

Н. П. Абовский

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА

НАУЧИТЬСЯ ИССЛЕДОВАТЬ
И ИЗОБРЕТАТЬ

Учебное пособие

Инженерно-строительный институт



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBIRIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

Н. П. Абовский

**МЕТОДОЛОГИЯ
НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА**

**НАУЧИТЬСЯ
ИССЛЕДОВАТЬ И ИЗОБРЕТАТЬ**

Учебное пособие

Красноярск
СФУ
2011

УДК 001.8(075)
ББК 87.25я73
А14

Рецензенты:

Н. И. Карпенко, доктор технических наук, профессор, действительный член Российской академии архитектуры и строительных наук, академик-секретарь Российской академии архитектуры и строительных наук;

С. А. Подлесный, профессор, академик Международной академии наук Высшей школы

Абовский, Н. П.

А14 Методология научного творчества. Научиться исследовать и изобретать : учеб. пособие / Н. П. Абовский. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – 272 с.
ISBN 978-5-7638-2282-3

Обобщен успешный опыт почти полувековой деятельности Красноярской научной школы механиков и конструкторов по развитию методов творческого мышления. Краеугольным камнем методологии научного творчества является осмысление системного алгоритма творческого мышления.

Психолого-философская часть методологии подкреплена разнообразными конкретными примерами научных разработок и изобретений.

Данное учебное пособие не имеет аналогов применительно к строительным специальностям.

Предназначено для студентов специальности 270100 «Строительство».

УДК 001.8(075)
ББК 87.25я73

ISBN978-5-7638-2282-3

© Сибирский федеральный университет, 2011

*ПОСВЯЩАЮ
моему правнуку Димочке.*

*В семь лет он размышлял так:
Что я хочу – Что для этого нужно –
Как это сделать – Что из
этого получится – это прекрасная
методология творческого мышле-
ния от природы*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методология научного творчества. Сущность понятий методология, наука, творчество

Сначала, как рекомендовал знаменитый философ Вольтер, надо договориться о понятиях: что есть методология, что есть наука, что есть творчество.

1. Что есть методология

Методология научного творчества состоит, прежде всего, в овладении искусством творческого системного мышления, поиске и выявлении объективных закономерностей развития, принятии рациональных решений на основе комплекса научных знаний из разных областей науки и техники путем синтеза теоретических и экспериментальных исследований и представления конечного результата в обобщенной или конкретной форме.

Результатом научного творчества может быть, например, определение (открытие, формирование) нового принципа (законы, закономерности или их обоснование, доказательства), а также решение конкретной задачи (проблемы).

В соответствии с предложенным определением методологии научного творчества построено и данное учебное пособие, которое состоит из трех частей: первая посвящена развитию системного творческого мышления, а вторая и третья – приложениям его к решению отдельных проблем, в том числе к изобретательской, научной и образовательной деятельности.

В первой части представлен системный алгоритм творческого мышления (САТМ).

Во второй части рассматриваются разнообразные примеры применения методологии научного творчества в области строительства. Эти примеры учат не меньше, чем теоремы.

В третьей части проблемы научного творчества представлены в виде практикума:

- выбор и обоснование темы научного исследования (диссертации);
- умение действовать и принимать решения в условиях неопределенности и нестандартных ситуаций;
- воспитание творческой личности;
- умение вести научные дискуссии и др.

2. Что есть творчество

Удивительный факт поразил меня после знакомства со многими книгами, посвященными творчеству: в них нет ясного определения понятия «творчество». Парадокс! Читатели не могут однозначно понять авторов различных книг... Уместно вспомнить высказывание Вольтера; «прежде чем говорить, договоримся о терминах».

«В творчестве мы привыкли видеть загадочное сочетание таланта и чего-то неуловимого» (Эдуард де Боно).

«Творчество – это деятельность, порождающая нечто качественно новое и отличающееся неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью» (Энциклопедический словарь). Определения творчества имеются в журнале «Альма-матер».

Системного, достаточно полного, целостного определения творчества автору найти не удалось (даже в учебниках по педагогике).

К сожалению, нет ни одного вузовского учебника, обучающего творчеству. В настоящее время, по мнению автора, назрела потребность в научном определении творчества как процесса. Осуществима реальная возможность такого обобщения как практической методологии.

Возможно, что к такому обобщающему единству в этом сложнейшем явлении жизни человека и не надо стремиться, если изначально условно подразделить творчество на такие два вида:

– первый – **чувственное, эмоциональное, интуитивное творчество**, происходящее спонтанно (по наитию), бессознательно (без участия сознания и разума);

– второй – **рациональное творчество**, основанное главным образом на мышлении, сознании.

Естественно, что такое деление условно, между этими видами нет перегородок и возможны комбинации и взаимопроникновение. Но такое деление позволяет допустить приемлемость многих существующих определений творчества для первого вида и их недостаток для второго.

Здесь рассматривается рациональное творчество, которое, по мнению автора, имеет место в научной, изобретательской, инженерной, педагогической, военной и другой поисковой деятельности.

Предлагается определение: **рациональное творчество – это активный, целеустремлённый созидательный многоцикловый процесс поиска и достижения эффективного решения (результата) определённой проблемы, базирующейся на концепции (взаимувязанной триаде):**

- **системный (функционально-структурный) подход;**
- **законы развития и функционирования систем;**
- **многообразные методы принятия решений.**

Предложенная формулировка творчества обладает полнотой и имеет активную сознательную действенную направленность, которая позволила использовать её не только в научной и практической деятельности автора, но и в учебном образовательном процессе для студентов, естественно, с развитым методическим обеспечением и конкретизацией [*Абовский, Н.П. Творчество: системный подход – законы развития – принятие решений.* – Красноярск: Стройиздат, 1992; М.: Синтег, 1998]. Схема алгоритма творческого мышления (САТМ) приводится в части 2 данного учебного пособия.

3. Что есть наука

Наука – сфера человеческой деятельности, функциями которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности, получение новых знаний, раскрывающих научную картину мира.

Цель науки – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности, составляющих предмет ее изучения, на основе открываемых ею законов. Для науки характерно диалектическое сочетание процессов ее дифференциации и интеграции, развитие прикладных и фундаментальных исследований. Так, например,

управление конструкциями, в том числе автоматическое, – новое направление науки. Сейчас создается новое научное направление – формообразование строительных конструкций, синтезирующее ряд более узких научных специализаций.

Открытие – новое научное достижение в процессе познания природы и общества, вносящее коренные изменения в уровень познания.

Изобретение – новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой области человеческой деятельности.

Рационализация – усовершенствование, более целесообразное решение.

Эпохальными вехами в истории науки служат, например, законы механики, созданные Ньютоном, неевклидова геометрия Лобачевского, периодическая система Менделеева, теория относительности Эйнштейна, открытие атомной энергетики, освоение космоса, компьютерные и нанотехнологии и многое другое.

Отметим научные разработки Красноярской школы механики и процессов управления:

- формулировка полной системы вариационных принципов теории упругости и теории оболочек и ее применение для вариационно-разностных методов расчета и разработки новых пространственных конструкций;
- приоритетные разработки управляемых конструкций, в том числе автоматически управляемых, подтвержденные многими патентами;
- применение нейросетевой технологии к строительным конструкциям, в том числе разработка нейроуправляемых конструкций и методы нейропрогнозирования;
- разработки конструктивной сейсмобезопасности и сейсмозащитных устройств;
- конструкции фундаментов, зданий и сооружений (опор трубопроводов) для строительства в сложных грунтовых условиях и сейсмичности;
- разработка системного алгоритма творческого мышления (САТМ), его применение для решения изобретательских задач.

Как начинающему включиться в областях научных разработок? У некоторых это получается спонтанно, интуитивно, как естественное стремление к познанию и удовлетворению собственного интереса, но есть и такие, кто сознательно включается в творческий процесс (см. ч. 2, 3 данного учебного пособия).

Не переставайте образовывать себя.

Академик Н. А. Доллежалъ

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 Я. Г. Пановко

К ЧИТАТЕЛЮ

Это учебное пособие для тех, кто желает сознательно анализировать свои действия (решения) и стремится постоянно образовывать себя, стремится к совершенству и научному творчеству.

