все еще нет необходимых обобщений, сопоставлений, конкретизации, критического анализа.

Эта глава имеет целью привлечь внимание к данным проблемам и попытаться в некоторой мере разобраться в них.

3.1. Вам нужно принять решение

Вся творческая и практическая деятельность человека, а проще — вся его жизнь, постоянно находится в движении между желаемым и действительным. Именно в этом движении, в восхождении от низшего к высшему, от простого к сложному, от неизвестного к известному в конечном

счете заключается как наша повседневная работа, так и деятельность в относительно далекой, равно и относительно близкой перспективе.

«Технология» человеческого познания действительности выработала и отработала до механизма цепочки: задача (цель) — поиск (процесс) — решение, которую мы постоянно, часто неосознанно, проходим на каждом шагу.

Системная методология также неосознанно и незримо присутствует в каждом нашем действии. При этом цель вытекает из потребности, а решение — порождает новую потребность. Пренебрежение целостностью, единством системы, не учет тех или иных факторов, ограничений, связей, диалектики развития, человеческого фактора, экологических последствий — приводит к ошибочным решениям. Здесь движение от желаемого к действительному, в силу сложности и множественности факторов и процессов, не должно решаться на интуитивном уровне методом «проб и ошибок». Человек не был бы человеком, если бы с тех древнейших времен, когда он взял в руки каменный топор, не стал бы сначала произвольно, а затем и на уровне теории разрабатывать приемы и методы кратчайших и наиболее эффективных путей движения своей мысли.

Д.И. Менделеев, обучая своих учеников, говорил: «Один идет по темному лабиринту ощупью, может быть, на что-нибудь полезное наткнется, а может быть, лоб разобьет. Другой возьмет хоть маленький фонарик и светит себе в темноте. И, по мере того, как он идет, его фонарь, разгораясь все ярче и ярче, наконец превращается в электрическое солнце, которое ему все освещает, все разъясняет. Так я Вас спрашиваю — где Ваш фонарь?»

Особый класс задач, который приходится решать сообществу людей, представляют технические, инженерные задачи. В гл. 2 уже говорилось о том, что мы живем в мире в значительной мере переделанном против того, что создала природа эволюционным путем за миллиарды лет. Для решения таких задач разработан целый ряд приемов и подходов, от эвристических до детально конкретных, облакаемых в форму алгоритмов, от афористических, облакаемых в форму анекдотов и побасенок («Семь раз отмерь — один раз отрежь»), до строгих математических теорий.

В этом плане мы хотели бы окинуть взглядом всю современную гамму приемов и методов принятия решений, начиная с принципов материалистической диалектики до конкретных приемов решения конкретных инженерных задач и изобретательской деятельности.

Было бы несерьезным, однако, представлять себе этот раздел книги как справочник о том, как решать задачу. Это лишь «взгляд с высоты», позволяющий увидеть и обозначить лишь крупные объекты, не различая деталей. Может быть, это и есть та частица нашего воззрения на мир, которой мы ходим поделиться с читателем.

3.2. Итак — принятие решений. Что это такое!

Заканчивая импровизированное введение, считаем необходимым сразу дать содержательное определение понятия «принятие решения». Нельзя сказать, чтобы оно в силу своей многоплановости было простым, тем более — однозначным. В связи с этим даем описание двух определений понятия «принятие решения», а именно:

— философское (общее), затрагивающее глубинные мыслительные процессы в познании мира;

— прагматическое (конкретное), описывающее методологию решения инженерных задач.

А. Философский аспект. В методологии процесса принятия решения усматриваются все положения диалектического материализма и прежде всего:

— обнаружение (вскрытие) противоречий в рассматриваемом явлении;

— преодоление этих противоречий, т. е. собственно — принятие решения.

Материалистической основой здесь является то, что для обнаружения и преодоления противоречий используется реальная (истинная, подтверждаемая экспериментом) информация, анализ которой осуществляется на научной основе (принципах, законах и конкретных знаниях). Часто противоречия проявляются в форме определенных недостатков, трудностей принципиального характера. Этапу вскрытия противоречий предшествует постановка задачи о принятии решения, в которой определяется цель (или цели, возможно, противоречивые), выбор критериев, выделяются переменные параметры, ограничения, неизменные параметры (среда). Здесь особенно проявляется роль человеческого фактора.

Далее — преодоление противоречия, т.е. поиск решения поставленной задачи, осуществляется с помощью разных приемов мышления на основе знания конкретных наук. Здесь нередко требуется поиск дополнительной информации и, возможно, новое переосмысление постановки задачи на основе оценки решения, повторный цикл процесса, но на более высоком уровне. В завершающей стадии принятия решения (при осмыслении результата), важно понимать, что достигнутое имеет ценность относительной, а не абсолютной истины, т. е. преодолевая одни противоречия, мы порождаем другие, и развитие продолжается. И здесь особенно важен взгляд вперед, умение оценить последствия.

Таким образом, принятие решений в философском понимании представляется как диалектико-материалистический процесс познания, идущий по пути обнаружения и преодоления противоречий. Это представление согласуется с ленинской теорией познания истины в известной триаде: чувственное восприятие — абстрактное мышление — практика.

Постановка задачи осуществляется на первом этапе познания как итог наблюдения натуральных явлений, фактов.

На втором этапе познания в результате абстрагирования создается содержательная модель явления (системы). Вскрываются внутренние противоречия системы, определяются пути и средства преодоления этих противоречий, теоретически решается проблема.

На третьем этапе познания, осмысливая полученные результаты, вновь обращаются к эксперименту как единственному источнику доказательства достоверности полученного решения. Здесь устанавливается диалектика взаимосвязи (причинные связи) результатов с постановкой задачи, определяются новые задачи, совершенствуются старые решения. В этом суть циклического процесса познания.

Б. Прагматический аспект. Сюда мы относим многочисленные практические методы принятия решений, изложенные ниже, в том числе Акоффа, Альтшуллера, Балашова (алгоритм приведен в гл. 1) и др. Принятие решения рассматривается как процесс, состоящий условно по меньшей мере из четырех этапов,

Первый этап — исследование проблемы и постановка цели (задачи). Так как об этом довольно полно рассказано в 1-й главе, то отметим только специфические особенности, связанные с процессом принятия решений.

Исследование потребности — есть то побуждение, которое толкает творческую мысль к началу поиска нового решения. Здесь уместно напомнить известное положение Ф. Энгельса, что «потребность движет науку больше, чем десять университетов». Часто исследование потребности протекает медленно, часто бессознательно, а то и подспудно. Накапливающиеся противоречия в существующем решении подталкивают, в конечном счете, к более или менее конкретному определению новой потребности, которая, кстати говоря, в дальнейшем процессе может многократно уточняться.

Исследование потребности заканчивается постановкой задачи на разработку Нового решения, на преодоление вскрытого основного противоречия.

Второй этап — разработка альтернативных вариантов нового (искомого) решения, т.е. поиск разных путей преодоления основного противоречия.

Многовариантность, естественно, не самоцель, а необходимое условие процесса. Разработка альтернативных решений часто связана с большими дополнительными затратами и временем. Существует Много способов активного поиска альтернативных решений, в том числе и конкурсная основа.

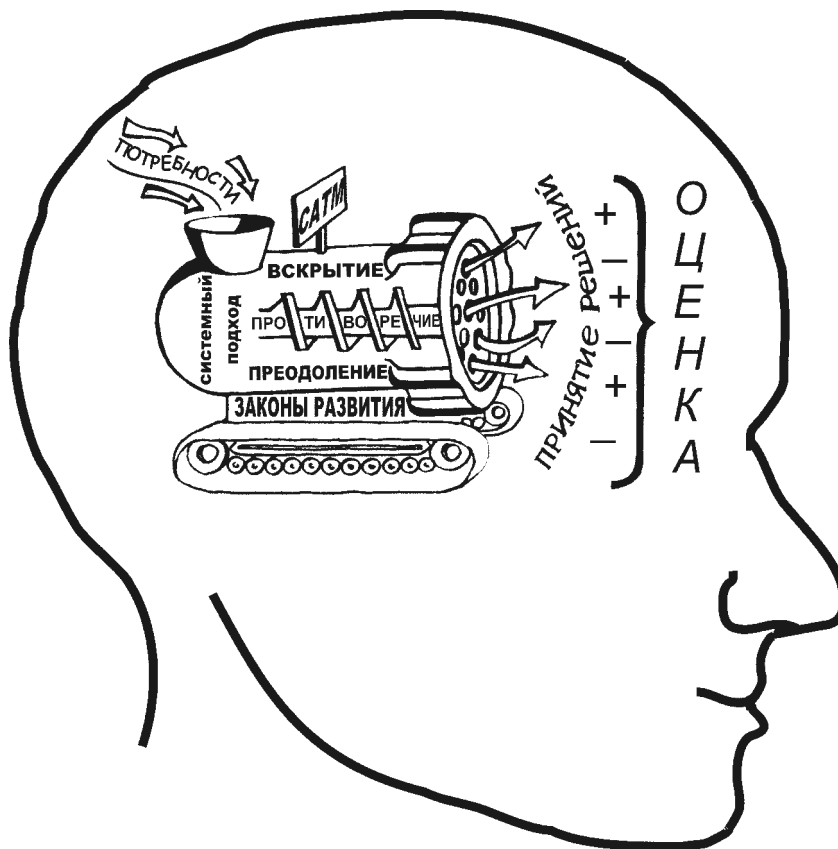
Третий этап — оценка и ранжирование альтернативных решений с точки зрения их приближения к требованиям, сформулированным в процессе

постановки задачи. Здесь не обойти трудности проблемы критериальности (часто многокритериальности) оценки решения.

Четвертый этап — тесно связан с предыдущими, как и все между собой. После выбора и утверждения одного из альтернативных вариантов необходимо глубокое и системное осмысление полученного результата: положительные и отрицательные показатели, Какие новые проблемы порождаются? Следствием решения одной проблемы является возникновение новых. Об этом часто забывают и лишают себя предвидения. Если результаты неудовлетворительны, то необходимо вернуться к начальной стадии процесса, к следующему витку поиска решения.

Мы пытались представить алгоритмы процесса принятия решения с различных позиций, философии, системного подхода и разнообразных практических методов принятия решений (табл. 1). Из этой таблицы видно, что **просматривается единая диалектико-материалистическая суть и принципиальная сквозная схема поиска от постановки задачи через вскрытие противоречий к их разрешению (преодолению) и, наконец, осмыслению результата.** Можно сказать, что формы разные, а суть — одна.

Не в этом ли проявляется универсальность методологии материалистической диалектики?!



АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Постановка задачи	Вскрытие противоречий (внутренних)	Преодоление противоречий	Осмысление результата
<p>Теория познания: ‘Чувственное познание – абстрактное мышление – практика’</p> <p>Обоснование постановки задачи: - анализ процессов, породивших данную задачу, вскрытие внутренних противоречий в этих процессах; - актуальность задачи; - общественная потребность (важность) решения задачи; - правомерность с позиций законов природы, осуществимость на современном уровне развития; выбор и обоснование критериев оценки результата (лицо, принимающее решение).</p>	<p>Определить трудности, выделить главные трудности (противоречия): - построение модели задачи; выявить: - управляемые переменные (изменяемые параметры); - неуправляемые переменные (неизменяемые параметры). Нельзя ли снять ограничения? Перевести некоторые неуправляемые переменные в управляемые? Возможности других выходов (целей).</p>	<p>Инверсия; Логика; Эвристика; Интуиция: наука Творчество, наука искусство; Математическое программирование; Оптимизация; Деловые игры, ТРИЗ, АРИЗ и др.</p>	<p>Определить причинные связи между переменными и конечными результатами, оценить последствия принятого решения. Нахождение диалектической взаимосвязи с исходной задачей. Возможность постановки новой задачи (качественно новый замысел задачи).</p>
<p>Исследование потребности; Уяснение задачи; Постановка цели; Анализ структуры системы <i>Целостность, Элементы, Связи;</i> Взаимодействие со средой; Функциональность; Выбор и обоснование критериев оценки результата; Анализ с позиций надсистемы.</p>	<p>Построение и анализ дерева противоречий. Анализ структуры системы по принципу иерархичности: - управляющие и управляемые элементы и подсистемы. Анализ влияния окружающей среды на систему</p>	<p>Поиск концепции системы. Построение анализа дерева функции системы. Функциональные конструктивные модуль системы. Системотехника.</p>	<p>Оценка решения. Обратные связи. Воздействие выхода на вход</p>

Таблица 1

В терминах философии

В терминах принятия решений

В терминах системного подхода

3.3. Обучали ли вас методам принятия решений?

Известно, что инженеров не обучают методам принятия решения, если не считать некоторых методов математического программирования, пригодных для решения ряда задач, поддающихся формализации. Но многие и многие задачи формализовать не удастся. Не обучают инженеров и системному подходу. Так что говорить о системном подходе к принятию решений не приходится. А ведь становление творческой личности проявляется в конечном счете в умении принять эффективное решение. Какую информацию надо собрать? Как действовать в условиях противоречивой избыточной или недостаточной информации? У многих осталось со школьных лет представление, что если не все данные использованы при решении задачи, то полученное решение, видимо, неверно. Такая шаблонная постановка господствует, увы, и в большинстве вузовских задачников и учебников. Учебной литературы по методам принятия решений практически нет, особенно для строительных специальностей. Мудрость решений приходится постигать «своим умом». Многие принимают решения интуитивно, по чутью, без должного обоснования, без сознательного системного анализа. Не потому ли так и длителен путь становления молодого специалиста после окончания вуза?

По мере усложнения решаемых технических задач все большее значение приобретает методология научного и инженерного творчества, значение которого трудно переоценить. Блуждание в потемках в ожидании озарения в условиях НТР, интуитивная деятельность — это недопустимая роскошь, разорительное благодущие, если не более. Отсутствие ясности в направлении движения инженерной и исследовательской мысли при решении технических задач ставит специалиста в заранее неконкурентноспособную роль по сравнению с тем, кто такой методологией владеет.

Читателям известны многие факты, когда принятие решений и в социальной сфере, и в технике осуществлялось волевыми, командными методами, без системного анализа, что приводило к пагубным последствиям. Централизованный диктат долгое время приводил к тому, что в Якутию поставлялись такие же машины, что и в Сочи, т.е. признание «техники в северном исполнении» проходило, трудную дорогу. Подобное пренебрежение региональными условиями применительно к жилым домам, школам и другим зданиям не изжито еще по сей день. Например, проекты «сибирского дома» пока еще не созданы, и дома на Енисее мало чем отличаются от своих собратьев из других регионов страны. «Проекты века», гигантомания в строительстве гидроэлектростанций — это ли не примеры несистемного подхода к принятию решений?