Простое энциклопедическое накопление знаний и эрудиция не могут иметь ничего общего с творческим мышлением, познанием нового. Знать – еще не значит понимать. Надо научиться объединять эти две волшебные составляющие в единый творческий процесс. Даже прочитав (изучив) Большую энциклопедию, творческой личностью не станешь. Знание, примененное не в должном месте или не в нужный момент, оказывается ложным, приносящим 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. Прежде всего надо научиться учиться, стать творческой личностью, познать законы развития, взаимосвязь явлений и событий и овладеть ими.

Казалось бы, что 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 привело к желаемому результату. Но

весьма часто такой подход оказывается психологически труднодоступным для тех, для кого образование представилось как бессистемное нагромождение фактов, забивающих творческое восприятие, а самоанализ и самовоспитание развиты недостаточно. Это учебное пособие делает попытку открыть дорогу к овладению системным подходом – практической диалектикой, если этого захочет сам читатель.

Надо поверить в свои изначально заложенные творческие силы и избавиться от заблуждения, что, например, «умные» машины (компьютеры) «выдадут» прекрасные решения, что в них надо только вставить исходные данные. В настоящее время 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, казалось бы, исследовательская (или инженерная) задача превращается в гигантский обман с негативными последствиями.

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

Есть достаточно тонкий слой энтузиастов-педагогов, который по своей инициативе учит творчеству. Понятно, что это не надуманная проблема, а явление времени, особенно сейчас, когда в Российской Федерации 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).

Чтобы образование отвечало современным требованиям развития науки и техники, не только студентам, но и педагогам необходимо постоянно повышать свои знания, быть на передовых рубежах. Содержание обучения должно быть открытым. Педагоги обязаны отметить, а студенты имеют право знать, чего нет в учебных планах, чтобы, столкнувшись в жизни с такими проблемами, они не растерялись.

В этом ряду следующие проблемы:

- 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 «Альма-матер» в 2006 г. известным ученым – философом, писателем и гуманистом А. А. Зиновьевым, который много лет 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.

Для удобства рекомендуемая литература размещена в соответствии со структурой учебного пособия: к частям и семинарским занятиям по тематическому принципу. Имеется обширный список дополнительной литературы, способствующий расширению кругозора.

* * *

Автор выносит огромную благодарность своим коллегам и друзьям за внимание к проблемам творчества в сфере высшего образования и науки. К сожалению, часто мы не одариваем должным образом благородный труд своих помощников. Так пусть эти слова благодарности украсят их жизнь и принесут радость и удовлетворение.

*Техника в переводе с греческого означает искусство, мастерство.
Необходимо вернуть термину первоначальное значение.*

Н. П. Абовский

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного учебного пособия является теоретическая (философская) подготовка к изучению систем, алгоритма творческого мышления, который базируется на триаде **системный подход-законы развития-методы принятия решений** (главы 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.

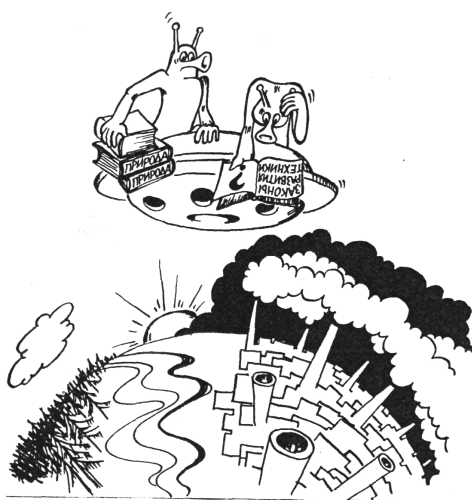
Предлагается понять сущность системного подхода и овладеть им как практической диалектикой, пропустить эти знания через себя, изучить законы и закономерности развития техники, содержащие фундаментальные основы инженерного искусства, научиться принимать решения, используя разнообразные методы. Синтезом данных составных частей является сформулированный системный алгоритм творческого мышления (САТМ) (часть 2).

*В наше время **триада 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 составляющих его элементов между собой и со средой, из которой этот объект (система) выделен. В сложности строения системы рождается новое качество, которое отсутствовало у составляющих ее элементов. Сущность системного подхода 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 людей, не знающих законов его развития, характер их действия, возникает соблазн «перескочить» через эти законы. В российских вузах в настоящее время, 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 настоящая задача инженеров, ученых, педагогов.

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

Деятельность инженера, ученого, педагога (учителя) должна опираться на творчество. Недоста-

точно 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 мировоззренческих позиций и совершенствования творческого арсенала. И если это учебное пособие в какой-то мере поможет в этом, то его назначение будет выполнено.



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

Часть 1

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



Глава 1

СУЩНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Первоочередными фундаментальными понятиями (терминами, определениями), через которые можно 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 вспомогательные понятия. В целом образуется определенный понятийный аппарат (язык), присущий системному подходу (см. п. 1.1).

Здесь рассматривается системный подход (п. 1.2) как определенная практическая методология, 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 [1–14, п. 1.3].

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

Об отношении к системному подходу см. п. 1.5.

1.1. Понятие система

Груда кирпичей. Это система?

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

Груда кирпичей. Это система? Нет, тут чего-то не хватает. А теперь добавим или уберем, или поменяем местами несколько кирпичей. Что изменилось? Новых свойств не появилось!

Другой пример.

Ножницы. Это система? Да, они могут резать. Вытащим из ножниц винтик, соединяющий две половинки, или расслабим его натяжение. Можем ли теперь говорить о системе? Нет, здесь уже теряются какие-то важные свойства, которые должны быть присущи системе: определенные связи между элементами. Только в совокупности эти элементы и связь между ними образуют единое целое (систему), обладающее свойством, которого не имеют отдельные элементы, а именно: стричь, резать.

Теперь давайте вернемся к первому примеру. Случайное беспорядочное расположение кирпичей можно изменить, 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 с помощью раствора, то тем более.

Теперь попытаемся 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, очевидно, необходимо рассмотреть и связи системы с внешней средой (не в вакууме же она действует). Иначе, без связи с внешней средой, нарушится реальная картина целостного мира, исказятся 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

1. Приведите примеры систем из вашей практики.
2. Назовите три основные составляющие системы.
3. Укажите, являются ли системами: книга, учебный план подготовки обучения, здание, проект. При наборе каких элементов, связей и целей проявляется системность в каждом из этих примеров.
4. В вузе кафедры специализированы и потому разобщены. Укажите, чего не хватает для системного обучения. Какую роль играют системообразующие дисциплины. А если их нет, то что делать студентам.

Терминология и свойства системы

Внешняя среда. Понятие система возникает там и тогда, где и когда материально или умозрительно проводится замкнутая граница

между неограниченным или некоторым ограниченным множеством элементов. Элементы с соответствующей взаимной обусловленностью образуют систему.

Элементы, которые остались за пределами границы, образуют множество, называемое в теории систем системным окружением или просто окружением, или внешней средой.

Очевидно: немислимо 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 строительные конструкции 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 не-системных 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 целого 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 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, истинная роль которых только сейчас начинает постигаться.

Различают положительные и отрицательные обратные связи. Если положительную обратную связь можно назвать стимулирующим фактором, то отрицательную – регулирующим. Отрицательная обрат-

ная 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 – рассматриваемой 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 «*техническая система*», понятие, которое 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 на нее окружающей среды 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.

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 реализовываться 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 надсистемы).

Здесь уместно отметить, в какое смешное и жалкое положение попадают некоторые изобретатели, 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

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, выявление многообразных связей в нем и сведение их в единую теоретическую картину» [50].

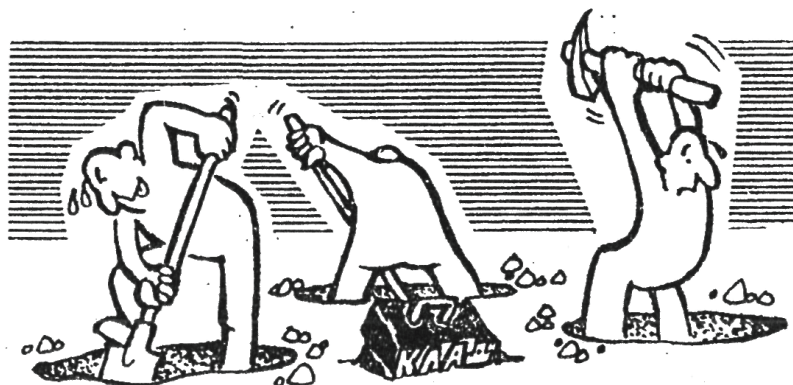
Потребность в таком направлении методологии научного познания следует из характера развития современной науки и техники. Действительно, философия в период до Ньютона и Ньютона охватывала широкий диапазон природы явлений. При этом разносторонность не препятствовала, а, наоборот, способствовала глубине мышления и питала неисчерпаемую жажду познаний, стремлений объяснить мир как целое. Однако по мере того, как наука делилась на отдельные новые дисциплины, между которыми становилось все меньше и меньше связей, все выше оказывалась вероятность замедления прогресса всей науки вследствие утраты необходимого общения. Распространение «глухоты узкой специализации» в науке и технике привело к тому, что те, кто не знает того, что 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, ориентация в сложных

ситуациях, основанных на взаимопонимании и взаимопроникновении наук.

Интеграция наук в условиях их всевозрастающей дифференциации – это диалектическое единство противоположностей. Это становится тенденцией времени, в которой прослеживается два подхода: первый – возникновение новых наук на стыках существующих; второй – 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 награбил «полшапкой серебра» талантливых селекционеров, которым удалось вывести волов с крепкими жилами, которые в перспективе предполагалось использовать для катапульта с большой дальностью метания. Такую же награду получил автор усовершенствованной астробаллистики. 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.

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 их связи с окружающей средой. 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 точке зрения, способной подчас свести задачу 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 противостоит системному подходу отрыв от внешней среды (окружения) и постоянного обмена между веществом, энергией и информацией.

Без системного подхода невозможна разработка методов исследования и конструирования сложно организованных объектов: к ним надо отнести и ракетные космические системы, и многие объекты 'капитального строительства.

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

Углубление и признание этого принципа состоит в том, что если традиционные дисциплины изучают предмет, как правило, исключая

перекрестные связи с явлениями, входящими в прерогативу других дисциплин, то при системном подходе такая позиция принципиально неприемлема: возникает новое качество при совокупности факторов.

Системный подход развивает и формирует у специалиста целостное диалектико-материалистическое мировоззрение и в этой связи полностью соответствует современным задачам 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 многоциклового процесс познания и поиска причин и решений для достижения определенной цели, для которой создается (выделяется) некоторая искусственная система. Как правило, после первого цикла убеждаются, 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 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.

*С чего начинается система.
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 новой потребности;
- удовлетворяет ли эффективность, стоимость, качество и др. проекта новой потребности.

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, которая ведет к формированию технической задачи.

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

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

Уяснение задачи (проблемы)

Увидеть, что ситуация требует изучения, 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 «хорошо поставленная задача наполовину решена».

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 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», – отмечал 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»).

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

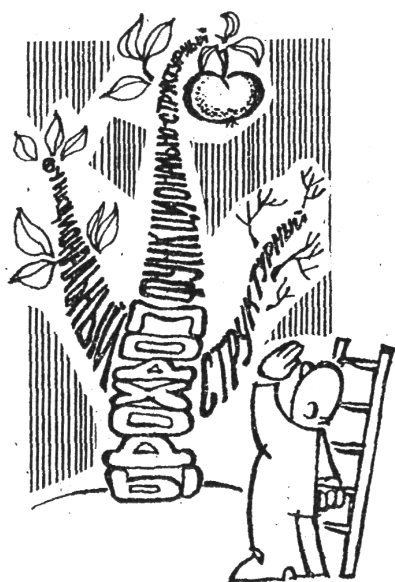
Чему отдать предпочтение – функции или структуре системы

Автор рассматривает функционально-структурный подход как сердцевину (основу) системного подхода. Чему отдать предпочтение: функции или структуре. 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, 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 позитивное 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) функций 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]. Автор использует основные её положения.

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

- учет диалектической взаимосвязи функции и структуры объектов при определяющей роли функции по отношению к структуре;
- целостный подход к анализу (разделение, декомпозиция) и синтезу (воссоединение целого из частей) многоуровневых систем, общность этих двух сторон познания;
- учет вещественных, энергетических и информационных связей между элементами системы и взаимосвязь системы со средой;
- рассмотрение систем в развитии;
- единство философского и специального знания, проявляющееся в совместном использовании общих законов материального мира и закономерностей развития антропогенных систем.

На основе функционально-структурного подхода можно сделать следующие выводы:

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 многоциклового процесс в виде спирали.

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 Карбюзье, выдвигая тезис «форму определяет функция». Он создал своеобразный «международный» стиль, т. е. повсеместное, не зависящее 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 в Сибири мало отличаются от домов на юге при воплощении в типовых проектах. Проблема «сибирского дома» до настоящего времени серьезно не ставилась и не решалась.

Аналогичная ситуация имеет место и при конструировании строительной-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 функ-

ции 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, что нетрудно заметить, идут вразрез с системным подходом.

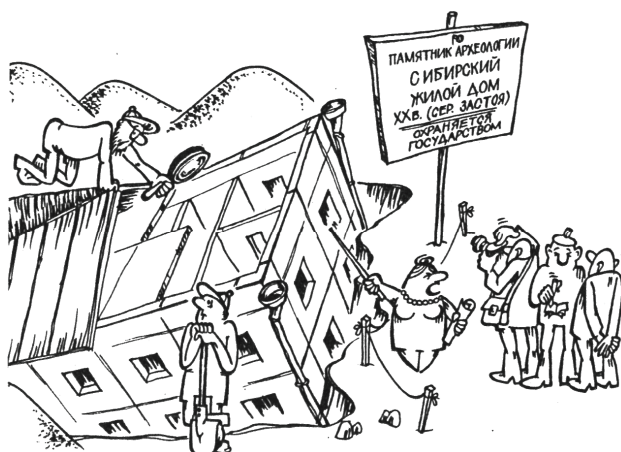


Можно привести множество примеров с последствиями такого рода несистемного подхода из области строительства. Например, сибирское градостроительство не имеет региональной специфики, до настоящего времени отсутствуют проекты «сибирского дома». Эту мысль можно проиллюстрировать воображаемой, но вполне правомерной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

Обнаружены остатки домов XX века.

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

2-й археолог. Нет, никакого подтверждения этого не обнаружено.



1-й. В чем тогда секрет?

Архитекторы не знали законов развития техники и не пользовались системным подходом?

2-й. По некоторым сведениям, тогда господствовала точка зрения, согласно которой воплощались однотипные здания, не привязанные к месту и времени. Главным для них были «инструкции» и «нормы».

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

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

1-й. И что же было дальше?

2-й. А вот это нам еще предстоит узнать!

Можно привести и другие примеры несистемного подхода, относящиеся, например, к организации учебного процесса, структуре учебных планов строительного вуза, искусственной и неопределенной дифференциации наук и проведению научных исследований. Например, почему в учебниках фундаменты рассматриваются отдельно от конструкций пола. На ВДНХ-87 как новая находка демонстрировалась совмещенная конструкция пола. Такие подходы, как функционализм, структурализм, выдвигают настоятельную необходимость разработки и использования функционально-структурного подхода, базирующегося на взаимозависимости функции и структуры.

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

Инструментарий функционально-структурного подхода

Для применения функционально-структурного подхода [9] разработаны понятия, которые используются в его алгоритме.

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 (психофизической, эргономической, экологической и др.). Надо выделить основную функцию и функции уровней.

Дерево **противоречий системы** отражает противоречия отдельных уровней функционально-структурной ее организации 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.

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.

Алгоритм функционально-структурного подхода

В монографии [9] были выделены основные фазы эволюционного синтеза системы (алгоритм), сформулированные применительно к области интересов автора – электронным системам. Но по сути этот алгоритм применим и к другим областям техники [9. Ч. 2, гл. 9], 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 и основного противоречия системы; построение дерева противоречий системы и его анализ.

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 и конструктивных модулей, а также конструктивных модулей высокого уровня и альтернативных вариантов системы; обоснование разработки оригинальных технических средств; преобразование элементов (подсистем) функциональной структуры; покрытие функциональных подсистем конструктивными модулями; анализ достоинств функционирования системы.

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

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

Вдумчивый конструктор 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. 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.

Приведем пример, связанный с постановкой задачи. С целью повышения несущей способности свай под фундамент было предложено обычную прямоугольную форму заменить на клиновидную. Проблема сформулирована так: определить такой угол клиновидной сваи, при котором несущая способность (нагрузка) была бы наибольшей. Казалось бы, все верно. Но была предложена другая формулировка задачи: определить такую форму сваи, при которой ее несущая способность была бы наибольшей. Вторая формулировка, конечно,

включает первую, но при этом раскрывает и другие 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. Противоречие 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 делится 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, здесь всегда стремятся к тому, чтобы система была наиболее простой, но при этом наиболее полно удовлетворяла потребности.