Системный подход, изложенный в главе 1, выражает мировоззрение, исходящее из диалектико-материалистических позиций. В этом смысле системный подход к принятию решений вполне согласуется с ленинской

теорией познания. В методологии процесса принятия решений усматриваются все положения диалектического материализма.

3.4. Как думать и над чем думать?

Для принятия хорошего решения надо лучше думать — такую рекомендацию можно нередко услышать в повседневной жизни. Бесспорно, надо учиться мыслить, овладевать приемами активизации мыслительного процесса. Но одно это редко приведет к желаемым результатам, если не пользоваться системным подходом. Действительно, прежде чем решить, как думать, надо определить над чем думать, т. е. правильно выделить проблемную ситуацию и поставить для неё задачу, определить основное противоречие системы и искать средство его преодоления, не забывая о связях системы, учете ограничений. Чтобы выявить проблемную ситуацию, целесообразно провести анализ (поиск) надсистемы, в которую входит данная система. Нужен системный мыслительный процесс, системный подход к принятию решений! Только тогда на каждом этапе этого алгоритма активизация мышления принесет наибольшую пользу.

Необходимость думать возникает из новой потребности, из обнаружения противоречий и несоответствий решения проблемы. Думать, значит совершать трудную, часто мучительную работу, осуществлять настойчивый поиск. Но что может сравниться с красотой мысли, с совершенством удачного решения? Как много непознанного в творчестве мыслителя! Человек не был бы человеком, если бы он не пытался активизировать процесс своих раздумий. Такими приемами и являются описанные ниже методы принятия решений, которые мы весьма условно разделили на две группы: общие, охватывающие неограниченно широкий круг проблем, выходящих далеко за рамки инженерной и научно-технической деятельности (но также и к ней), и более частные, относящиеся к синтезу новых технических объектов, т.е. непосредственно к инженерной деятельности и, прежде всего, к проектированию, конструированию, изобретательству.

3.5. Общие системообразующие методы, используемые в процессе принятия решений

3.5.1. Искусство принятия решений по Р. Акоффу

Известный американский ученый Рассел Акофф полагает, что процесс принятия решения является своего рода искусством. Он приводит различные примеры принятия решений в самых запутанных ситуациях, когда отсутствуют не только строгие алгоритмы, но не помогают даже сложные эвристические приемы. По его мнению, среди наиболее важных качеств, которые должны быть присущи хорошему руководителю: компетентность, коммуникабельность, внимательное отношение к подчиненным, смелость,

способность творчески решать проблемы — самым важным является последнее.



Акофф выделяет в системе для принятия решения следующие факторы— и в этом виден системный подход!

— **Человек, принимающий решение**, т.е. тот, кому предстоит решать проблемы. Может быть как отдельный индивидуум, так и небольшая группа людей и даже большой коллектив;

— **управляемые переменные**, т.е. параметры и ситуации, которыми может управлять лицо, принимающее решение;

— **неуправляемые переменные**, которыми не может управлять лицо, принимающее решение; в совокупности эти переменные образуют «окружающую среду» или «фон проблемы»;

— **внутренние либо внешние ограничения** на возможные значения управляемых и неуправляемых переменных;

— **возможные исходы** (решения, результаты) — должно быть не менее двух неравноценных, т.к. в противном случае не имеет значения, какое решение принять.

Лицо, принимающее решение, стремится выбрать линию поведения, приводящую к желаемому исходу. В случае проблемной ситуации лицо, принимающее решение, сначала должно составить представление о проблеме или создать ее модель. Если его представление о проблеме или ее модель

окажутся неверными, то решение не может дать желаемых результатов. Типичной ошибкой является формулировка проблемы, способствующая подавлению симптомов, а не устранению причин, порождающих их (так поступает малоопытный врач, который назначает лекарство от кашля вместо того, чтобы лечить туберкулез).

Управляемые переменные. Как ими распоряжаться? Часто стремятся уменьшить число переменных, чтобы упростить решение задачи. Однако здесь может сработать один из диалектических принципов, а именно — «отрицание отрицания». Добавление, а не изъятие «чего-либо» из проблемной ситуации, часто позволяет обнаружить новые, более эффективные решения. Кроме того, широкое использование ЭВМ позволяет без особых трудностей оперировать многопеременными системами.

Неуправляемые переменные, как уже говорилось, составляют «фон» проблемы и в этом смысле влияют на линию поведения принимающего решение. Однако, как нам кажется, нельзя исключать частичного контроля за неуправляемыми переменными, ибо косвенное стимулирование (либо подавление) некоторых из них может позволить найти более эффективное решение. Следует критически относиться также к безоговорочному зачислению некоторых параметров в категорию «неуправляемых». Нельзя ли перевести неуправляемое в управляемое? При этом возможности решения увеличатся.

В одной из сказок, как утверждает Акофф, говорится о юноше, который мог загадать три желания. Загадав два из них, он ухитрился лопасть в такую беду, что вынужден был загадать последнее желание, чтобы вернуться к своему первоначальному состоянию.

Нужно также критически относиться к «объективности» ограничений, которые на поверку могут оказаться не такими уж жёсткими, а часто и преодолимыми.

Своеобразной формой выработки линии поведения и анализа управляемых и неуправляемых переменных, используемых Акоффом, являются афористические выводы из курьезных ситуаций, например:

— То, что для одних черным по белому, то для других сплошь белое пятно.

— Управляя другими, не забудь управлять собой.

— Свои собственные проблемы бесполезно взваливать на других.

— Отраженный свет позволяет увидеть разные грани проблемы. В связи с этим приводится история о том, как в одном учреждении возникла проблема из-за перегруженности лифтов.

Посетители высказывали недовольство в связи с тем, что приходилось терять много времени в ожидании лифта. Приглашенные эксперты предложили три варианта, связанные с крупными капитальными затратами. Тогда руководитель учреждения сделал то, что руководители делают крайне

редко (и зря) — решил посоветоваться со своими подчиненными. Было принято предложение молодого сотрудника из отдела кадров, который, смущаясь и робея, предложил на каждом этаже на стенах, где были расположены двери лифтов, повесить большие зеркала. Внимание женщин было отвлечено, и... жалобы прекратились.

— Смотреть вверх чего-нибудь, еще не значит быть верхоглядом.

— Ни одно дело не требует столько времени, как ничегонеделание.

— Лучше думать не останавливаясь, чем остановиться и начать думать.

(При разработке системы взимания дорожных пошлин в Лондоне и Нью-Йорке во всех случаях варьировались различные тарифы в зависимости от условий движения. Один эксперт, который был приглашен для оценки лучшего из двух вариантов, неожиданно предложил ввести плату не за движение, а за остановки...).

— Голые факты ничем не прикроешь.

— То, что потеряно, может быть найдено совсем не там, где потеряно.

— Годами накопленный опыт может поспорить со знанием.

(Высококвалифицированные инженеры пытались установить в старую сталеплавильную печь прибор для определения температуры стали. Наблюдая за их усилиями, старый сталевар сказал, что мог бы показать, как сделать это без инструментов. Он выплюнул большой комок табачной жвачки на стенку печки и посмотрел на часы. Через несколько секунд он объявил температуру. Инженеры снисходительно засмеялись, однако несколько дней спустя, после установки прибора в печь, им пришлось пожалеть о своем смехе...).

— Ничего так не обманчиво, как очевидная истина.

— Фактам легко придать определенную окраску, если рассматривать их через призму чужого восприятия.

(Один молодой человек пришел на прием к психиатру и представился:

— Доктор, я хотел бы внести полную ясность: я нахожусь здесь против своей воли. На этом настояла моя семья.

— Почему, — спросил доктор.

— Они считают меня странным, так как я настойчиво утверждаю, что умер.

Психиатр не выразил удивления и спокойно спросил:

— Знаете ли Вы кого-нибудь еще, кто мертв?

— Нет, я единственный, о ком я знаю, что он мертв. Психиатр задумался на мгновение, а затем спросил молодого человека:

— У мертвых идет кровь?

— Нет, — ответил молодой человек.

Психиатр попросил молодого человека снять пиджак и засучить один рукав рубашки. Затем он взял со стола шприц, воткнул его в руку молодого

человека и оттянул поршень. Камера шприца наполнилась кровью. Молодой человек смотрел на все это с изумлением, а затем вскрикнул:

— О, боже. И у мертвых идет кровь, не так ли?..).

— Выявление различий способствует сплочению.

— Факты, как и люди, очень часто оказываются без вины виноватыми.

— Чем меньше мы понимаем какое-то явление, тем более сложно его объясняем.

— Действие факторов может быть далеко не так важно, как взаимодействие.

(Во время беседы специалистов о логическом мышлении, среди которых были инженер, ученый-теоретик и философ, один из них задал вопрос:

— Если бы два трубочиста выбрались из дымохода, и у одного из них лицо было грязное, а у другого — чистое, то кто из них пойдет умываться? Инженер сразу же ответил:

— Трубочист с грязным лицом. Ученый-теоретик сказал, что он с ним не согласен, т.к., по его мнению, мыться пойдет трубочист с чистым лицом.

— Он увидит грязное лицо своего товарища и подумает, что у него самого тоже грязное. Трубочист же с грязным лицом увидит чистое лицо своего товарища и решит, что его собственное лицо чистое.

Однако в поддержку инженера вступился философ, который считал, что когда трубочист с чистым лицом пойдет в ванную комнату, трубочист с грязным лицом спросит его, куда он направляется? Трубочист с чистым лицом скажет, что он идет умываться, и тогда товарищ поинтересуется, зачем он это делает, имея чистое лицо? Трубочист же с чистым лицом ответит: — Но ведь у тебя оно грязное.

Следовательно, умываться пойдет именно трубочист с грязным лицом.

Эта история не имела бы завершения, если бы присутствовавший при обмене мнениями студент не задал вопрос:

— Каким же образом два трубочиста, спустившись по грязному дымоходу, могут вылезти из него один с грязным лицом, а другой — с чистым?)

3.5.2. Пять принципов поиска нового по системе профессора П.К. Ощепкова

П.К. Ощепков — выдающийся советский инженер и ученый, создатель первых отечественных радиолокационных станций; много лет занимался проблемами интроскопии (внутреннего видения).

Формулируя свои принципы, автор указывает на то, что они приемлемы не только при постановке и решении крупных естественно-научных и технических проблем, но и при решении любого практического вопроса. Приводим эти принципы:

1. Анализ поставленной перед собой задачи с точки зрения ее современности и общественной потребности в ней. Раскрытие внутренних противоречий в процессах, обусловивших или обуславливающих постановку задачи;

2. Проверка правомерности постановки задачи с точки зрения общих законов природы;

3. Проверка осуществимости решения задачи на современном уровне науки, техники и производства;

4. Разработка общей системы решения задачи и выбор основного, т. е. определяющего эксперимента;

5. Анализ полученных результатов головного эксперимента и нахождение диалектической взаимосвязи их с поставленной задачей.

Выдающийся ученый в области строительной механики И.М. Рабинович писал: «Историку, который впоследствии изучает процесс открытия, кажется непонятной слепота первого исследователя; невольно хочется крикнуть ему: «Открой шире глаза, посмотри себе под ноги, там лежит открытие!» Но поздно, время прошло, открытие сделано. Это замечание можно отнести к пятому принципу Ощепкова. Весь процесс поиска нового по Ощепкову хорошо согласуется с системным подходом.

3.5.3. Шаблонное и нешаблонное мышление по де Боно

Не орудуйте логикой, как дубинкой! К этому хотелось бы призвать тех ревнителей логического мышления, которые превозносят его, как образец. Шаблонно или логически мыслящие люди избирают, по их мнению, самую разумную позицию и затем, развивая ее по законам логики, пытаются решить проблему.

Исключительную эффективность нешаблонного мышления в экстремальных, казалось бы тупиковых ситуациях, можно понять из такой истории.

Много лет тому назад один несчастный купец задолжал старому, уродливому ростовщику. Ростовщик влюбился в юную дочь купца и предложил купцу такого рода сделку: он простит долг, если отец отдаст за него свою дочь. Ростовщик предложил бросить жребий: положить в пустую сумку два камешка — черный и белый, и пусть девушка вытащит один из них. Если она вытащит черный камень, то станет его женою, а если белый — то останется с отцом и долг будет прощен. Несчастный купец согласился, не подозревая коварство ростовщика.

Этот разговор происходил в саду на усыпанной гравием дорожке. Когда ростовщик наклонился, чтобы найти камешки для жребия, дочь купца заметила, что тот положил в сумку два черных камня...

Какой же совет могли бы дать в такой казалось бы безысходной ситуации несчастной девушке шаблонно (или логически) мыслящие люди?

Девушка опустила руку в сумку и вытащила камешек и, не взглянув на него, выронила на дорожку, где он мгновенно потерялся.

— Экая досада, — воскликнула девушка. Ну, да дело поправимое. Ведь по цвету оставшегося мы тотчас узнаем, какого цвета камешек достался мне.

Но и здесь, как и везде, не нужно впадать в крайности, как это делают некоторые сторонники нешаблонного мышления, начисто отвергая логическое. Истина здесь заключается в том, что оба типа мышления не исключают, а дополняют друг друга. Однако в этом разделе главы мы рассчитываем поговорить о возможностях именно нешаблонного мышления, отсылая интересующихся законами логики к разделу 3.5.4.

Счастье сороконожки, о которой уже упоминалось, состоит в том, что она не обладает «самосознанием». Иначе она бы «не знала» — с какой ноги ей начать движение. В подобную ситуацию иногда попадает человек в запутанной обстановке: он не знает с чего начать действовать. Подобно тому, как вода, стекая вниз по склону горы, прорывает себе все более глубокое русло, так и шаблонное мышление, следуя по пути наивысшей вероятности, постепенно увеличивает вероятность этого пути. Много раз петляя, вода, в конечном счете, отыщет свое место низшего энергетического уровня.

Нешаблонное мышление идет на риск, чтобы заставить воду двигаться в нужном направлении. Оно умышленно прорывает новое русло, либо перегораживает поток дамбами, иногда даже перекачивает воду насосами.

И вот наступает эвристический момент, когда невероятное направление мысли мгновенно приобретает наивысшую вероятность. Достижение этого момента и есть цель и кульминация нешаблонного мышления.

Нешаблонное мышление следует относить к творческому мышлению, и в этом смысле оно нуждается в таланте. И если в одних случаях результаты нешаблонного мышления представляют собой гениальные творения, то в других — просто новый взгляд на **вещи**.

Различие между шаблонным и нешаблонным мышлением состоит в том, что при шаблонном мышлении логика управляет разумом, тогда как при нешаблонном она его обслуживает.