3. Противоречия этапа логического проектирования связаны, с одной стороны, с непрерывным расширением функциональных воз-

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 [9. Ч. 2, гл. 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 [53].

Корни философского принципа системности мира уходят в глубь 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 мнению автора, 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; в отрыве 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: «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 кажется автору, 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 расчленять ее 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, грудой кирпичей и др. Этому же принципу решения задач способствует и математический аппарат (в частности, анализ), различного рода искусственные деления 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 осно-

ван известный метод сечений – одна из разновидностей концепции расчленения (декомпозиции).

«Отдельное не существует иначе, как только в связи, которая 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 отмечают, и отмечают справедливо, что наиболее слабые места лежат на стыках науки, но при этом 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 [3]. 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 опозданием 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 [53] 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, расчленив 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: 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 подход сходны в том, указывает Д. М. Гвишиани [54], что и в том, и в другом интегрируются научные знания в целях повышения 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 его 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?

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. Есть и преподаватели, которые волевым путем стремятся убедить студентов, что их 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 системный подход, овладевают им и используют его так, как этого требует материалистическая диалектика, интересы творческого отношения к инженерной, научной и учебной деятельности.

Приведем здесь условную 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 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. Это, как правило, способные, нужные и полезные науке люди. Системную методологию они скептически называют болтовней, от которой мало проку. Встре-

чаются и более резкие мнения: «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». Эта группа людей, согласно закону Паркинсона «о шелушении иерархии» довольно устойчива на левом фланге (правда, Паркинсон называет таких людей несколько иначе – «малокомпетентными»). Они с необыкновенной легкостью принимают все на веру. Здесь 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 с помощью ЭВМ.

Четвертая (самая многочисленная) группа в классификации автора – обычные 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».

Автор верит, что обычные люди наделены от природы незатухающей жаждой знаний, желают узнать то, чего не знают, не теряют способности удивляться новому, стремятся к творчеству. К ним и обращается автор.

Овладеть системным подходом по существу, сделать его методологией своего дела, знать и использовать законы развития техники и методов принятия решений – значит, сделать шаг к повышению общей культуры системного творческого мышления.

Итак, 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? По этим и другим вопросам приведены точки зрения инженеров, философов, ученых, энтузиастов творческого отношения [15–24].

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 вели-

кую «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 адекватное отражение в научной картине мира и методологии.

Одним из ярких проявлений этого 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 мнению автора, неправомерно, так как диалектика рассматривает анализ и синтез взаимосвязанными и взаимодополняющими друг друга мыслительными процессами.

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 естественнонаучные 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 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, общепило-софской, другой – на специально научной.

Упоминая о развитии технических наук, технознания вообще, **В. И. Белозерцев** [58] подчеркивает, что хотя естествознание составляет важнейшее средство инженерной деятельности и знание его проблемы имеет неопределимое значение для инженера, но оно не может удовлетвориться только естественнонаучным знанием, так как ему приходится решать технические задачи. Открытие естественного процесса не может получать немедленное применение. Для этого неминуемо приходится решать целый ряд задач, не известных 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, проявляющейся в том, что здесь взаимодействуют «две формы объективного процесса: природа и целенаправленная деятельность человека» [9]. Поэтому техника и естествознание предстают как диалектическое единство и противоположности. 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 нельзя узнать из 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 эпоху научно-технической революции 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.

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, не известные 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. Комбинационный характер связей в технических объектах 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 антропоген-

ного 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 [12], автор книги «Техника и общество», выражает представления о законах техники в контексте философского осмысления развития производительных сил в целом: «...По вопросу существования объективных технических закономерностей среди философов имеются различные точки зрения: от фактического отождествления их с законами природы, действующими в технике, при этом отвергаются 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».

Мнение автора 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, по мнению автора, состоят в необходимости, сущности, 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. // Соч. Т. 23 / К. Маркс, Ф. Энгельс. 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.

Петербургский философ Ю. С. Мелешенко отметил в своей книге некоторые, по его мнению, общие закономерности 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 глубоких 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.

Комментарий автора. Отмеченные Вами закономерности, безусловно, верны (современные черты, особенности), но это не закономерности развития техники. Они имеют, скорее, описательный, чем глубокий, причинный характер. Их нельзя отвергнуть, но трудно использовать для практической научной, инженерной и учебной деятельности. Не ясно, как на основе этих положений пытаться раскрыть и преодолевать противоречия процесса развития техники, т. е. они не носят столь действенного характера, как например, у Альтшуллера и Балашова.

Автор полностью согласен с тем, 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. От-

сюда следует, что универсальные диалектико-материалистические принципы познания не могут не быть общими.

Резюме автора. В последние годы обращают внимание на те исследования, которые направлены на выявление специфических законов строения и развития технических систем. Тезисно отметим следующее.

1. Некоторые философы подчеркивают: 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. Научно-техническая революция развивается, а между самими философами до настоящего времени идет спор – существуют ли специфические технические законы.

3. Научно-техническая революция продолжается, однако нет фундаментальных работ по закономерностям развития технических систем. Есть отдельные «проблемы», но и они не делают погоды.

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

Позиции представителей техники

Рассмотрим позицию Г. С. Альтшуллера – известного изобретателя, автора теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), а также ряда монографий по вопросам теории и практики изобретательства [20–23].

Рассмотрим постановку 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 это совсем не так. Патентный фонд нашей страны, с которым я работал многие годы, содержит миллионы изобретений, подтверждающих существование технических законов. Жизнеспособными являются только такие изобретения, которые изменяют исходную систему

(прототип) в направлении, предписываемом законами развития технических систем.

П. Капица [65] в своей статье писал: «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** [66] высказывался еще более эмоционально: «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?!

Автор 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 человек плодотворно использует их для сознательного целенаправленного, без слепого перебора вариантов решения изобретательских задач.

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 пока еще не ясных закономерностей, регулирующих отношения выявленных законов.

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 (см. ч. 2);

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, не согласованных 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.

Приведем точку зрения **А. И. Половинкина** – доктора технических наук, профессора, автора ряда работ по теории развития и функционирования технических объектов, в 1980-е гг. президента ассоциации «Эвристика» [16,17,46].

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

Однако, справедливости ради, нужно отметить, что наука находится здесь в самом начале пути. Наука о законах техники только на-

чинает формироваться. Настоящий этап в значительной мере связан с формулированием и обоснованием гипотез о соответствующих законах. Законы и закономерности техники, по глубокому убеждению автора, 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 уровне. 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 их функция – 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 изменяются 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 не исчерпывающий перечень вопросов, ориентирующихся на разработку проблемы. 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 др. 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.

Мысли вслух

Выделим некоторые вопросы, тезисы, положения, обсуждавшиеся на ежегодном общегородском Московском семинаре по философско-методологическим проблемам технических наук:

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. Научно-техническая революция 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: «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 [61]: «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 [62]: «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».

Я. В. Сазонов [63]: «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 здесь 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: «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 ин. лит., 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 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, относящихся к технологиям, конструкциям, передвижениям 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 [60], обобщающему пятилетнюю работу Московского семинара, отмечается «слабая разработка философско-методологических проблем технических наук», и то, что эти про-

блемы «требуют дальнейшего изучения и пропаганды, практической оценки и развития на занятиях методологических семинаров, научно-практических конференциях и симпозиумах».

Московские ученые [60] независимо пришли 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». **Е. П. Балашов** [9] отмечает, что процесс сближения общественных и технических наук, к сожалению, идет медленнее, чем этого требует современное общество. Представители общественных наук в своих работах часто ограничиваются набором иллюстраций из области прикладных наук. Практически отсутствуют конструктивные философские исследования по закономерностям развития систем различного функционального назначения, методологии научного и технического творчества.

2.3. Законы и закономерности развития антропогенных систем

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

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 основных частей системы и минимальная работоспособность. Полной техническая система является в том случае, если она имеет все необходимое для выполнения своих функций без участия человека. Подавляющее большинство существующих технических систем являются неполноценными. 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. Сначала 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 их 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 раз-

лично 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, сливаются и перевозят в огромных ковшах на специальных железнодорожных платформах к шлакоперерабатывающим установкам. Температура жидкого шлака примерно 1 000 °С, но в пути он охлаждается и на поверхности появляется толстая твердая корка, затрудняющая слив шлака. Потери превышают 30 %. Можно использовать крышку, но установка и снятие этой огромной крышки резко осложнили бы весь процесс. Как же быть?

Согласно выведенному 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. РФ № 420.621). Теплоизоляционная крышка, «сделанная» из 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 трем основным путям:

- создание надсистем из однородных (одинаковых) элементов (например, объединение электростанций в единое энергетическое кольцо и др.);
- создание надсистем из конкурирующих (альтернативных) систем (например, парусно-паровые корабли, холодильники-термостаты и др.);
- 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 и связанным со строением материи).

Вот пример из практики автора, 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 – это, 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. Пришло 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:

- 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.);
- от узкофункциональных систем, предназначенных для выполнения конкретной цели, к широкофункциональным системам, позволяющим изменять функции перестройкой;
- к системам с дифференцированными внутренними условиями (например, требуемые технологией производства температура, давление, газовый состав и др.), при этом условия на «входе» и «выходе» определяются внешней средой и человеком (цехи с инертной атмосферой для обработки сильно окисляющихся материалов и др.);
- к системам с увеличением числа степеней свободы и гибким эластичным (использование в судостроении эластичных покрытий типа «Ламинфло», позволяющим значительно увеличивать скорость корабля, и др.);
- к системам с изменяющимися связями между элементами, в том числе заменой вещественных связей полевыми (дистанционное радиоуправление); использованием вещественных связей, изменяющихся под воздействием поля (электромагнитное перемешивание при непрерывной разливке стали и др.);
- от систем со статической устойчивостью к устойчивым динамическим, т. е. только за счет управления (от трехколесного велосипеда к двухколесному и т. п.);
- к использованию самопрограммирующихся, самообучающихся, самовосстанавливающихся систем.

Следует отметить, 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 это 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, использовались 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, осуществляющаяся 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, «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, отбрасывают 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.

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 качественно новом 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 1980-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 эффективность 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 его качество) 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, повышение 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 [64]. 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.

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 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, пере-

носятся 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 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.

*Что показали интервью. Комментарий инженера-строителя
Общие соображения*

1. В рассмотренных закономерностях есть много общего и много различий, т. е. они неэквивалентны. Следовательно, развитие (формирование) этих законов еще далеко от завершения. Не прослеживается использование системного подхода в раскрытии данных законов в общей системе техники и в частных (специализированных) ее проявлениях.

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

3. В рассмотренных закономерностях не выделена полностью или весьма слабо отражена роль социальных факторов. Это большое упущение. Связь социальных факторов с техническим прогрессом, человеческого фактора с техническим прогрессом отмечают многие философы. Это отражает 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». Таким образом, 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 применительно к строительству в Сибири.

Автор убежден, что принцип региональности должен занять важное место в общей системе законов развития техники.

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» [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 мнению автора, 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 дина-

мическая, 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 то, 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 породила 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) характеризуют 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.

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 положение 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. 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 для строительных несущих конструкций покрытий может быть дополнительно 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 18–36 м. В этих же конструкциях многофункциональность распространяется и на набор внешних нагрузок.

Как отмечает 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 мнению автора, 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.

Отметим также: конечный результат, кроме чисто технических, связан 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 системе: 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 бо-

лее 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 (регулируемого, оптимизации). При учете связей между отдельными частями согласование ритмики осуществляется как бы автоматически в общем расчете, но спонтанно, без решения активной задачи (т. е. надо сделать так, чтобы части системы и система в целом имели определенные желаемые частотные параметры). Этого можно добиться, во-первых, 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 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, которые 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 рассмотреть и потоки деформаций. И если где-либо нарушена проектная совместимость пере-

даваемых 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 улучшить конструкцию.

6. Увеличение степени идеальности технических систем по Г. С. Альтшуллеру полностью 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, 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 их 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 (ч. 2). Добавим следующее: включая ЭВМ в автоматически управляемую конструкцию с программой расчета и управления, автор добивается 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 эксплуатации этих систем. Эта цель так называемого динамического согласования-рассогласования реализуется в автоматически управляемых конструкциях. В принципах развития пространственных конструкций (ч. 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 прочитать в [79].

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.

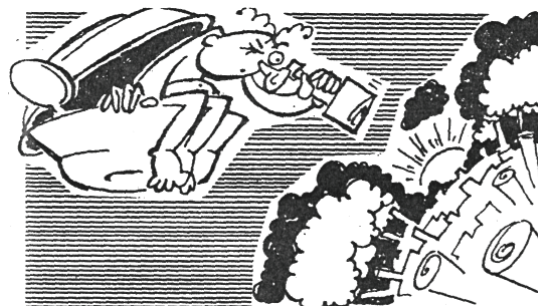
Однако для строительных несущих конструкций изучение взаимодействия вещества и поля должно быть дополнено учетом свойств

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 приводятся Г. С. Альтшуллером. Но адекватность и соответствие между ними иногда трудно устанавливаются. Например, закон увеличения степени вепольности Г. С. Альтшуллера и повышения функциональной и структурной вещественно-энергетической и информационной целостности системы Е. П. Балашова, видимо, все же имеют соответствие.

11. Закон динамического уравнивания, заимствованный 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. А. И. Половинкиным и Е. П. Балашовым 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.

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 собой 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 в многочисленных частных приемах и овладеть ими. 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 специальными дисциплинами по его профессии? Как не завязнуть в трясине «глухоты специализации»? Эти и другие вопросы волнуют не только автора. К сожалению, в специальной литературе по принятию решений и системному подходу до сих пор нет необходимых обобщений, сопоставлений, конкретизации, критического анализа [25–52].

3.1. Вам нужно принять решение

Вся творческая и практическая деятельность человека, а проще — вся его жизнь, постоянно находятся в движении между желаемым и действительным. Именно в этом движении, в восхождении от низше-

го 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, неучет 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. Мы живем в мире в значительной мере переделанном по сравнению с тем, 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 хотелось 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 (табл. 1).

Таблица 1

Алгоритм принятия решений

Постановка задачи	Вскрытие внутренних противоречий	Преодоление противоречий	Осмысление результата
<p>Теория познания: «Чувственное познание – абстрактное мышление – практика»</p> <p>Обновление 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>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>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) 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>Инверсология Логика Эвристика Интуиция Творчество, наука, искусство Математическое программирование Оптимизация Деловые игры, ТРИЗ, АРИЗ и др.</p> <p>Поиск концепций системы. Построение и анализ дерева функций системы Функциональные и конструктивные модули системы Системотехника</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>Оценка решения Обратные связи Воздействие выхода на вход</p>

В терминах философии

В терминах принятия решений

В терминах системного подхода

Было бы несерьезным однако представлять себе главу 3 в качестве руководства, как решать задачу. Это лишь «взгляд с высоты», позволяющий увидеть и обозначить лишь крупные объекты, не различая деталей. Может быть, это и есть тот взгляд на мир, которым автор хочет поделиться с читателем.

3.2. Итак – принятие решений. Что это такое?

Постараемся 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, который осуществляется с помощью разных приемов мышления на основе знания конкретных наук. Здесь нередко требуется поиск дополнительной информации и, возможно, новое переос-

мысление 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, порождают 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 относятся многочисленные практические методы принятия решений, в том числе Акоффа, Альтшуллера, Балашова 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 это довольно полно рассмотрено в гл. 1, здесь 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 в дальнейшем процессе может многократно уточняться.

Исследование потребности заканчивается постановкой задачи по разработке нового решения, преодолению вскрытого основного противоречия.

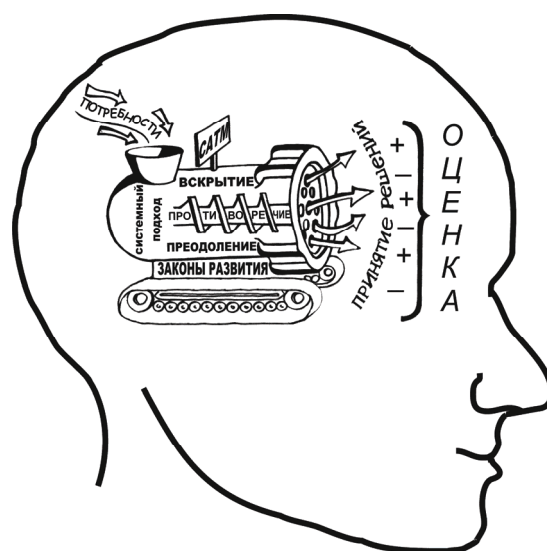
Второй этап – разработка альтернативных вариантов нового (искомого) решения, т. е. поиск разных путей преодоления основного противоречия.