Дж. Джонс в [28] называет шаблонное мышление «психологической инерцией», под которой подразумевается бессознательное предрасположение к какому-нибудь конкретному методу или образу мышления, которые обычно характеризуют выражением «идти по проторенной дорожке». Психологическая инерция — это отрывка существующих методов обучения, по которым обучаемого пытаются «наполнить» не методами добычи знаний, а готовыми, конкретными рецептами. Как тут не вспомнить мудрую вьетнамскую пословицу: «Если хочешь помочь голодающему — дай ему невод, а не рыбу».

Страшно подумать, пишет де Боно, сколько новых идей покоится в уже собранной информации, организованной в настоящее время одним единственным способом, в то время как существует масса возможностей организовать ее гораздо лучше.

Интересным и поучительным является пример создания Эйнштейном теории относительности. Он не делал экспериментов, не собирал новой информации, которую ранее подгоняли под ньютоновскую концепцию, а интерпретировал известную информацию по-новому.

Блестящий и остроумный пример для иллюстрации несостоятельности шаблонного мышления приводится на примере «ямы», иллюстрирующем слепоту узкой специализации.

Система образования — это целое поле отличных ям, и мы сознательно или бессознательно подбираем специалистов, в обязанности которых входит наблюдение за состоянием ям, и непрерывно увеличиваем их, создавая своеобразную непроходимую ловушку под благовидным именем «господствующая идея».

Новая информация, которая могла бы привести к разрушению старой идеи, подгоняется под нее, усиливая последнюю.

Часто опасность заключается в пренебрежительном отношении к тому, что не принимается господствующей идеей.

Ниже приводится мрачноватая история, которая иллюстрирует сказанное.

Некий школьник предложил интересную гипотезу: он утверждал, что органы слуха у пауков находятся на ногах и взялся доказать это. Положив пойманного паука на стол, он крикнул:

— Бегом. Паук побежал.

Затем юный экспериментатор оторвал пауку ноги и снова, положив его на стол, скомандовал:

— Бегом!

Паук остался недвижим.

— Вот видите, заявил торжествующий мальчик. Стоило оторвать ему ноги, как он оглох.

Парадокс этой истории заключается в том, что у некоторых членистоногих (типа — кузнечиков) органы слуха действительно находятся на ногах.

Весьма распространено мнение, согласно которому никто не имеет права подвергнуть сомнению какое-либо объяснение, если сам не предлагает более конструктивного. Это один из наиболее действенных способов подавления новых идей. Как можно по-новому соединить факты, когда старый метод должен оставаться неприкосновенным, вплоть до полного завершения нового? Искать новую идею в рамках старого, говорит де Боно,

пустая трата времени, а сравнивать новый метод со старым бесполезно и даже вредно.

Шаблонно мыслящие люди, которых по недоразумению называют «логиками», часто воспринимают нешаблонное мышление как своего рода надувательство. К такого рода «надувательству» относят, например, историю о колумбовом яйце.

Поиск альтернативных (читай — нешаблонных) способов подхода к разрешению ситуаций — процесс необычный, ибо разум по своей природе стремится к наиболее правдоподобным объяснениям, чтобы затем исходить из них.

Надо в этих ситуациях осуществить некоторые «внутренние усилия» и «нелогичные ходы», например, вместо утвердившейся идеи, что Солнце движется вокруг Земли, выдвинуть безумную идею, что Земля движется вокруг Солнца.

«Логике» присуще своеобразное «чувство долга» в противовес нешаблонной самонадеянности. Аккуратно и прочно укладывая камень за камнем, логика прокладывает себе дорогу сквозь путаницу бесформенных идей. Причем каждый последующий камень должен быть уложен только тогда, когда он плотно пригнан к ранее уложенному. Так, логический подход предполагает уверенность в своей правоте на каждой стадии решения проблемы.

Можно ступать медленно и осторожно, проверяя на каждом шагу, плотно ли пригнан камень, а можно и перескакивать через качающиеся камни. В фантастическом романе Жюль Верна поезд проскочил через обрушившийся под ним мост.

Мыслить нешаблонно, значит сойти с проторенной дороги в грязь, месить ее наугад до тех пор, пока не найдется лучшая дорога.

Так какая же дорога «столбовая»? Шаблонного или нешаблонного мышления? Не беремся ответить на этот вопрос, да и вряд ли такая постановка правомерна, если вспомнить, сколько в свое время производилось сложнейших расчетов, доказывающих, что летательные аппараты тяжелее воздуха не смогут подняться в воздух. Конгресс США в тот же год, когда братья Райт впервые совершили полет на таком аппарате, утвердил законопроект, запрещающий вооруженным силам страны тратить средства на дальнейшие попытки создания летающих машин.

Декарт, один из величайших мыслителей в истории, доказывал с полным логическим обеспечением, что открытый Торричелли эффект давления воздуха невозможен.

Иногда советуют применить такой прием: сознательно допустить ошибку в оценке идеи и вместо того, чтобы спешить ее опровергнуть, попытаться развить ее в двух направлениях: обратном, чтобы посмотреть, на

чем она основана, и поступательном, чтобы выяснить — куда она может привести.

Заканчивая разговор о шаблонном мышлении, нельзя не отметить исключительно эффективного средства активизации мыслительного процесса, каковыми являются так называемые «нестандартные вопросы», некоторый перечень которых применительно к области строительного проектирования приведен в [29]:

1. Можно ли разрушить конструкцию при разгрузке ее?
2. Можно ли улучшить конструкцию путем догрузки ее?
3. Можно ли усилить конструкцию, уменьшая размеры поперечного сечения ее элементов?
4. Может ли конструкция потерять устойчивость при снятии части нагрузки?

Для непосвященного в теорию расчета строительных конструкций такие вопросы выглядят парадоксально. Однако проникновение в их суть раскрывает новые стороны и предотвращает ошибки из-за шаблонного мышления.

Многие примеры шаблонного подхода к решению инженерных задач читатель найдет во 2-й части книги.

Они, увы, довольно часто фигурируют даже в так называемых «устоявшихся» документах и суждениях, типа СНиП. К ним относятся такие просчеты, как пренебрежение принципом региональности в строительстве, настойчиво проводимая жесткая линия по всесоюзной унификации и типизации строительных конструкций. Одним из распространенных дефектов шаблонного подхода является механический перенос структуры одной системы в другую без учета изменяющихся функций. Не потому ли строительные тресты в Сибири, вузы в восточных регионах страны дублируют структуру соответствующих организаций и учреждений центральной зоны.

3.5.4. Методы традиционной логики

Мы увлеклись критикой логики, однако надо отдать должное этому древнейшему инструменту добывания новых знаний.

В основе формально-логических методов принятия решений лежит использование логических законов **выводного** значения, полученного логически из предшествующих знаний без непосредственного отношения к опыту. Основателем логики считается Аристотель.

Одно из основных требований логики — обязательность последовательного непротиворечивого, обоснованного мышления. Нельзя считать истинными знания, содержащие логические противоречия. Логика помогает интенсифицировать любую умственную деятельность. Ее значение особенно возрастает в спорах и дискуссиях, которые являются неизбежными

спутниками процесса принятия решения. Если участники спора исходят из одних посылок и не нарушают законов логики, то, в конечном счете, вывод может быть только одним. Если же выводы получаются разными, то это означает, что кто-то из спорящих допустил логическую ошибку. Разрешить спор в интересах истины, значит найти эту ошибку. Однако было бы неточным или даже совсем неправильным предполагать, что знание логических правил достаточно для успешной деятельности: для этого в еще большей степени нужны глубокие специальные знания, например, доказательства верности посылок.

Логика подразделяется на традиционную (общую) и символическую (математическую).

Традиционная логика появляется в таких известных методах как классификация, индукция, дедукция, анализ, синтез, доказательство. Учитывая, что все перечисленные определения однозначно и исчерпывающе излагаются в теории логики, отметим только «доказательство», затрагивающее глубинную сущность логического процесса.

Доказательство — логическая процедура, устанавливающая истинность какого-либо утверждения при помощи других утверждений, истинность которых уже установлена. С помощью доказательства наши предположения, соображения, дискуссии, гипотезы становятся строго обоснованными знаниями о предмете.

Доказательство в соответствии с правилами логики включает три части:

1. Тезис — утверждение, которое доказывается. Тезис должен быть точно и ясно сформулирован и оставаться неизменным в процессе доказательства. Подмена тезиса случайная (тем более умышленная) — недопустима, ибо уводит доказательство в сторону.

2. Аргумент (довод, посылка) — положения, которые используются для доказательства данного тезиса. Аргумент должен быть истинным. Очевидно, что нельзя доказывать истинность тезиса на основе ложных аргументов. Истинность аргумента должна быть доказана независимо от тезиса.

3. Форма доказательства — логическая последовательность перехода от доводов (2) к тезису (1).

Логические ошибки, допускаемые в доказательствах, могут быть непреднамеренными (паралогизмы) и умышленными (софизмы). Софизм — когда ложь выдается за правду, противоречит духу и смыслу научного доказательства, не приближает, а уводит его от истины, являющейся смыслом науки. Такую же роль играют и ложные аргументы.

Заслуживают внимания, чтобы быть отмеченными, широко известные законы логики:

1. Закон тождества. Всякое утверждение формулируется точно, однозначно и не может подменяться в процессе спора другим утверждением.

2. Закон исключения третьего. Истинно либо утверждение, либо отрицание — третьего не дано.

3. Закон противоречия. Две противоположные мысли об одном и том же предмете в одном и том же отношении в одно и то же время истинными не могут быть.

4. Закон достаточного основания. Всякое правильное в утверждении обоснованно, т. е. должно быть приведено достаточно оснований для доказательства достоверности утверждения.

Примером жесткого логического «мышления» являются вычислительные машины. Здесь безраздельно господствует логика, проводя решение по заложенной программе от одной надежной ступеньки к другой, не перескакивая через некоторые, а то и через целые лестничные марши, как это позволяет себе нешаблонное, в частности — эвристическое мышление. Однако кто возьмется укорять ЭВМ, что она «мыслит шаблонно»? И кто возьмется предугадать ситуацию, которая гипотетически могла бы возникнуть в мире, если бы эти машины «решили» поупражняться в творчестве? Не это ли имел в виду основатель кибернетики Н. Винер, говоря, что «вычислительная машина ценна лишь настолько, насколько ценен использующий ее человек».

И все же, всесильна ли всесильная логика? Почему мы не восстаем против широко используемого понятия «своя логика» (у него своя логика)? Почему мы делим логику на «женскую» и «мужскую»? Почему даже математика, которую никак нельзя упрекнуть в пренебрежении логикой, использует для поиска своих решений не только традиционные, классические методы (операций, типовые алгоритмы), но и такие, как метод Монте Карло, случайные процессы и др.?

Логика — это плавный непрерывный процесс без скачков и разрывов. Не так ли? А как же с помощью логики объяснить диалектический скачок — переход количества в качество? Нет же динамической логики!

Выходит, есть ситуация, где «своя логика» ведет к лучшим решениям. Впрочем, эти и другие парадоксы логики мы вместе с де Боно и другими авторами обсуждали в предыдущем разделе. По-видимому, истина лежит где-то посередине между привлекательными **идеями** нешаблонного мышления и жесткими правилами логики.

3.5.5. Что может ЭВМ?

Нередко можно услышать безапелляционное заявление: решение получено на ЭВМ, значит никаких сомнений в его эффективности быть не может. **ЭВМ** — бог, которому надо только поклоняться. Такая безосновательная фетишизация ЭВМ вредна. Действительно,

формализованную часть алгоритма принятия решения (т.е. целенаправленный перебор вариантов) ЭВМ, как чудесный помощник человека, может выполнять наилучшим образом: многократно расширенная область и количество перебираемых вариантов, быстрдействие ЭВМ позволяют выбрать лучшие из них.

Но ведь основная часть алгоритма системного подхода к принятию решения остается неформализованной, выполняется человеком до применения ЭВМ и строго ограничивает роль ЭВМ постановкой задачи, моделью, целью, критерием и т. д. Только при таком сознательном понимании роли ЭВМ человек может ее эффективно использовать.

Известно, какие качественные сдвиги дало применение ЭВМ в задачах механики и других областях науки, техники и повседневной жизни. Однако здесь (как кезде) не следует переходить черту здравого смысла. Стремление (и даже понукание) к «100% ЭВМ» превращается в моду.

Использование ЭВМ должно базироваться на высокой культуре, основанной на знании теории и методов того предмета, к которому их собираются приложить. Неглубокое знание этих основ ведет в ряде случаев к использованию ЭВМ как «черного ящика», в результате чего пользователь не может проверить и оценить получаемые результаты, слепо верит в них. Создается ложная ситуация достоверности результата там, где ее нет.

ЭВМ позволяет провести численный эксперимент для данной математической модели физического явления.

Но ЭВМ не может породить новую, качественно отличную модель, гипотезы, ограничения, инверсионную постановку задачи — в этом ее ограниченность.

ЭВМ не должна приводить к соблазну понижать роль физического эксперимента.

С позиций, высказанных выше, по-видимому, наиболее близок к истине будет тот, кто будет использовать ЭВМ по ее непосредственному назначению, а именно: как инструмент.

3.5.6. Заметки о математическом подходе к принятию решений

Лишь несколько десятилетий назад искусство принятия решений, которое базировалось на опыте, интуиции и здравом смысле, в некоторой мере стало превращаться в точную математическую науку. Сейчас проблемы принятия решений изучаются специалистами в области системного анализа, исследования операций и управления; используются многомерная теория полезности как самостоятельная научная дисциплина, методы многокритериальных задач принятия решений, методы оптимизации. Важным этапом развития проблемы явились системы диалоговой оптимизации с широким использованием ЭВМ и устройств отображения данных (дисплеев и т. д.).

Таблица 2

Схема анализа принятия решений

Шаг (этап)	Цель
Предварительный анализ	Определить проблему (поставить задачу) и возможные альтернативы действия, сформулировать цели и критерии (часто могут быть противоречивыми)
Структурный анализ	Провести качественное структурное разделение проблемы. Что можно сделать сейчас же? Что можно отложить? Какую информацию можно получить в ходе решения (непосредственно или путем специальных мер) и на ее основе корректировать дальнейший путь решения?
Анализ неопределенности	Определить (назначить) значения вероятности событий (ветвей, которые начинаются в вершинах - случаях), используя предыдущий опыт, субъективные оценки. Сделать проверку внутренней согласованности принятых значений вероятности событий.
Анализ полезности или ценности	Установить численные значения полезности последствий (результатов) для каждого пути решения (затраты и приобретения), т.е. ранжировать различные последствия с точки зрения предпочтения человека, принимающего решения
Процедуры оптимизации (аналитические действия, применение ЭВМ)	На основе вычислений (значения вероятности и полезности) определить оптимальную альтернативу, максимизирующую полезность функции ценности (полезности достоинств). Для этого использовать, например, методы динамического программирования

При диалоговой оптимизации в ходе решения может осуществляться корректировка целевых функций и ограничений, установленных вначале на основе дополнительной информации, вводимой лицом, принимающим решение. Для этого надо уметь формализовать проблему. Проблема принятия решений во многих случаях поддается формализации, схема которой приведена в табл. 2 [30]. Для этого необходимо преодолеть ряд трудностей объективных и субъективных как в функционально-структурном анализе проблемы, так и в оценке неопределенности (вероятности событий) и полезности последствий.