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 неудовлетворительные, то необходимо вернуться к начальной стадии процесса, следующему витку поиска решения.

В табл. 1 представлены алгоритмы процесса принятия решений с позиций философии и системного подхода, а также разнообразные практические методы принятия решений. По табл. 1 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 отметить, что формы разные, а суть одна.

Не в этом ли проявляется универсальность методологии материалистической диалектики?!

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 удается. 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 задачник 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. 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.

Известны многие факты, когда принятие решений и в социальной сфере, и в технике осуществлялось волевыми, командными мето-

дами, 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 и сейчас. 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 гидростанций – это ли не примеры несистемного подхода к принятию решений?

Системный подход (см. гл. 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 приводит 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, 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 пы-

тался активизировать процесс своих раздумий. Рассмотрим методы принятия решений, которые весьма условно можно разделить 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 принятия решений

Искусство принятия решений по Р. Акоффу

Известный американский ученый Р. Акофф [25] 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

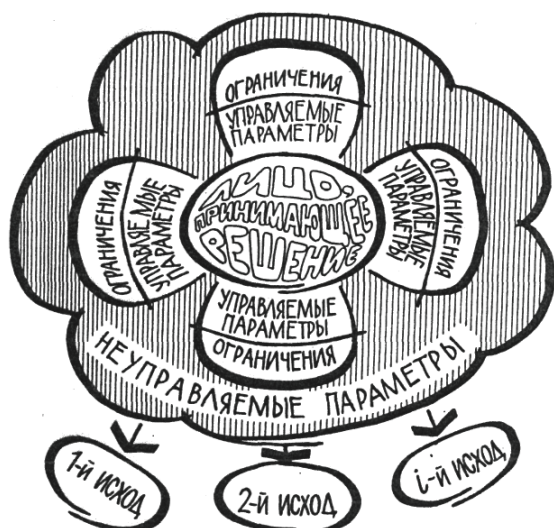
важных качеств, которые должны быть присущи хорошему руководителю: компетентность, коммуникабельность, внимательное отношение к подчиненным, смелость, способность творчески решать проблемы. Самым важным является последнее.

Р. 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 распорядиться? 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 составляют «фон» проблемы и в этом смысле влияют на линию поведения принимающего решение. Однако, вероятно, нельзя исключать частичного контроля за неуправляемыми переменными, т. к. 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 Р. Акофф, говорится о юноше, который мог загадать три желания. Загадав два из них, он ухитрился попасть 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 Р. 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 лифты, 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...).

- Ничто 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, т. к. 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, шприц наполнился 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? 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?)

*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) [26].

Формулируя свои принципы, автор указывает, 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 от-

крытия, 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.

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. Шаблоно 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 такого примера.

Один 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 о коварстве ростовщика. Этот разговор происходил на усыпанной гравием дорожке в саду. 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 шаблоно (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 здесь рассматриваются возможности нешаблонного мышления.

Счастье сороконожки состоит в том, что она не обладает «само-сознанием», иначе она бы «не знала», с какой ноги ей начать движение. В подобную ситуацию иногда попадает человек в сложной 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 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 «отрыжка» 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 со-

бирал 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.

Приведем пример.

Мальчик утверждал, что органы слуха у пауков находятся на ногах и взялся доказать это. Положив паука на стол, он крикнул: «Бегом!». Паук побежал. Затем он оторвал пауку ноги и снова, положив его на стол, крикнул: «Бегом!». Паук остался недвижим. Вот видите, – заявил торжественно мальчик: стоило оторвать пауку 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, полагает 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, т. к. 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 перескакать через качающиеся камни. В фантастическом романе Жюль Верна поезд проскочил через обрушившийся 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.

Нельзя не отметить исключительно эффективного средства активизации мыслительного процесса, каковым являются так называемые нестандартные вопросы, перечень которых применительно к области строительного проектирования приведен в [29]:

1. Можно ли разрушить конструкцию при ее разгрузке.

2. Можно ли улучшить конструкцию путем ее догружения.
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.

Примеры шаблонного подхода к решению инженерных задач приведены в ч. 2 данного учебного пособия.

Они, увы, довольно часто фигурируют даже СНиПах. К ним относятся такие просчеты, как пренебрежение принципом региональности в строительстве, настойчиво проводимая жесткая линия по все-российской 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.

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 один. 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 да-

же 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 предположения, соображения, дискуссии, гипотезы становятся строго обоснованными знаниями о предмете.

Доказательство в соответствии с правилами логики включает три составляющих:

1. Тезис – утверждение, которое доказывается. Тезис должен быть точно и ясно сформулирован и оставаться неизменным в процессе доказательства. Случайная (тем более умышленная) подмена тезиса не- допустима, 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 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 встаем 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 (операции, 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 были рассмотрены в предыдущем разделе. По-видимому, истина лежит где-то посередине между привлекательными **идеями** нешаблонного мышления и жесткими правилами логики.

Что может ЭВМ?

Нередко можно услышать безапелляционное утверждение: решение получено на ЭВМ – значит, никаких сомнений в его эффектив-

ности 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, быстрое действие 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 принижать роль физического эксперимента. С отмеченных позиций, по-видимому, наиболее близок к истине будет тот, кто будет использовать ЭВМ по ее непосредственному назначению, а именно как инструмент.

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 об-

ласти 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. п.

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 (табл. 2) и преодолеть ряд объективных и субъективных трудностей как в функционально-структурном анализе проблемы, так и в оценке неопределенности (вероятности событий) и полезности последствий.

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

Укажем на главенствующую роль человека на всех стадиях процесса, особенно до его формализации, а также 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.

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 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.

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, относящихся к принятию решений.

1. Учить на примерах. Мы успели привыкнуть к тому, что программирование в современных компьютерах осуществляется на осно-

ве формализованных алгоритмов. В то же время большинство задач, явлений, процессов не поддаются традиционной формализации. Их можно охарактеризовать набором примеров («задачником»), среди множества которых в неявном виде проявляются закономерные свойства, т. е. достаточно полный набор примеров является специфическим описанием явления, включающем 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 в ней имеется давление. 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 – это 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 нейрноподобные. Они иллюстрируют «новизну» современной идеи нейросетей (новое – давно забытое старое) и ассоциативную модель их работы.

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

Нынешний этап развития теории нейросетей (нейроинформатика) представляет собой 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 результа-

тов. Строится, например, вариационный функционал с требованием минимальной квадратичной оценки отклонения, реализующийся 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.

Нейроинформатика и её приложения получают всё большие применения в математике (нейроматематика), в различных областях техники, в экономических, финансовых, медицинских, образовательных и других сферах (областях).

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. Почувствовав 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.

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 [7] (от лат. *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. Джонс [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.-кор. 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 1931-1932 гг. известный инженер-учёный В. П. Шухов для выпрямления высокого минарета знаменитого астронома Улугбека (XV в.) 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.

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 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, при строгом разделении времени на процесс выдвижения идей и 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 втором этапе следует тщательно обсудить их, дать 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 квар-

талов должен быть соединен с физическим моделированием. Тогда не будет смоговых ям во дворах, снежных заносов и бешеных сквозняков в проходах.

6. Создать службу регулирования (разрешения и запретов) деятельности вредной промышленности города и автотранспорта в зависимости от погодных условий.

7. Создать локальные (для отдельных домов или группы домов) воздухоочистительные устройства с соответствующим кондиционированием, в том числе ионизацией, а также организовать доставку чистого кондиционированного воздуха в квартиры в соответствующих контейнерах, соединить эту систему с медицинскими рекомендациями по Бутейко, т. е. создать систему централизованного искусственного воздухообеспечения домов в загазованных районах.

8. 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 реальны. Для этого, конечно, необходима определенная культура эксплуатации. Где взять деньги? Штрафовать вредные экологические предприятия, владельцев автотранспорта!

9. Принять меры по сокращению теплопотерь в городском хозяйстве, чтобы можно было ликвидировать одну из ТЭЦ как мощный источник загрязнения.

Вот сколько родилось интересных идей в процессе мозгового штурма!

Конференция идей

Конференция идей – одна из разновидностей коллективного творчества. От мозгового штурма она отличается, прежде всего, темпом проведения. Это, по сути, совещание 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, т. е. 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 его с дороги.