Укажем на главенствующую роль человека на всех стадиях процесса, особенно до его формализации, а также на то, что построение функции полезности в такой же степени искусство, как и наука, и поэтому

невозможно составить единый свод правил, который обязательно приводил бы к построению функции полезности [30].

Отметим еще один математический подход к задачам принятия решений, основанный на том, что вместо целевой функции задается отношение предпочтения на множестве возможных результатов. Этот особый способ формализации цели связан с введением такой целевой функции, которая каждый возможный подход оценивает численно. Например, качество труда научного работника нельзя охарактеризовать числом опубликованных статей, а эффективность работы преподавателя — процентом успеваемости его учеников.

Чем сложнее система, тем менее она допускает возможность адекватного, точного своего количественного описания (проявление принципа «несовместимости»).

Для формального описания цели используются лишь «указания» — какие результаты лучше, а какие — хуже, т. е. «отношение предпочтения», о котором упоминалось вначале. Такой подход можно рассматривать лишь в качестве определенного этапа на пути к решению задачи.

3.5.7. Нейросетевые технологии принятия решений

Наш мир всё активнее наполняется развивающимися интеллектуальными системами, нейрокомпьютерами, нейроподобными системами. Успешно развивается нейроинформатика и её различные приложения от нейроинформатики до различных применений нейросетей в технике и технологиях, в финансовых и медицинских проблемах, в распознавании образов, диагностике, прогнозировании и многих других задачах.

Привлекают новые большие возможности распараллеливания процессов, увеличения быстродействия, прямой связи между входными и выходными параметрами, умение нейросетей обучаться и доучиваться в процессе функционирования, реально отражать меняющиеся свойства обслуживаемого нейросетью объекта в течение его эксплуатации и др.

Остановимся на некоторых особенностях нейросетевой методологии, относящейся к принятию решений.

1. Учить на примерах

Мы успели привыкнуть к тому, что программирование в современных компьютерах осуществляется на основе формализованных алгоритмов. В то же время большинство задач, явлений, процессов не поддаются традиционной формализации. Их можно охарактеризовать набором примеров ("задачник"), среди множества которых в неявном виде проявляются закономерные свойства, т.е. достаточно полный набор примеров является специфическим описанием явления, включающим постановку задачи с

входными параметрами, правила и закономерности, промежуточные действия и, наконец, результаты (выходные параметры).

Такой полный набор примеров можно рассматривать как некоторую систему для данного явления, т.е. выделить в этой системе набор элементов с соответствующими связями и проследить, как протекает процесс поступления входных данных, их преобразование и передача к следующим элементам системы и, наконец, выдача выходных параметров. В соответствии с этим пониманием системы можно построить соответствующую архитектуру нейросетевой системы, где роль элементов исполняют нейроны (сумматоры и преобразователи поступающей информации) и связи между ними - синапсы (передающие информацию от одних нейронов другим). Затем можно "обучить" данную систему с соответствующей точностью решения.

В итоге получим аппроксимационную модель явления, которая реагирует на входные параметры выдачей соответствующих выходных решений с определённой точностью.

2. Образное (физическое) представление нейросети

Пусть имеется ряд сосудов на **разных** этажах, соединённых между собой сетью трубопроводов **разного** диаметра. Сосуды верхнего этажа имеют **входные** воронки, а сосуды нижнего этажа - **выходные**. Во входные воронки верхних сосудов поступает жидкость (информация), имеющая разнообразные **известные** параметры - консистенцию (например, в одну воронку поступает вода, в другую - спирт, смесь и т.п.), далее эта жидкость, проходя через сеть трубопроводов, поступает в сосуды нижележащих уровней, в которых она смешивается и преобразует свои параметры так, чтобы, выливаясь из выходных воронок нижнего этажа, она имела новые (желаемые) параметры.

Таким образом достигается преобразование входных данных в выходные. Чтобы данное преобразование происходило с желаемыми результатами, т.е. был налажен технологический процесс, необходимо выбрать структуру (число и расположение сосудов) и подобрать необходимые диаметры трубопроводов (связи между сосудами). Понятно, что через трубы с большими диаметрами жидкости прольётся больше, чем с малыми, т.е. сопротивление трубы определяется её диаметром. Отметим, что на сопротивление прохождению жидкости может оказывать влияние длина трубы, если жидкость не идеальная и давление в ней. Однако для понимания сути вопроса это уже не принципиально, поэтому здесь не учитывается. Подбор диаметров труб происходит на основе "обучения" системы по "задачнику".

Важно отметить, что здесь процесс преобразования имеет **односторонний** характер ("сверху - вниз") и **не замыкается**. Замкнутые и многоцикловые системы - этот более сложный тип преобразования,

требующий отдельного рассмотрения. Здесь могут быть использованы разные фильтры, ускорители и другие устройства.

Возможен другой пример нейросетевого устройства в виде электросистемы, элементы которой связаны между собой различными сопротивлениями (связями).

Эти примеры показывают возможность создания нейросети на **аналоговой** основе, природа которой может быть различна (электро-, гидро-, пневмо-, оптоволоконная и др.). Математические модели и другие образы позволяют использовать **цифровые** устройства.

Данные примеры показывают, что многие технологические процессы (антропогенные и природные) функционируют как нейроподобные. Эти примеры искусственно созданной нейросети иллюстрируют "новизну" современной идеи нейросетей (новое -давно забытое старое) и ассоциативную модель их работы.

Таким образом, приходим к выводу, что идеи функционирования нейроподобных сетей в математике и технике давно используются.

Нынешний этап развития теории нейросетей (нейроинформатика) представляет некоторый обобщающий современный этап развития теории преобразования информатики и её приложений, выделившийся в отдельную науку.

3. Об обучении нейросети

Под обучением будем понимать процесс, результатом которого является приобретённая способность системы реагировать (откликаться) желаемым образом (по возможности оптимальным) на внешние воздействия, т.е. связать "входы" с желаемыми "выходами", причём наиболее прямым, коротким путём.

Разработаны различные алгоритмы обучения нейросетей, представленные в ряде компьютерных программ. Смысл обучения состоит в подборе синапсов (в приведённом выше примере - это диаметры трубочек, соединяющих сосуды). Условием их подбора является требование минимального отклонения "выходов" от желаемых результатов. Строится, например, вариационный функционал с требованием минимальной квадратичной оценки отклонения, реализующейся в некотором итерационном процессе. Таким образом, создается программа, связывающая "входы" с желаемыми выходами. Обучение строится на использовании "входов" и "выходов" "задачника". Часть примеров берётся в качестве проверочных тестов обученной программы.

Обученные нейросети позволяют решать такие задачи, как: распознавание образов световой, акустической, графической и другой природы, обобщать, диагностировать, прогнозировать, управлять процессами. Способность к обучению является одним из важнейших свойств интеллектуальных систем.

Заметим, что качество обучения в первую очередь зависит от содержательности "задачника". На это важнейшее обстоятельство, не поддающееся формализации, часто не обращается достаточного внимания.

В заключение отметим, что нейроинформатика и её приложения получают всё большие применения в математике (нейроматематика), в различных областях техники, в экономических, финансовых, медицинских, образовательных и других проблемах.

3.5.8. Эвристика как наука о творческом мышлении

Рождение эвристики связано с именем Архимеда. По преданию, лежа в ванне, он размышлял о том, есть ли примесь серебра в золотой короне? Чувствуя выталкивающую силу воды, Архимед с возгласом «Эврика» выскочил из ванны и побежал за короной, чтобы взвесить ее в воде. Остальное, как теперь говорят, было делом техники.

Эвристический метод часто рассматривается как то, что сокращает перебор различных вариантов решений в «лабиринте» поиска, т.е. несет как бы сокращающую функцию. Вместо последовательного систематического перебора вариантов, используемого для решения типичных задач, в нестандартных ситуациях используют эвристические нешаблонные оригинальные процедуры. Среди них имеются так называемые догадки— «ага-решения», когда решение еще не сформулировано, но способ его схвачен. Это и есть эвристика. Над проблемой можно работать годы, но идея может возникнуть мгновенно как результат озарения. Постепенно с накоплением такого опыта решений складывается у изобретателя свой собственный набор эвристических приемов. Их обобщение может сложиться в методику решения некоторых задач.

Д. Пойа в [40] формулирует общие правила, лежащие в основе поиска решений математических задач. «Сначала нужно понять задачу. Для этого полезно сделать чертеж, ввести подходящие обозначения, внимательно изучить условия и требования задачи, разделить условия на части. Затем следует составить план решения, найти связь между данными и неизвестными...»

А.И. Половинкин в [17] предлагает «Обобщенный эвристический метод», который состоит из шести этапов, включающих в сумме 73 процедуры.

Отличительной особенностью этого метода является систематическое использование специальных информационных массивов:

М1 — фонд физико-технических эффектов;

М2 — информационный фонд технических решений (ТР);

М3 — фонд ТР на уровне лучших технических образцов;

М4 — информационный фонд перспективных материалов и конструктивных элементов;

М5 — информационный фонд технологических процессов;
М6 — фонд эвристических приемов;
М7 — информационный фонд ТР ведущего класса ТО;
М8 — методы оценки и выбора вариантов ТО. Упомянутый обобщенный алгоритм в полном и усеченном видах используется автором [17] для практических и учебных целей.

3.5.9. Инверсология как способ интенсификации мыслительного процесса

Здесь речь пойдет об особом типе мышления с избирательно-динамичным и многоплановым проявлением умственной деятельности, которое позволяет осмысливать объект не только с общепризнанных, но и с самых необычных позиций, вплоть до совершенно антиподной ориентации анализа по сравнению с исходным направлением.

Инверсология [31] (от латинского слова *inverso*, что означает переворачивание, перестановка) — прямое продолжение диалектического мышления и прежде всего такой его категории, как «отрицание отрицания». Рассматривая инверсию как относительно простой, но весьма мощный метод возникновения новых взглядов на решаемые в науке и технике задачи, Дж. Джонсон [28] характеризует его следующим образом: «Если некоторый объект обычно рассматривают снаружи, то применение метода инверсии означает, что теперь он будет исследован изнутри. Если в рассматриваемом устройстве некоторая деталь всегда располагалась вертикально, то инверсия означает, что ее переворачивают вверх дном, ставят в горизонтальное положение или помещают под некоторым углом. Если одна часть системы движется, а другая неподвижная, то инверсия означает, что эти части меняются местами».

«Атака проблем в лоб, — указывал крупнейший ученый в области строительной механики чл. корр. АН СССР И.М. Рабинович, — не всегда целесообразна: трудную задачу иногда выгодно повернуть другой стороной или даже вывернуть наизнанку».

В инверсологии выделяется четыре операционных уровня конструктивно-технических преобразований: сочленение (сочлетворение), совмещение (совметворение), замещение (замотворение) и обращение (самотворение).

На первом уровне — сочленении — различные конструктивные элементы лишь поверхностно соединяются без существенного изменения их внутренних связей; на втором этапе — совмещении — происходят глубокие изменения (перераспределения) внутренних связей в системе элементов; на третьем уровне — замещении — осуществляется «перестановка» структурных частей системы за пределы исходной конструкции; на

четвертом этапе — обращении — исходный объект принимает существенно новое полезное назначение.

Инверсология глубоко опирается на межпредметные связи, способствует активизации творческого мышления, воображения и фантазии, столь необходимой инженеру, вносит свой вклад в проблему соотношения ума и знаний, весьма актуальную для эффективного функционирования высшей школы.

Известен инверсионный подход адмирала русского флота С.О. Макарова. Когда в середине прошлого века появилась очень прочная, закаленная с поверхности броня корабельных корпусов, артиллеристы стали искать способы, которые дали бы возможность пробить эту броню. Начали делать снаряды из специальных сталей, очень сильно закаливая их поверхности, стремясь сделать их сверхтвердыми. Однако такие снаряды зачастую разлетались на куски при соприкосновении с броней.

Было замечено, что даже обычный снаряд может пробить толстую броню, если стрелять в нее не с закаленной твердой поверхности, а с обратной, где поверхность брони не закалена. Но ведь на корабле броня закаленной поверхностью обращена наружу, а вывернуть корабль наизнанку нельзя. Однако изощренный ум адмирала нашел способ «вывернуть», но не броню корабля, а снаряд. Он снабдил его наконечником из мягкого железа, оставив сердечник твердым. Когда такой снаряд ударялся о броню — мягкий наконечник расплющивался и как бы (а теперь известно, что и на самом деле) приваривался к закаленной поверхности, которая оказывалась в действительности как бы вывернутой мягкой стороной наружу. Твердый сердечник, двигаясь по инерции, легко пробивал броню.

Прекрасным примером инверсионности мышления в строительной науке и практике явились предварительно напряженные конструкции, в которых до нагружения в растянутых зонах создается сжимающее напряжение, т.е. создается обратное напряженное состояние, резко повышающее эффективность напряженно-деформированного состояния этих конструкций.

Оригинальный инверсионный приём применил в 1931-32 гг. известный инженер-учёный Владимир Петрович Шухов для выпрямления высокого минарета знаменитого астронома Улугбека (XV век) в Самарканде, получившего в результате землетрясения довольно значительный крен, который в дальнейшем всё увеличивался. В ряде проектов предлагалось **поднять** просевшую сторону. Шухов же предложил совершенно неожиданное решение: не поднимать, а, наоборот, опустить другой край фундамента.

Во-первых, для этого не потребовалось никаких подъёмных устройств, т.к. опускание осуществилось под действием собственного веса минарета. Во-вторых, Шухов придумал и изготовил такое рычажно-эксцентричное

устройство, которое при опускании минарета способствовало перемещению его центра тяжести по горизонтали. Это обеспечило сохранность не только самого минарета, его кладки, но и его исторически драгоценной облицовки. При выпрямлении не появилось никаких трещин. Такова сила и оригинальность творческого подхода выдающегося инженера.

3.5.10. Мозговой штурм

Этот наиболее известный и широко применяемый метод генерирования новых идей появился в США в 1957 г. Идея его состоит в творческом сотрудничестве группы специалистов, которые, являясь как бы единым мозгом, пытаются штурмом овладеть проблемой. В процессе такого штурма участники выдвигают и развивают собственные идеи, идеи своих коллег, используя одни идеи для развития других, комбинируя их.