В ходе конференции идей прекрасным качеством является фантазия. В отношении этой прекрасной способности человека нужно исходить из того, что чересчур большие 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».

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, определяющим 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 есть 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 или противоречивой информации (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 вначале 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 по следующим темам:

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 части 4 [29] по разработке деловых игр для изобретателей и аспирантов:

- обоснование выбора темы диссертационной работы;
- эффективные строительные конструкции, в частности – сталежелезобетонные;
- учись изобретать технические системы (алгоритм Альтшуллера).

Следует указать, 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.

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, т. к. 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 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 недостаток. Его сущность состоит в процедуре взаимодействия экспертов без 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 различным ее составляющим.

3.6. Методы направленного поиска решения инженерных задач

*Теория и алгоритм решения изобретательских задач
Г. С. Альтшуллера*

Эти приемы разработаны известным изобретателем Г. С. Альтшуллером [21–23]. В основе теории решения изобретательских задач (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 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 неминусемому 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 иде-

альный 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).

Синектика

В основу синектики (от гр. – совмещение разнородных элементов) положен мозговой шторм, 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. Так как авторы метода считают, что умственная деятельность человека более продуктивна в незнакомой 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.

Метод контрольных вопросов

Метод контрольных вопросов 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. Приведем широко распространенный за рубежом вопросник А. Осборна:

1. Какое новое применение объекта 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.

Метод коллективного блокнота

Каждый участник получает блокнот, в который в общих чертах ежедневно заносит возникающие в процессе рассмотрения проблемы идеи, оценивает и определяет, какие из них могут обеспечить наилучшее решение задачи.

Одновременно формулируются наиболее целесообразные направления исследования на последующих этапах 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 всеми членами группы. Для выбора окончательного решения используется «мозговой штурм» или иной аналогичный метод.

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 обрабатывается 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, которая анализируется со всех точек зрения: функциональной, технологической, экономической и др.

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 ущерб «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.

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.

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.

Метод функционального изобретательства

Метод функционального изобретательства предназначен для ситуаций, в которых существующие конструкции достигли предела своего развития. Он 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.

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.

Кумулятивная стратегия Пейджса

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, появляться 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.

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.

Другие методы

В обзорах современных методов принятия решений [80,52,29,16] отмечается, что в настоящее время имеется уже несколько сотен ме-

тодов. Все эти методы ориентированы на различные классы задач, и их авторы не имеют общих позиций на природу инженерного творчества. Отсутствует установившаяся классификация этих методов. Например, автор [80] 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).

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, можно быстрее постичь 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 (п. 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 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 работы и роли 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 её решения, 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 вопросы: какую систему он рассматривает, обеспечена ли полнота набора элементов этой системы, какие связи существенны между элементами и др., т. к. 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 «активно» взялся за её решение, облакая его в математическую оболочку. Это, к сожалению, часто встречающаяся (можно сказать, типичная) ошибка ставящего проблему и принимающего решение.

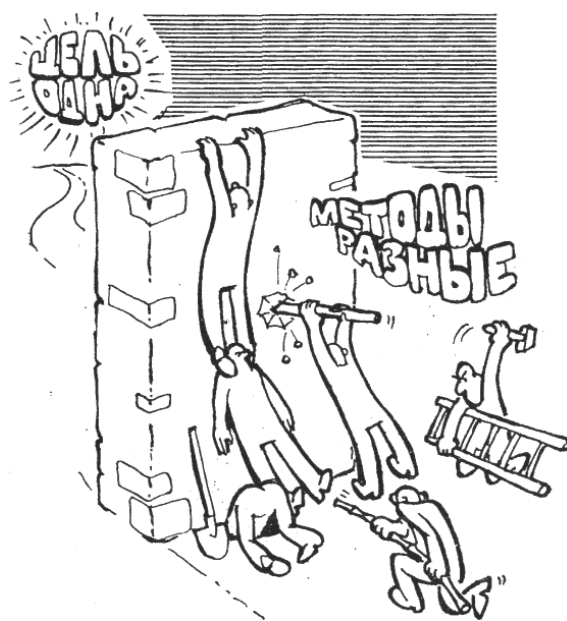
Другая ошибка состояла в стремлении во что бы то ни стало использовать аналитический аппарат, хотя сам процесс развития в рассматриваемой задаче не являлся непрерывным, имел скачки и разрывы (что отражалось в «белых пятнах» базы данных). Стремление диссертанта заполнить эти «белые пятна» в исходной базе данных явилось выражением его желания во что бы то ни стало применить соответствующий аналитический аппарат, в то время как дискретные чис-

ленные 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.

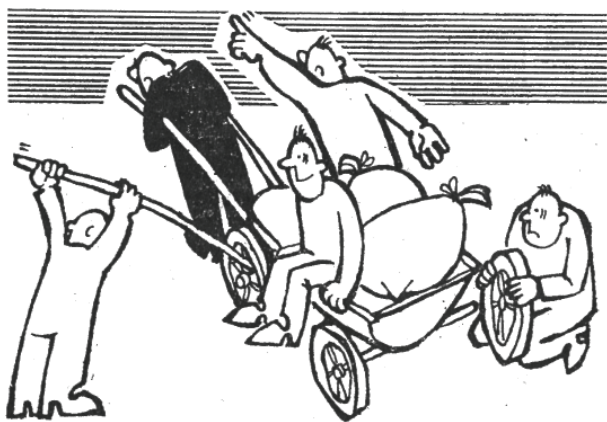
И, наконец, что особенно важно, диссертант не поставил задачу о применении альтернативной стороны подобной методики (условный противник, как в военной игре). Именно в столкновении, в противоборстве двух сторон, принимающих решение, по методологии диссертанта можно было бы сделать некоторые выводы.

Вопросы совершенствования принятия решений, управления проектами на современном уровне с использованием новейших компьютерных средств и ма-



тематических теорий продолжают интересовать и волновать специалистов. Недавно автор прочел две новые интересные книги. В одной рассматривается компьютерная поддержка принятия решений, используются экспертные системы, методы нечёткой логики и многое другое. В другой рассматриваются глубинные процессы того, как управлять проектами. Однако остаётся неудовлетворение после знакомства с такими книгами, т. к. даже прекрасное изложение «части» не может заменить «целого». Действительно, эти книги, посвященные некоторым проблемам принятия решения, показывают, как лучше использовать инструмент (компьютер), как качественнее организовать управление. Но ведь это лишь конечная часть творческого процесса принятия решения (управления). А главная 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 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 элемен-

тами, обеспечивающие желаемое функционирование системы. Только после этого будет верно определено место этапа принятия решения, которому посвящены книги. 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 следующему циклу.

*Итак, в чём же состоит системный подход
при 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 создают условия для рационального выбора структуры системы из возможного структурного многообразия. Именно здесь закладываются принципиальные основы для лучшего принятия решения.

Часть 2

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К НАУЧНОЙ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Глава 1

СИСТЕМНЫЙ АЛГОРИТМ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Системный алгоритм творческого мышления (САТМ) (рис. 1) основан на **триаде**: системный подход – законы развития – методы принятия решений, которая представляет собой эволюционную интеллектуальную систему. В части 2 данного учебного пособия описывается сущность системного алгоритма и его применение в изобретательской, образовательной и научной сфере по опыту Красноярской научной школы механиков и конструкторов. Представлен вариант системного тестирования понятий и знаний. Приведены сведения об эффективности разработанного системного подхода к творческому мышлению.

Активная творческая деятельность базируется на системном подходе, закономерностях функционирования и эволюции систем и многообразных методах принятия решения (см. ч. 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 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.