Чтобы обеспечить наибольший эффект, мозговой штурм должен проводиться по определенным правилам. В частности, штурм должен проводиться при строгом разделении времени на процесс выдвижения идей и на процесс их оценки. Собственно «штурмом» может быть назван только первый этап. На этом этапе запрещается обсуждать (критиковать) выдвинутые идеи, т.к. справедливо считается, что критические замечания уводят к частностям, прерывают творческий процесс, мешают выдвижению идей.

Особенностью мозгового штурма, делающей его эффективным средством генерации идей, является возникающая «цепная реакция», в результате которой участники развивают идеи друг друга, ищут в них рациональное зерно, что приводит к появлению все новых и новых идей. Именно поэтому участники штурма должны не только воздерживаться от критики друг друга, а всячески поощрять проявление творческой инициативы.

После выдвижения идей на второй стадии следует тщательно обсудить их, дать им объективную оценку с позиций возможности реализации, эффективности и др. и, в конечном счете, выбрать лучшую.

Существует несколько модификаций мозгового штурма: индивидуальный, массовый, письменный, двойной и обратный.

Тема: Пример мозгового штурма по теме: «Улучшение экологической обстановки в Красноярске».

Кроме предложений по устранению причин, порождающих экологический вред внесено несколько оригинальных предложений:

1. Использовать естественную «розу» ветров вдоль Енисея (естественную трубу).
2. Установить на Покровской горе мощную вытяжную установку, ликвидирующую смог над низиной города.

3. В качестве воздухопроводов использовать проходные железобетонные каналы, в которых прокладываются различные трубопроводы. Функции и назначения этих каналов существенно расширяются. Могут быть предусмотрены районные компрессорные (или вентиляторные) подстанции.
4. Создать вертикальные вытяжные потоки (трубы) с загазованных мест с помощью вертолетов, аэростатов, авиадвигателей, взрывов, отводящих загазованный воздух в высокие слои атмосферы.
5. При проектировании микрорайонов «продувать» их макеты в аэрокосмических трубах. Стандартный геометрический подход архитекторов к генеральной планировке микрорайонов и городских кварталов должен быть соединен с физическим моделированием. Тогда не будет смоговых ям во дворах, снежных заносов и бешеных сквозняков в проходах.
6. Создание службы регулирования (разрешения и запретов) деятельностью вредной промышленности города и автотранспорта в зависимости от погодных условий.
7. Создание локальных (для отдельных домов или группы домов) воздухоочистительных устройств с соответствующим конденционированием его параметров, в том числе ионизацией. Соединение этой системы с медицинскими рекомендациями по Путько, т.е. создать систему централизованного искусственного воздухообеспечения домов в загазованных районах.
8. Подобная система баллонного снабжения газовых плит в домах организовать доставку чистого кондиционированного воздуха в квартиры в соответствующих контейнерах.
9. Закрытые подъезды в 9-12 этажных домах могут служить воздухоотводами для доставки в квартиры очищенного свежего воздуха от централизованных домовых установок: «Откройте двери квартир для чистого воздуха в указанные часы» - такие объявления ЖКХ вполне реально. Для этого, конечно, необходима определенная культура эксплуатации.
10. Где взять деньги? Штрафовать вредные экологические предприятия, автотранспорт!
11. Принять меры по сокращению теплопотерь в городском хозяйстве, чтобы можно было ликвидировать одну из ТЭЦ как мощный источник загрязнения.
12. Вот сколько родилось интересных идей на мозговом штурме!

3.5.11. Конференция идей

Конференция идей — одна из разновидностей коллективного творчества. От мозгового штурма она отличается прежде всего темпом проведения и проводится в виде совещания по выдвижению идей с допущением доброжелательной критики в форме реплик, комментариев и т.п. Считается, что критика может даже повысить ценность выдвинутых идей. Все выдвинутые идеи фиксируются в протоколе без указания авторов. Здесь заключается тот существенный смысл, что результаты конференции идей являются как бы коллективным трудом.

К участию в конференции идей привлекаются как руководители, так и рядовые сотрудники как постоянно имеющие дело с проблемой, так и новички, часто выдвигающие свежие идеи, поскольку на них не давят традиции.

Имеется серьезный смысл в правиле, которое устанавливает, что первыми на конференции должны выступать младшие сотрудники, ибо если первым выступил старший, то его авторитет так или иначе будет «давить» на младших, сковывая их творческие способности. Руководитель, желающий полнее использовать потенциал своих подчиненных, должен избегать соблазна выдвигать свои идеи первым.

Не следует, однако, приглашать на конференцию скептически настроенных в отношении решения данной проблемы, а равно и специалистов, которые «больше всех» знают и для которых все это — «пройденный этап».

Необходимо понимать и правильно использовать ситуацию, которая называется проблемой «протоптаных дорожек». «Камень преткновения» можно обнести стеной, а можно и попросту обойти или убрать с дороги.

В ходе конференции идей прекрасным качеством является фантазия. В отношении этой прекрасной способности человека нужно исходить из того, что чересчур резвые крылья всегда можно подрезать. Это нетрудно. Зато маленькие — не удержат в воздухе. Среди двадцати вариантов скорее найдется более пригодный, чем среди двух. Следует также отчетливо понимать, что один «вариант» вообще исключает поиск, а значит и оптимизацию решения.

Известны описанные в [32, 81] некоторые разновидности конференций идей, например «дискуссия 66» и «метод 635».

3.5.12. Деловые игры

Деловые игры представляют собой метод имитации принятия управленческих и других решений в различных ситуациях (производственных и непроизводственных) путем игры по заданным правилам группы людей или человека с ЭВМ. Проигрывается множество ситуаций как бы произвольных. В действительности же в силу специфически

дискуссионных приемов, плодотворность которых отмечали еще древние («истина рождается в споре»), возникает ряд альтернативных решений.

Деловые игры могут проводиться как по заранее разработанным сценариям, предопределяющим их целевую направленность и заранее оговаривающим действующие ограничения (социальные, региональные, ведомственные и др.), критерии или их группы и т. п., так и в «свободном полете», не задающем никаких правил, кроме требования достижения цели. Деловые игры завоевывают все большее признание как активный метод обучения и поиска решений в условиях, близких к реальным.

Поскольку в реальной действительности основой всякого развития являются противоречия, то в деловой игре только конфликт, соперничество, предопределение неопределенности могут придать действиям участников активный характер, сделать игру по-настоящему эффективной. Таким образом, успех игры — наличие конфликта как противоречия. Здесь проявляется системный интерес участников целого коллектива.

Деловая игра проводится по заранее разработанному сценарию, в котором каждому участнику определена его роль. В сценарий полезно вводить всевозможные критические ситуации и «узкие места» (например: задержки в комплектации необходимыми изделиями и материалами, выход из строя оборудования, дефицит рабочей силы и др.).

В основе игры, как правило, лежит модель объекта, в которую могут включаться помимо неформализованной также и формализованная часть. В последнем случае очень эффективным оказывается использование ЭВМ.

В работе [29] представлен широкий спектр деловых игр, главным образом, из области строительной механики и инженерного обучения. Указывается на наличие стандартных и нестандартных задач. В стандартной задаче задано достаточное количество данных (более того — не задаются лишние) и у решающего при этом воспитывается психологический рефлекс на то, что если не все данные использованы, то задача решена неверно. В таких задачах не вырабатывается умение отбрасывать несущественные факторы и избыточные данные.

Нестандартная задача — наоборот, не определяется жестко заданным количеством исходных данных, а оперирует в условиях недостатка (или избытка) информации, часто противоречивой (например: необходимость создания легкой и прочной конструкции в условиях жесткой экономии материала).

Если стандартная задача направлена на обучение методам принятия решений в условиях стереотипного мышления (все дано, известно что надо достичь, определить. Решай!), то нестандартные (поисковые) задачи связаны с выбором уже самой ее постановки (цели, исходных данных и др.). В этом смысле стандартные задачи могут быть названы «тактическими», а нестандартные — «стратегическими». Стратегические задачи, как правило,

не формализуются, в отличие от тактических, в большей части формализованных.

Естественно, что задача в начале должна решаться на стратегическом уровне, а затем развиваться на тактическом.

В качестве стратегических задач, сценариев и планов деловых игр в [29] приведены, в частности, следующие:

1. Основные этапы развития плоских несущих конструкций.
2. Развитие пространственных конструкций.
3. Об исторической ошибке по применению большепролетных сборных гипаров.

В качестве тактических — деловые игры на следующие темы:

1. Всегда ли целесообразно усиливать конструкции.
2. Анализ аварийной ситуации, вызванной не предусмотренным проектом ожесточением связей между смежными фермами.
3. Есть ли рациональный смысл в ослаблении (удалении) связей, в конструкциях.
4. Оценка относительности полученного результата в рамках допустимости теории, метода, гипотез, области применения.
5. Оценка влияния малых величин (пренебречь?, учесть?).
6. Оценка результатов эксперимента: что наблюдаем, как объясняем.

Разработаны деловые игры для преподавателей строительной механики и теории упругости по приему учебных расчетно-проектировочных заданий, а также:

- поиск ошибок, допущенных в численных расчетах конструкций;
- поиск конструктивных решений на основе бионики, в частности: как построить самый высокий дом, на каких знаниях основывалось строительство старинных каменных куполов и др. Интересен круг вопросов, затронутых в 4-й части [29] в разработке деловых игр для изобретателей и аспирантов:

- обоснование выбора темы диссертационной работы;
- эффективные строительные конструкции, в частности — сталежелезобетонные;
- учись изобретать технические системы (алгоритм Альтшуллера).

В заключение этого раздела следует указать на то, что деловые игры являются уникальным методом обучения, поскольку господствующие в системе подготовки и переподготовки специалистов методы ориентированы в основном на передачу обучаемым «готовых» знаний из своей «ямы». В то же время этот метод исключительно эффективен в области управления с проигрыванием многочисленных вариантов и выявлением оптимального.

3.5.13. Методы экспертных оценок

Сущность этих методов состоит в использовании опыта работы, эрудиции и интуиции высококвалифицированных специалистов, способных находить решения в условиях трудно формализуемых ситуаций и недостаточной информации. Методы экспертных оценок позволяют квалифицировать (количественно выразить) качественные характеристики изучаемого объекта. При этом реализуются возможности системного подхода, поскольку интегрально используется информация, которой владеет группа экспертов.

Применяются специально разработанные процедуры получения обобщенного суждения экспертной группы, оценки достоверности полученных результатов. Вместе с тем нужно иметь в виду, что результаты групповой экспертизы (так называют метод экспертной оценки) не следует абсолютизировать, ибо они получены в условиях неполной информации, субъективны в своей основе. Именно поэтому их следует рассматривать лишь как вспомогательный материал при принятии решений. Наиболее широко используются три метода:

Метод рангов. Множество объектов выстраиваются «в ряд», в котором каждый из них определяет свое значение в соответствии с номером в ряду. Так, наиболее значимый объект получает 1-й ранг и т.д.

Метод балльных оценок. Для ряда объектов определяются коэффициенты весомости, как правило, в долях единицы (или процентах) таким образом, чтобы сумма баллов рассматриваемых объектов была равна единице (100%).

Метод Дельфи. В основе этого метода лежит попытка уйти от главных недостатков работы с экспертами. Так, если опрашивать экспертов независимо друг от друга, то возможны отклонения в очень больших пределах. Если же позволить экспертам взаимодействовать, обмениваться оценками, то это может привести к появлению оценок, навязанных авторитетом коллег. Метод Дельфи позволяет исключать как первый, так и второй недостатки. Его сущность состоит в осуществлении процедуры взаимодействия экспертов без их непосредственного контакта друг с другом. Прямые дискуссии заменяются индивидуальными опросами, осуществляемыми по определенной программе в несколько этапов. При использовании этого метода появляется возможность привлекать к работе экспертов, компетентных не по всей проблеме, а по ее различным составляющим.

3.6. Методы направленного поиска решения инженерных задач

3.6.1. Теория и алгоритм решения изобретательских задач (ТРИЗ и АРИЗ) Г.С. Альтшуллера

Эти приемы разработаны известным изобретателем Г.С. Альтшуллером [21—23]. В основе ТРИЗ лежит представление о закономерном развитии технических систем (см. гл. 2), а также патентный фонд, содержащий описание многих миллионов изобретений, справочный фонд физических эффектов и явлений. На базе ТРИЗ создан ряд алгоритмов решения изобретательских задач АРИЗ-77 и АРИЗ-85 как альтернатива малоэффективному и неперспективному старому способу «проб и ошибок» и другим методам.

ТРИЗ (теория решения изобретательских задач) является в настоящее время единственной методологией поиска новых решений, дающей стабильные положительные результаты, доступной для массового изучения и использования в производственных условиях. Так считают многие сторонники и последователи Г.С. Альтшуллера, разработавшие «изобретающую машину».

Теоретическим фундаментом ТРИЗ, наряду с законами развития технических систем, является анализ и обработка больших массивов патентной информации. В качестве ключевых понятий в ТРИЗ выступают:

— изобретательская ситуация (описание технической системы с указанием на тот либо иной недостаток);

— техническое противоречие. Это понятие основывается на том, что поскольку техническая система представляет собой целостный «организм» (систему), то попытки улучшения одной ее части (функции, свойства) приводят к неминуемому ухудшению других частей.

Решить изобретательскую задачу — значит выявить и устранить техническое противоречие.

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) — пример применения материалистической диалектики и системного подхода к процессу технического творчества. Методика основана на учении о технических противоречиях (ТРИЗ). «Процесс решения — это последовательность операций по выявлению, уточнению и преодолению технического противоречия. Последовательность, направленность и активизация мышления достигаются при этом ориентировкой на идеальный конечный результат (ИКР), т.е. идеальное решение, способ, устройство» [51].

АРИЗ выступает в качестве эффективного орудия борьбы с психологической инерцией, которая паразитически сильна. Источниками психологической инерции часто являются старая техническая терминология и пространственно-временное представление объекта, т. е. сложившийся стереотип.

Для каждого этапа (части) в АРИЗ разработаны определенные правила и вопросы, которыми необходимо руководствоваться. Методология Г.С. Альтшуллера является яркой конкретизацией системного подхода.

В соответствии с [20] АРИЗ-85 включает следующие этапы и подэтапы:

Часть 1. Анализ задачи. Основная цель — переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четкой прямой схеме (модели) задачи.

Часть 2. Анализ модели задачи — учет имеющихся ресурсов, которые можно использовать при решении задачи.

Часть 3. Определение идеального решения и физического противоречия, мешающего достижению идеального решения.

Часть 4. Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов.

Часть 5. Применение информационного фонда.

Часть 6. Изменение или замена задачи.

Часть 7. Анализ способа устранения физического противоречия.

Часть 8. Применение полученного метода.

Часть 9. Анализ хода решения. (Содержание всех этапов подробно описано в АРИЗ-85).

3.6.2. Синектика

В основу синектики¹ положен мозговой штурм, отличающийся от обычного тем, что здесь используются постоянные группы, составленные из специалистов разных профессий. Рекомендуются, чтобы члены синектической группы (кроме руководителя) перед началом работы не знали сути рассматриваемой проблемы, что позволяет им абстрагироваться от привычного стереотипа мышления, успешнее преодолевать психологическую инерцию мышления. Ибо, как считают авторы метода, умственная деятельность человека более продуктивна в новой, незнакомой ему обстановке. В синектике используются четыре вида аналогий:

— прямая, предусматривающая сравнение совершенствуемого объекта с более или менее аналогичным объектом из другой области техники или с объектом новой природы;

— личная аналогия (эмпатия), базирующаяся на том, что решающий задачу вживается в образ совершенствуемого объекта, пытаясь выявить возникающие при этом чувства, ощущения;

— символическая аналогия, базирующаяся на обобщениях и абстракциях;

— фантастическая аналогия — предусматривает введение в задачу каких-нибудь фантастических существ, выполняющих то, что требуется по условиям задачи.

¹ Синектика (греч.) - совмещение разнородных элементов

3.6.3. Метод контрольных вопросов

Метод контрольных вопросов [32, 81] позволяет с помощью наводящих вопросов подвести к решению задачи. В практике изобретательства применяются специально разработанные вопросники, например: «Контрольные вопросы для рационализации узлов», «Контрольные вопросы для рационализации деталей» и др.

Метод может применяться как в индивидуальной работе, когда исследователь сам себе задает вопросы и ищет на них ответы, так и при коллективном обсуждении проблемы. Ниже приведен широко распространенный за рубежом вопросник А. Осборна:

1. Какое новое применение объекту можно предложить?
2. На какой другой объект похож данный объект и что можно скопировать?
3. Какие возможны модификации путем вращения, изгиба, скручивания, поворота, изменения функций, цвета, формы, очертания?
4. Что можно в техническом объекте увеличить (размеры, прочность, число элементов и т. д.)?
5. Что можно в техническом объекте уменьшить (уплотнить, сжать, ускорить, сузить, разработать)?
6. Что можно в техническом объекте заменить (элемент, материал, привод и т. д.)?
7. Что можно в объекте преобразовать (схему, компоновку, порядок работы и т. д.)?
8. Что можно в объекте сделать наоборот?
9. Какие новые комбинации элементов объекта возможны?

В практике изобретательства применяются также и другие вопросники, в частности, Т.Эйлоарта, Пирсона, Буша и др.

3.6.4. Метод коллективного блокнота

Каждый участник получает блокнот, в который в общих чертах ежедневно заносит возникающие в рассматриваемой проблеме идеи, оценивает и определяет, какие из них могут обеспечить наилучшее решение задачи.

Одновременно формулируются наиболее целесообразные направления исследования на последующие этапы работы. Кроме того, в блокноте фиксируются идеи, хотя и находящиеся несколько в стороне от основной проблемы, но развитие которых может оказаться полезным для нахождения конечного решения.

Участники в конце работы сдают свои блокноты руководителю группы для систематизации материалов. Затем следует творческое обсуждение систематизированного материала всеми членами группы. Для выбора

окончательного решения используется «мозговой штурм» или иной аналогичный метод.

3.6.5. Метод поэлементной обработки объекта

Анализируемый объект делится на отдельные элементы или функции [32]. Элементы подразделяются на две группы: основные и вспомогательные. Каждый элемент рассматривается как самостоятельный объект и отрабатывается отдельно с целью максимально качественного выполнения возложенных на него функций при минимальных затратах. После обработки всех элементов производится анализ результатов проделанной работы. Каждый элемент должен обрабатываться независимо от его значимости в конструкции. При этом деталь уже не является для исследователя частью целого: каждый элемент — особая самостоятельная технико-экономическая задача и анализируется со всех точек зрения: функциональной, технологической и экономической и др.

3.6.6. Метод морфологического анализа

Метод основан на комбинаторике, т.е. на систематическом исследовании всех возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) анализируемого объекта.

Путем комбинирования получают большое число различных решений (известных и новых), некоторые из них представляют практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы [32]:

1. Точная формулировка проблемы (задачи), подлежащей решению.
 2. Раскрытие всех важнейших характеристик объекта, его параметров, от которых зависит решение проблемы.
 3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике путем составления матрицы, в каждой строке которой записывается один из вариантов того либо иного элемента.
- Чтобы не нанести ущерба «чистоте» принципа (принять предварительное решение или отдать предпочтение какому-нибудь варианту), до определенного момента не производится оценка этого либо иного варианта решения.
4. Определение функциональной ценности полученных решений. Этот этап — главный в методе. Чтобы не запутаться в огромном числе вариантов и деталей, оценка характеристик должна производиться на универсальной и возможно упрощенной основе.
 5. Выбор наиболее желательных конкретных решений.

3.6.7. Метод «матриц открытия»

Здесь, как и в морфологическом методе, исследуются все мыслимые варианты, вытекающие из закономерностей морфологии совершенствуемого объекта. Суть метода в построении таблицы, в которой пересекаются два

ряда характеристик — вертикальный и горизонтальный. Основные этапы метода «матриц открытия» следующие [32]:

1. Составление перечня элементов, свойств, объектов, факторов, идей и т. п.

2. Выработка поля анализа. Определяют проблему в наиболее общей абстрактной форме, уточняют ее, строят структуру поля (размещают характеристики выбранных элементов по рядам и столбцам таблицы).

3. В местах пересечения рядов и столбцов обнаруживают возможные комбинации (каждая ячейка таблицы представляет собой связь двух характеристик).

4. Изучение выбранных комбинаций и выбор рациональных решений.

Сам по себе метод не дает законченных технических решений. Но может служить для систематической организации имеющегося материала и определения путей дальнейших исследований.

3.6.8. Стратегия семикратного поиска

Стратегия семикратного поиска представляет собой системное многократное применение матрицы 7x7 («семь в квадрате»), таблиц и некоторых приемов. Согласно этому методу, творческий процесс расчленяется на семь стадий [32]:

1. Анализ проблемной ситуации, общественных потребностей.

2. Анализ функций аналогов и прототипов. Выявление оптимальных условий потребления и эксплуатации.

3. Постановка задачи. Формулировка задачи в общем виде и определение требуемого уровня качества объекта.

4. Генерирование изобретательских идей, направленных на лучшее выполнение объектом его функционального назначения. Выбор и использование методов поиска.

5. Конкретизация идей (структура, конструкция, форма, материал, операции и их последовательность).

6. Оценка альтернатив и выбор рациональных вариантов решения, отбор оптимального варианта.

7. Упрощение, развитие и рационализация варианта.

Прием «семи ключевых вопросов» применяется для выявления проблемы и формулирования изобретательской задачи. Отвечая на вопросы: кто? что? чем? зачем? когда? — можно получить необходимую информацию. Желательно эти вопросы комбинировать.

3.6.9. Метод функционального изобретательства

Метод функционального изобретательства предназначен для ситуаций, в которых существующие конструкции достигли предела своего развития.

Метод функционального изобретательства включает следующие основные этапы [32]:

1. Определение функций каждого конкретного элемента существующего решения.
2. Определение основной функции, по отношению к которой другие выступают в качестве вспомогательных.
3. Определение изменений основной функции, которые могут привести к совершенствованию данной конструкции.
4. Объединение результатов второго и третьего этапов для нахождения новой (измененной) основной функции.
5. Поиск альтернативных решений деления новой основной функции на вспомогательные и закрепление каждой из них за конкретным элементом конструкции.

3.6.10. Метод смещения границ

Границы нерешенной проблемы смещаются таким образом, чтобы для ее решения можно было использовать знания из смежных областей. Эта методика призвана сократить время, необходимое для получения знаний из других областей, и применить их к нерешенным проблемам, для которых в «своей» области не имеется практически осуществимых решений.

3.6.11. Кумулятивная стратегия Пейджа

Стратегия нацеливает проектировщиков на анализ и оценку проекта (оба эти процесса носят кумулятивный и конвергентный характер), стремясь уменьшить затраты некумулятивных усилий на синтез решений, которые могут оказаться непригодными [49]. Исключить необходимость разрабатывать плохие проекты, чтобы научиться создавать хорошие. Таким образом, эта стратегия преследует цель сокращения объема поиска методом проб и ошибок при проектировании зданий и других сложных искусственных объектов. Главное, что мешает ее внедрению — это обилие взаимных зависимостей между деталями проекта и принципиальными решениями. С появлением индустриальных методов строительства и с внедрением синтетических материалов количество внутренних зависимостей начало уменьшаться, и, следовательно, появляется больше возможностей для применения кумулятивной стратегии в архитектурном и строительном проектировании. Этот метод создает условия для осознанного принятия решений и может служить базой для сотрудничества проектировщиков разных специальностей уже на ранних стадиях работы над крупным проектом.

3.6.12. Стратегия системного поиска резервов

Стратегия системного поиска резервов выражает методику, обеспечивающую выявление резервов в местах их наибольшей концентрации [32]. Основана она на специально разработанных принципах: принципы совместной работы технических служб, принципы оптимальной детализации,

принципы последовательности стадий, принцип предпочтения (приоритета) и др.

3.6.13. Другие методы

В обзорах современных методов принятия решений [81, 51, 28, 17] отмечается, что в настоящее время имеется уже несколько сотен методов, что они ориентированы на различные классы задач, и их авторы не имеют общих позиций на природу инженерного творчества. Отсутствует установившаяся классификация этих методов. Например, автор [81] выделяет четыре группы методов:

1. **Методы случайного поиска** (мозгового штурма, записной книжки Хефеле, фокальных объектов, гирлянд Крика, правила Тринга и Лейтуэйта, контрольные вопросы Осборна, рекомендации и вопросы Эйлоарта, советы и вопросы Пойа, постановка новых целей, синектика, интегральный метод «Метра»).

2. **Методы функционально-структурного исследования** (морфологический ящик, матриц открытия, десятичные матрицы поиска, комбинаторики, ступенчатого подхода, функционального изобретательства, проектирования Фанге, конструирование по Байтцу, алгоритмический избирательный метод конструирования по каталогам, системное конструирование по Ханзену, методическое конструирование по Роденакеру, синтез изделий по Тьялве, конструирование по Коллеру, вепольный анализ).

3. **Методы логического поиска** (метод Бартини, АРИЗ, обобщенный эвристический алгоритм, комплексный метод поиска).

4. **Проблемно-ориентировочные методы** (фундаментальный метод проектирования Матчетта, индуцирование психоинтеллектуальной деятельности, систематической эвристики).

3.7. Что есть общего между разным?

У многих зрелых инженеров, ученых, педагогов на основе большого личного опыта вырабатывается «своя» система принятия решений. Существуют многие приемы активизации творческой деятельности, иногда коллективные, в виде мозгового штурма и др. Есть ли что-то общее между этими многообразными приемами? Нельзя ли выделить общие принципиальные положения среди этих вроде бы разных подходов?

Если бы удалось, то была бы выделена теоретическая основа для методов принятия решений. В литературе такая попытка не получала должного отражения. И, казалось бы, ее осуществление обречено на провал.

Есть ли общее между алгоритмами изобретательской деятельности Альтшуллера и Балашова, принципами Ощепкова и методами Акоффа, логикой, инверсологией, синектикой, эвристическим поиском и многими

другими формами творческого подхода и активизации мышления в проблеме принятия решения?

Ответ на эти сложные вопросы, по мнению автора, содержится в том, что общим здесь является диалектическая материалистическая позиция, системный подход как мировоззрение, как методология. Многообразие формы, структуры зависит от конкретизации условий, места и времени, поставленных функций (целей), специализации деятельности. Отсюда практический вывод: овладев системным подходом к принятию решений, читатель сможет быстрее постигнуть и выбрать для своей деятельности наиболее приемлемые методы принятия решений. В этой связи следует отметить определенную условность деления методов на общие (3.3.5) и направленного поиска (3.3.6).

Главное здесь — учиться не только правилам и приемам мышления (что бесспорно важно), но и диалектике, т.е. умению в развитии (движении) находить и преодолевать противоречия на научно-материалистической основе, руководствуясь теорией познания.

При решении конкретных задач определение цели и постановка задачи выдвигаются на принадлежащее им первое место. Цель, как уже указывалось выше, вытекает из исследования потребности и представляет собой как бы мысленно предвосхищение результата.

Ошибки при определении цели и постановке задачи чреватые весьма серьезными последствиями, ибо неправильно поставленная цель означает, что решена не та задача.

Однако, базируясь на диалектических принципах, не следует и абсолютизировать цель. Сформулированная в начале исследования цель и поставленная на ее основе задача могут подвергнуться трансформации в процессе принятия решения по целому ряду причин, в частности: неполноте и запаздыванию исходной информации, уточнению критерия, расширению видения ситуации в процессе решения задачи и др. Поэтому процесс принятия решений имеет многостадийный спирально-повторяемый характер, направленный на усовершенствование результата.

При формировании и постановке задач полезно подразделить их на стратегические и тактические. Например, при проектировании строительных конструкций к стратегическим могут быть отнесены задачи по выбору и обоснованию объемно-планировочного решения, выбору конструктивной формы и материала, а к тактическим — детальная планировка, типы узлов и соединений и другие вопросы. При переходе к рассмотрению объекта на другом уровне — тактические задачи могут переходить в стратегические.

Тем не менее, условное разделение задач на стратегические и тактические может оказаться полезным, например, при распределении сотрудников в процессе работы; так, для решения стратегических задач исполнитель должен обладать «способностью творца», в то время, как при

решении тактических — «способностью исполнителя». Однако инициатива исполнителя может существенно повлиять на стратегию. Истина достигается в гармоническом единстве стратегических и тактических начал.

Приведём примеры неудачных подходов к проблеме принятия решений.

Недавно один видный человек защищал докторскую диссертацию, в которой предлагалось решение проблемной стратегической задачи. Основное внимание в диссертации было уделено концептуальным положениям программы, методологии решения её, формализации в аналитической форме с привлечением сложного математического аппарата, использованию компьютерной техники, исходной базы данных, заполнению "белых пятен" в ней (недостающих данных) и выдаче более 200 решений. Объёмность работы, особенно её математизация, а также высокое положение диссертанта производили впечатление.

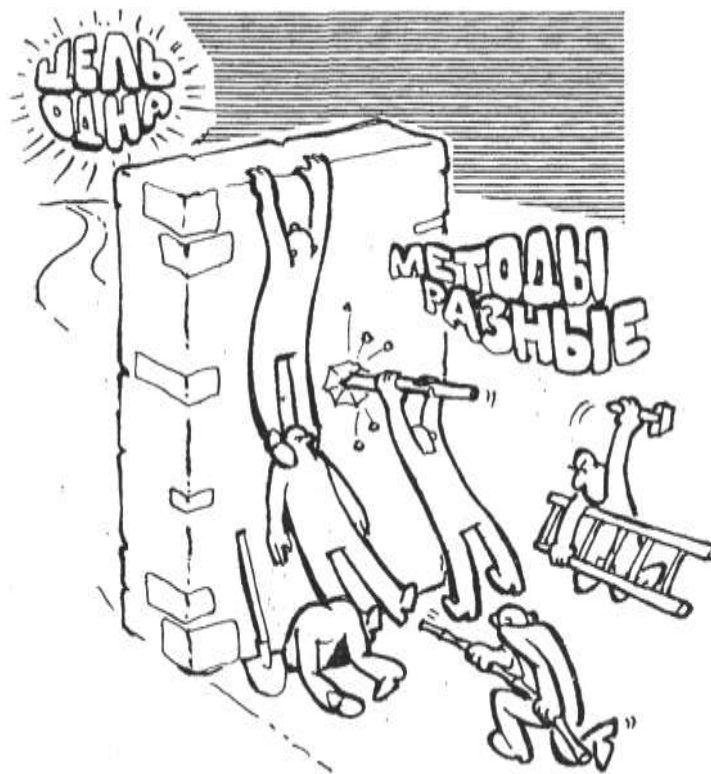
Но ... диссертант не смог ответить на вопрос: какую систему он рассматривает, обеспечена ли полнота набора элементов этой системы, какие связи существенны между элементами и т.п., так как он не использовал системный подход к рассматриваемой проблеме. Вопросы о том, какие закономерности обеспечивают функционирование данной системы, также остались без ответа. Иными словами, в триаде творчества (системный подход — законы развития — принятие решений) диссертант пренебрёг первыми двумя этапами, определяющими полноценную постановку проблемы, но рьяно взялся за её решение, облакая его в математическую оболочку. Это, к сожалению, часто встречающаяся (можно сказать, типичная) ошибка лица, ставящего проблему и принимающего решение.

Другая ошибка состояла в стремлении во что бы то ни стало использовать аналитический аппарат, хотя сам процесс развития в рассматриваемой задаче не являлся непрерывным, имел скачки и разрывы (что отражалось в "белых пятнах" базы данных). Стремление диссертанта заполнить эти "белые пятна" в исходной базе данных явилось выражением его желания во что бы то ни стало применить соответствующий аналитический аппарат, в то время как дискретные численные подходы, по-видимому, естественнее могли выразить существо процесса.

Пройдя через многие трудности и получив некоторые решения перспективного прогноза, диссертант пропустил завершающий этап принятия решения: не оценил принятое решение. Оправданием этого в его устах было очевидное отсутствие тестов на перспективу развития. Но диссертант не использовал возможность применения своей методологии к известным ретроспективным фактам для оценки и подтверждения своей методики и решений.

И, наконец, что особенно важно, диссертант не поставил задачу о применении подобной методики альтернативной стороной (условным

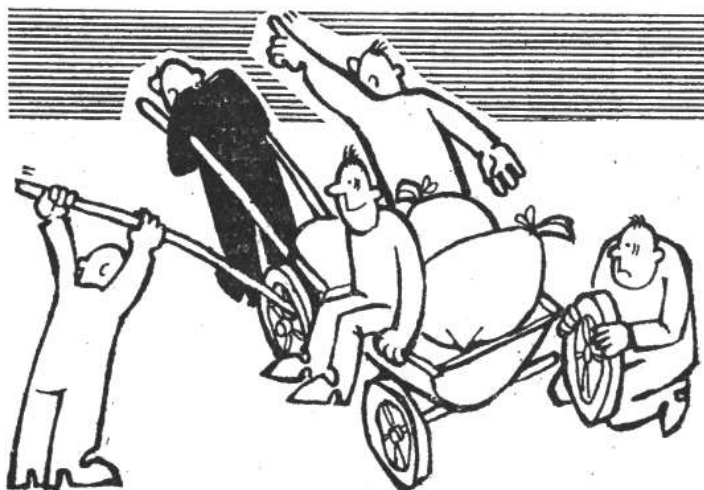
противником, как в военной игре). Именно в столкновении, в противоборстве двух сторон, принимающих решение по методологии диссертанта, можно было бы сделать некоторые завершающие оценки.



Вопросы совершенствования принятия решений, управления проектами на современном уровне с использованием новейших компьютерных средств и математических теорий продолжают интересовать и волновать специалистов. Недавно я познакомился с двумя новыми интересными книгами. В одной рассматривается компьютерная поддержка принятия решений, используются экспертные системы, методы нечёткой логики и многое другое. В другой книге рассматриваются глубинные процессы того, как управлять проектами. Однако остаёшься неудовлетворённым после знакомства с подобными книгами, ибо даже прекрасное изложение "части" не может заменить "целое". Действительно, эти книги, посвященные некоторым проблемам принятия решения, показывают, как лучше использовать инструмент (компьютер), как качественнее организовать управление. Но ведь это — лишь концевая часть творческого процесса принятия решения (управления). А головная часть процесса, включающая выбор системы, выявление законов её развития и функционирования, существенно влияющая на принятие решений и

цикличность всего процесса в целом — всё это остаётся на каком-то подсознательном уровне.

Здесь ярко проявляется необходимость использования триады: "системный подход — законы развития — принятие решений". Действительно, проект надо рассматривать как некоторую систему, развивающуюся по определённым законам. Нужно использовать системный подход, чётко определить полноту (целостность) элементов системы, связь с внешней средой и целенаправленные связи между её элементами, обеспечивающие желаемое функционирование системы. Только после этого будет верно определено место этапа принятия решения, которому посвящена книга. Если в итоге первого цикла желаемая цель не достигнута, то следует вернуться к тому, какая выбрана система, какие изменения в неё нужно внести, какие параметры сделать управляющими и т.д., т.е. перейти к последующему циклу.



Итак, в чём же состоит системный подход в процедуре принятия решения?

Прежде всего в том, что "принятие решения" является не начальным, а завершающим этапом творческого цикла, который начинается с выделения системы, определяющей проблемную ситуацию, затем продолжается в выявлении тех закономерностей, по которым развивается и функционирует данная система, и только потом наступает этап выбора метода принятия решения. Возможность выбора из многообразия методов принятия решений обеспечивается использованием функционально-структурного подхода при образовании системы. Подчиняя выбор и образование системы в первую очередь требованиям функциональности, тем самым создаём условия для рационального выбора структуры системы из возможного структурного многообразия. Именно здесь закладываются принципиальные основы для лучшего принятия решения.

ЧАСТЬ II.

СИСТЕМНЫЙ АЛГОРИТМ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Предлагается системный алгоритм творческого мышления (САТМ), основанный на триаде: системный подход – законы развития – методы принятия решений, который представляет эволюционную интеллектуальную систему. В разделе II дано описание сущности системного алгоритма и его применение в изобретательской, образовательной и научных сферах деятельности по опыту Красноярской высшей школы. Представлен вариант системного тестирования понятий и знаний. Приведены сведения об эффективности разработанного системного подхода к творческому мышлению.

Глава 1.

СУЩНОСТЬ СИСТЕМНОГО АЛГОРИТМА ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Активная творческая деятельность базируется на системном подходе, на закономерностях функционирования и эволюции систем и на многообразных методах принятия решения (см. часть I).

Целью творческого (рационального) мышления является поиск (принятие) решения некоторой проблемы, рожденной определенной потребностью, в соответствии с действующими закономерностями и условиями развития данной системы, ориентированной на достижение желаемой цели. Выделим основные этапы данного творческого поиска.

1. Прежде всего, необходимо определить систему, в рамках которой возможно решение данной проблемы. Выбор такой системы является важнейшим ключевым фактором. Ее выбор обычно осуществляется на интуитивном уровне, на некотором видении (догадке), и не поддается, как правило, формализации. Во многих задачах выбор системы содержится в наборе необходимых данных, в постановке задачи. Понятно, что неудачно или неверно выбранная система не позволит получить рациональное решение.

При построении системы необходимо убедиться в том, что она содержит полный (целостный) набор функциональных элементов, что связи между этими элементами таковы и так расставлены, что обеспечивается функционирование системы в направлении желаемого результата (цели). Отсутствие (или нарушение) хотя бы одного из этих трех факторов (полного набора элементов и правильной расстановки связей для возможного достижения цели) делает систему неполноценной, а решение проблемы невозможной (нерациональной).

Таким образом, под системой понимаем полный (целостный) набор функциональных элементов, связанных между собой так, что возможно достижение желаемой цели.

Обратим внимание на то, что здесь рассуждения ведутся на **функциональном** (а не на структурном) уровне элементов и связей. Такой функционально-структурный подход закладывает априори возможности в последствии многовариантного выбора структур, удовлетворяющих данной функциональной системе, т.е. обеспечивается на стадии принятия решения возможность выбора рациональной структуры из набора возможных структур.

Отметим, что формирование системы должно осуществляться в соответствии с объективными закономерностями развития (эволюции) систем подобного типа. Например, для технической системы – это переход от ручной к механизированной, затем к автоматизированным технологиям с использованием более совершенных материалов и источников энергии и т.п.

2. Выбранная система подвергается выявлению и анализу внутренних закономерностей функционирования системы и связей ее с внешней средой с целью **выявления противоречий** (трудностей). Необходимо выявить главные наиболее существенные противоречия, затрудняющие успешное функционирование данной системы.

3. Поиск путей и средств **преодоления выявленных противоречий** – важнейший этап мышления. Для технических систем здесь используются известные фонды физических эффектов, новые достижения науки и техники. Не исключено, что на этом этапе возможно придется внести изменения в исходную систему (например, расширить ее путем введения дополнительных элементов), а затем повторить этапы 1 и 2. На этом этапе желательно найти такую идею, которая бы в принципе успешно преодолевала выявленное основное противоречие в своей основе или содержала большой «запас эффективности», позволяющий потратить на преодоление малосущественных вопросов 10-15% этого запаса и априори гарантировать успех. Такого рода идеи автору посчастливилось осуществить, например, в изобретениях (см. раздел II):

- новых сталежелезобетонных конструкциях, синтезирующих лучшие свойства пространственных железобетонных и металлических конструкций;
- пространственных фундаментных платформах, позволяющих строить в сложных грунтовых условиях, используя свойства слабых грунтов и снижающих уровень сейсмического воздействия;
- мобильных регулируемых опор под надземные магистральные трубопроводы, объединенных с фундаментной плитой, позволяющих сохранить окружающую экологию в северных территориях и др. ;
- ряд конструкций, основанных на идее энергетического преобразования и перераспределения энергии;

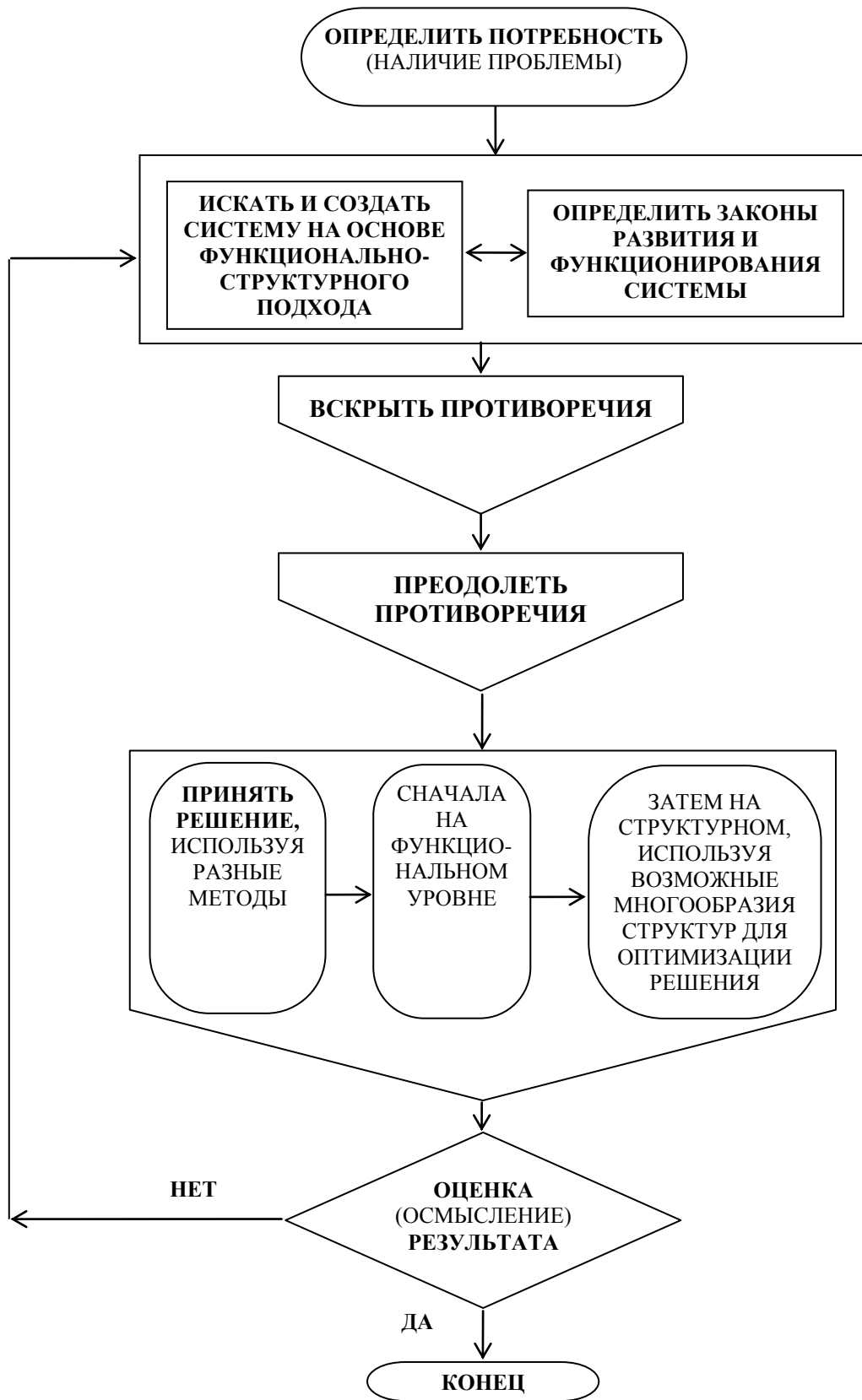


Рис.1. Системный алгоритм творческого мышления (САТМ)

4. Опираясь на принятый вариант преодоления противоречий, можно приступить к **формированию структуры, выбору ее лучшего варианта из многообразия возможных**. Здесь целесообразно использовать известные различные методы принятия решений (мозговой штурм и др.). Заметим, что некоторые из этих методов могли быть использованы и на предыдущих этапах алгоритма, например для выбора системы.

5. **Оценка принятого решения** завершает цикл творческого поиска. Необходимо не только оценить эффективность принятого решения, но и рассмотреть те проблемы, которые возникают после реализации данного решения. Известно, что решение одних проблем, порождает новые.

Процесс заканчивается, если желаемое достигнуто. Если же нет, то необходимо вернуться к этапу 1, внести изменения (часто дополнения) в исходную систему и повторить процесс на новом витке поиска.

Схема данного алгоритма приведена на рис. 1.

Глава 2.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ САТМ:

1. На первом этапе исследования потребности следует узнать, как ранее эта потребность удовлетворялась, Поэтому надо изучить старую систему: ее целостность, элементы, связи, ограничения, взаимодействие со средой, ее функциональность и наличие противоречий, неиспользованные ресурсы, выбрать и обосновать критерии оценки результата (старого и желаемого), проанализировать с позиции надсистемы (расширенной системы).

2. Для **вскрытия противоречий** целесообразно построить модель системы ее входы и выходы, выявить управляемые (изменяемые) и неуправляемые (неизменяемые) параметры, их взаимосвязи и соподчинение, продумать, нельзя ли снять ограничения или перевести некоторые неуправляемые параметры в управляемые, выявить зависимости от качества и точности входной информации, проанализировать влияние окружающей среды на систему, уточнить или изменить цели (выходы) Выяснить тенденции (законы) развития, которым подчинен данная система. Определить идеальный вариант решения.

3. Для **принятия решений** с целью вскрытия противоречий использовать разнообразные методы, в том числе логику, инверсию, эвристику и др.; информационный фонд физических эффектов: новые научные и технические достижения; осуществить поиск концепции системы: определить функциональные модули и построить функциональную схему системы: затем разработать варианты различных структурных модулей и выбрать из них более эффективную.

4. **Осмысление результата** включает оценку последствий принятого решения, возникновения новых проблем, а также возможность обобщений и расширений, постановки новой задачи с качественно новым замыслом. Этому способствует выявление причинных связей между входом и выходом, есть ли обратная связь, воздействие выхода на вход.

Примечание. Все этапы САТМ отражают объективные требования, не зависящие от субъективного человеческого фактора. Эту объективную сущность надо ясно осознавать в творческом мышлении. Влияние человеческого фактора всегда возможно и его необходимо учитывать, чтобы не допустить искажений реальности. Эти аспекты нуждаются в отдельном обсуждении. В научных исследованиях и изобретениях, отражающих объективные закономерности и факты, субъективизму нет места.

Литература к разделу I.

1. Ленин, В.И. Философские тетради / В.И. Ленин. Поли. собр. соч. Т. 29. С. 151,170.
2. Маркс, К.. Анти Дюринг/ К. Маркс, Ф. Энгельс Соч. 2-е изд. Т. 20.
3. Блауберг, И.В. Становление и сущность системного подхода. /И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. М.: Наука, 1973. 270 с.
4. Блауберг, И.В. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. / И.В. Блауберг, В.Н. Садовский, В.Н., Юдин. М.: Мир, 1969. 48 с.
5. Блауберг, И.В. Понятие целостности и его роль в научном познании./ И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. М.: Знание, 1972. 48 с.
6. Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1969. 202 с.
7. Философский словарь. Под ред. И.Т. Фролова. М.: Политиздат, 1986.656 с.
8. Уемов, А.И. Системный подход и общая теория систем. / А.И. Уемов. М.: Мысль, 1978.246 с.
9. Балашов, Е.П. Эволюционный синтез систем. / Е.П. Балашов. М.: Радио и связь, 1985.328 с.
10. Системное исследование. Ежегодник. М.: Знание, 1981. 268 с.
11. Кузьмин П.К. Принципы системности в теории и методологии К. Маркса./П.К. Кузьмин. М.: Политиздат, 1986. 399 с.
12. Самарин, В.В. Техника и общество. Социально-философские проблемы развития техники./В.В. Смирнов. М.: Мысль, 1988. 143 с.
13. Саймон, Герберт. Наука об искусственном. /Г. Саймон. М.Мир, 1972. 216с.
14. Фролов, И.Т. Итоги и перспективы исследований философских и социальных проблем науки и техники. / И.Т. Фролов. Вопросы философии, 1984, №4. С. 56—65.

15. Мелешенко, Ю.С. Техника и закономерности ее развития./Ю.С. Мелешенко. Вопросы философии, 1985. № 8. С. 16—24.
16. Половинкин, А.И. Законы строения и развития техники./А.И. Половинкин. Волгоград: Волгоградский политехн. ин-т, 1985. 202 с.
17. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества. / А.И. Половинкин. М.: Машиностроение, 1988. 322 с.
18. Злотин, Б.Л. Законы развития и прогнозирования технических систем./ Б.Л. Злотин, А.И. Зусман АИ. Методические рекомендации. Кишинев: Картя Молдовеняске, 1989, 114 с.
19. Половинкин, А.И. Методы инженерного творчества. / А.И. Половинкин Учебное пособие. Волгоград: Волгоградский политехи, ин-т, 1984. 364 с.
20. Альтшуллер, Г.С. Профессия — поиск нового. /Г.С. Альтшуллер, Б.Л. Злотин, В.И. Филатов. Кишинев: Картя Молдовеняске, 1985, 242 с.
21. Альтшуллер, Г.С. Алгоритм изобретательства. / Г.С. Альтшуллер. 2-е изд. М.: Московский рабочий, 1973. 164 с.
22. Альтшуллер, Г.С. Творчество, как точная наука. / Г.С. Альтшуллер М.: Сов. радио, 1979. 216 с.
23. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. / Г.С. Альтшуллер. Новосибирск: Наука. 1985. 196 с.
24. Белозерцев, В.И. Диалектика развития техники. / В.И. Белозерцев. М.: Знание, 1974. 142 с.
25. Акофф, Р. Искусство решения проблем./ Р. Акофф. Пер с англ. М.: Мир, 1982. 214 с.
26. Ощепков, П.К. Жизнь и мечта./ П.К. Ощепков. М.: Московский рабочий, 1978. 264 с.
27. Эдвард, де Боно. Рождение новой идеи./ Эдвард де Боно. М. Прогресс, 1976. 250 с.
28. Джонс, Дж. К. Методы проектирования. / Джонс Дж. К. Пер. с англ. 2-е изд. М.: Мир, 1986. 326 с.
29. Абовский, Н.П. Деловые игры. Принятие решений./ Н.П. Абовский. Методические указания к курсам «Строительная механика» и «Строительные конструкции». Красноярск: КИСИ, 1987. 146 с.
30. Кини, Р.П. Принятие решений при многих критериях./ Р.П. Кини. Х. Райф. М.: Радио и связь, 1981. 484 с.
31. Эсаулов А.Ф. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов./ А.Ф. Эсаулов. Научно-методическое пособие. М.: Высшая школа, 1982. 223 с.
32. Справочник по функционально-стоимостному анализу (ФСА). М.: Финансы и статистика, 1988. 431 с.
33. Методы экспертных оценок. М.: ВНИИП, 1987. 52 с.

34. Гильде, В. Нужны идеи./ В. Гильде, Д. Штарке. Пер. с нем. М.: Мир, 1980. 30 с.
35. Буш, Г. Основы эвристики для изобретателей./ Г. Буш. Рига: Знание, 1977. 268 с.
36. Буш, Г. Рождение изобретательских задач./ Г. Буш. Рига. Лиесма, 1986. 112 с.
37. Моляко, В.А. Психология конструкторской деятельности. / В.А. Моляко. М.: Машиностроение, 1983. 312 с.
38. Крик, Э. Введение в инженерное дело. / Э. Крик. М.: Энергия, 1970. 272 с.
39. Тринг, М.. Как изобретать./ М. Тринг, Лейтуэйт . М.: Мир, 1980. 164 с.
40. Пойа, Д. Как решить задачу./ Д. Пойа. М.: Учпедгиз, 1981. 216 с.
41. Повилейко, Р.П. Десятичная матрица поиска. / Р.П. Повилейко. Рига: Знание, 1978. 96 с.
42. Чапяле, Ю.М. Метод технического творчества./Ю.М. Чапяле. Вильнюс: Макскас, 1985. 112 с.
43. Ханзен, Ф. Основы общей методологии конструирования./Ф. Ханзен. Л.: Машиностроение, 1966. 314 с.
44. Пьялве, Э. Краткий курс промышленного дизайна./Э. Пьялве. М.: Машиностроение, 1984. 284 с.
45. Чуйко, И. Красные самолёты./ И. Чуйко. М.: Советская Россия, 1982. 64 с.
46. Автоматизация поискового конструирования. Под ред. А.И. Половинкина. М.: Радио и связь, 1981. 312 с.
47. Иванова, С.Ф. Вместе искать истину./ С.Ф. Иванова. М.; Знание, 1989. 63 с.
48. Розен, В.В. Оптимальность — решение./ В.В. Розин. (Математические модели принятия решений). Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1981. 484 с.
49. Диксон, Дж. Проектирование систем. Изобретательство, анализ, принятие решений./ Дж. Диксон. М.: Наука, 1969. 150 с. .
50. Советский энциклопедический словарь. 4-е изд. М.: Сов. Энциклопедия, 1989.
51. Чус, А.В.. Основы технического творчества (учебное пособие)/ А.В. Чус, В.Н. Демченко. Киев: Вища школа. 1983. 184 с.
52. Абовский, Н.П.. Современный взгляд на научную инженерную и учебную деятельность./ Н.П. Абовский, А. Я. Воловик. Красноярск, 1988. 68 с.
53. Абовский, Н.П. Системный подход в научно-техническом творчестве. / Н.П. Абовский, А. Я. Воловик. Красноярск. отдел.: Стройиздат, 1990.

54. Гвишиане, Д.М. Диалектика и системный анализ. / Д.М. Гришиане. Диалектико-материалистическое основание системных исследований М.: Наука . 1986. с.54.
56. Канторович, Л.В. Системный анализ и некоторые проблемы научно-технического прогресса / Л.В. Канторович. Диалектика и системный анализ. М.: Наука, 1986. 336 с С. 158—166.
57. Ларичев, О.И. Диалектика и системный анализ. /О.И. Ларичев.. Диалектико-материалистическое основание системных исследований М.: Наука . 1986. с. 219—237.
58. Материалистическая диалектика как общая теория развития. М.: Наука, 1987,559 с.
59. Белозеров, В.И. Диалектический материализм и технознание. / В.И. Белозерцев. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1980.
60. Фролов, И.Т. Человек, наука, гуманизм./И.Т. Фролов. «Коммунист», 1988, № II. С. 74—86.
61. Сборник «Философско-методологические проблемы технических наук» / Сост. и автор предисловия М.М. Гусев. М.: Московский рабочий, 1986. 264 с.
62. Горохов, В.Г. Современные комплексные научно-технические дисциплины./В.Г. Горохов. Вопросы философии, 1982, №7. С. 133, 144.
63. Шеменев, Г.И. Философия и технические науки. / Г.И. Шеменев.М.: Высшая школа, 1979. С. 3.
64. Сазонов, Я.В. Философские проблемы технических наук. / Я.В. Сазонов.М.: Изд-во МГУ, 1981.
65. Денисов, А.А. Теория больших систем. / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. Л.: Энергоиздат, 1982.282 с.
66. Капица, П. Будущее науки. /П. Капица. . «Наука и жизнь», 1960, № 3.
67. Бабат, Г. Сбывшееся и несбывшееся. /Г. Бабат. В сб. «Пути в незнание», 1962.
68. Баталии, В.П. Капитальное строительство: проблемы и пути перестройки. / В.П. Баталии. «Коммунист». 1988, № 9.
- 69.Крупченко, В.Р. Управление строительством. /В.Р. Крупченко. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1986.343 с.
- 70.Гусаков, А.А. Системотехника в строительстве. /А.А. Гусаков. М.: Стройиздат, 1983.440 с.
71. Анохин, П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем./П.К. Анохин. М.: АН СССР, 1971.
72. Керов И.П. Системный подход в управлении строительством (основные понятия). М.: Изд-во ЦМИПКС, 1984. 44 с.
- 73.Дикман, Л.Г. Организация и планирование строительного производства. Управление строительными предприятиями с основами

АСУ/Л.Г. Дикман. (учебник для вузов), 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1988.560 с.

74. Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование технологии строительства./ В.Г. Гмошинский. М.: Стройиздат, 1988. 294 с.

75. Абовский, В.П., Богданов В.А. Организационно-техническое проектирование инвестиционного процесса строительства объектов комплектно-блочным методом в районах Урала и Сибири./ В.П. Абовский, В.А.К. Богданов.. Сб. Научн. тр. КрасноярскпромстройНИИпроект «Разработка комплектно-блочного метода строительства промышленных объектов в районах Урала и Сибири». Красноярск, 1988. С. 5—15.

76. Левченко, В.И. Научно-технический прогресс и интенсификация в строительном комплексе. /В.И. Левченко, Н.С. Летников, Д.Л. Брейтус. Учеб. пособие. Киев: УМК ВО, 1988. 84 с.

77. Абовский, Н.П., Рудаков А.М., Абрамович К.Г. Анализ применения и некоторые рекомендации по развитию пространственных большепролетных конструкций в Красноярском крае /Н.П. Абовский, А.М. Рудаков, К.Г. Абрамович. Пространственные конструкции в Красноярском крае: Межвуз., темат. сб. научн. тр. Красноярск, изд. Краснояр. политехи, инта, 1986. С. 88—97,

78. Abovskij, N.P., Abovskaja S. N. Montovaně spriahnytě ocelobeto nove priestorově konstruktie unifikovanych prvkov, / N.P Abovskij, S. N Abovskaja. Pozenmi stavby, N 4, 1987 (CSSR).

79. Абовская, С.Н. Сборные сталежелезобетонные пространственные фермы из унифицированных элементов для серии пролетов /С.Н. Абовская. (учеб. пособие для дипломников). Красноярск, КИСИ, 1988. С. 32.

80. Регулирование, синтез, оптимизация (избранные задачи по строительной механике и теории упругости) под ред. Абовского Н. П. М.: Стройиздат, 1991. 3-е изд.

81. Кудрявцев, А.В. Обзор методов создания новых технических решений (конспект лекций)/ А.В. Кудрявцев. М.: ВНИИПИ, 1988. 52 с.

82. Эсаулов, А.Ф. Диалектика технической мысли (закономерности технического творчества). / А.Ф. Эсаулов. Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1989.

83. Абовская, С.Н. Новые пространственные сталежелезобетонные конструкции и покрытия./ С.Н. Абовская. Красноярск: Стройиздат. Красноярское отд. 1992. 240 с.

84. Abovskaya S.N. Space large span steel-reinforced concrete roofs structures./S. N Abovskaja. Proceedings International Congress ICSS-98, Moscow-1998.