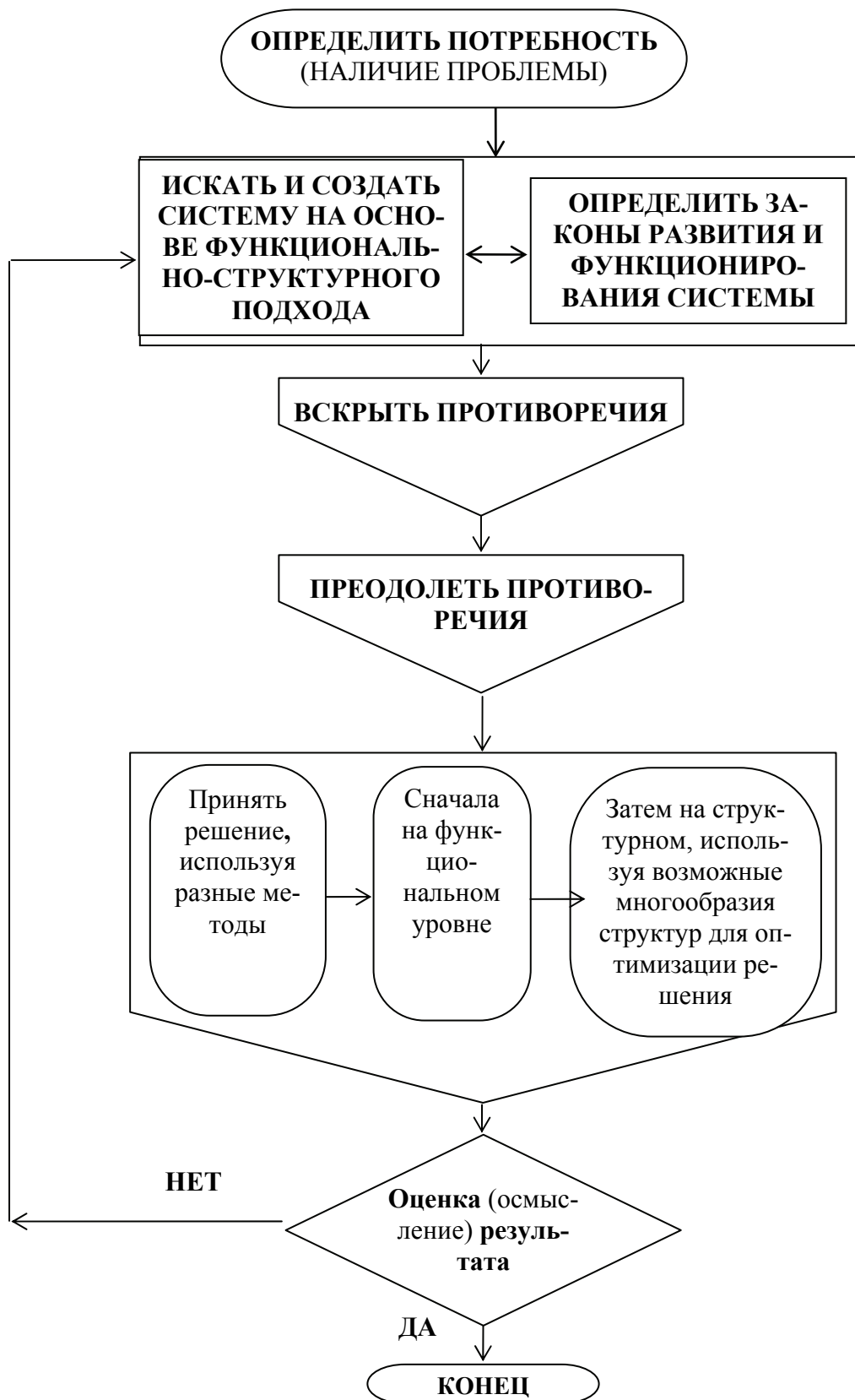


Рис. 1. Системный алгоритм творческого мышления

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 невозможным (нерациональным).

Таким образом, под системой понимается полный (целостный) набор функциональных элементов, связанных между собой так, что возможно достижение желаемой цели.

Обратим внимание, что здесь рассуждения ведутся на **функциональном** (а не структурном) уровне элементов и связей. Такой функционально-структурный подход закладывает априори возможности впоследствии 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 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 автор осуществил, например, в изобретениях (см. гл. 2):

- новых сталежелезобетонных конструкций, 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 опорах под надземные магистральные трубопроводы, объединенных с фундаментной плитой (это позволяет сохранить окружающую экологию в северных территориях);
- ряде конструкций, основанных на идее энергетического преобразования и перераспределения энергии.

4. Опираясь на принятый вариант преодоления противоречий, можно приступить к **формированию структуры, выбору ее лучшего варианта из многообразия возможных**. Здесь целесообразно использовать известные 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 (см. рис. 1).

Дополнительные рекомендации на разных этапах САТМ:

1. На этапе 1 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 подчинена 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 эффективный.

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.

* * *

Все этапы САТМ отражают объективные требования, что надо ясно осознавать при процессе творческого мышления. 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.

ПРИНЦИПЫ, ПОРОЖДАЮЩИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКТОРСКИЕ РЕШЕНИЯ

Изложение предлагаемой методики состоит из двух частей. Первая (общая) часть содержит рациональный вариант поиска принципов, альтернативных традиционным, реализация которых иллюстрируется примерами, открывающими новые направления развития формообразования конструкций (систем). Вторая часть посвящена инновационным конструкторским решениям, реализованным на основе полученных принципов с помощью системного алгоритма творческого мышления (САТМ). Здесь приведены основные принципы, а их системная реализация и рассмотрение дано в гл. 3.

Здесь (в гл. 2) предложены принципы, на основе которых с помощью разработанного системного алгоритма творческого мышления получены инновационные конструкторские разработки. Они позволили открыть и разработать несколько новых направлений научного развития в области строительства.

Эти направление получило инновационную конструктивную реализацию в виде серии патентов. Пользуясь классическими понятиями творческого мышления, можно определить разработанную методологию как путь от общего (функционального) решения к многообразию частных (конкретных) решений. Эта методология принципиально отличается от известных подходов, в частности теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) и различных методов принятия решений, которые ориентированы на поиск конкретных частных решений. Данная методология может быть полезна не только в области строительства, но и в других сферах техники.

2.1. Поиск альтернативных принципов

На **первом этапе** поиска необходимо, исходя из объективной потребности, проанализировать состояние развития проблемы и четко уяснить используемый традиционный принцип (подход), принятые ограничения и противоречия, раскрывающие его недостаточную эффективность (ограниченность) применения.

Второй этап – это определение (формулировка) альтернативного принципа, который свободен от основных противоречий и ограничений традиционного подхода, т. е. на **функциональном уровне** выявляются противоречия и ограничения и тем самым предопределяются принципиальные возможности (эффект, преимущества) его применения.

Третий этап нацелен на возможную реализацию альтернативного принципа на основе системного алгоритма творческого мышления (САТМ), т. е. на поиск структуры при конкретных условиях задачи. Отметим, что функциональная формулировка принципа содержит возможность **многовариантных** решений и выбора из них лучшего при изменении конкретных условий. Благодаря данной многовариантности, отвечающей за решение на функциональном уровне, открывается возможность разработки не одного, а целой серии изобретений.

В качестве иллюстрации данной методологии поиска альтернативных принципов приведем несколько примеров из опыта автора:

- **Принцип управления** конструкциями определен как альтернативный к традиционным неуправляемым конструкциям, позволяющий повысить их эффективность и надежность, в том числе за счет использования и преобразования части энергии внешнего негативного воздействия, а также перераспределения внутренней энергии деформирования.

- **Принцип строительства на слабых грунтах**, альтернатива которого состоит в использовании несущих свойств слабых грунтов без их предварительного усиления с помощью специальной техники.

- **Принцип повышения сейсмостойкости** зданий и сооружений с помощью внешней сейсмозащиты, которая традиционно не предусматривается. Традиционная сейсмоизоляция устраивается выше фундамента и поэтому допускает проникновение сейсмического воздействия **внутрь** здания.

- **Модификация известного кибернетического постулата**, указывающая на целесообразность совершенствования (доучивания) структуры системы на основе поступающей новой информации.

- **Принцип строительства на пучинистых грунтах**, основанный на совмещении несущих свойств конструкции и функции теплозащиты основания, он альтернативен разделению использованию этих функций и утверждает новые конструкции фундаментов, обеспечивающие надежность при производстве работ и последующей эксплуатации.

- **Принцип строительства зданий и магистральных трубопроводов** на вечномёрзлых грунтах, основанный на применении экологических конструкций, не нарушающих (сохраняющих) природное состояние легко ранимых вечномёрзлых грунтов.

- **Принцип применения нейросетевой технологии** к некоторым строительным проблемам, которые трудно поддаются формализации, в частности, к проблемам нейропрогнозирования, доучиванию систем на основе передового опыта их эксплуатации и др.

Пример поиска. Пусть известен традиционный принцип (подход). Надо понять и выделить основную причину ограничения (гипотезу), на которой базируется этот традиционный подход (принцип). После этого нетрудно сформулировать альтернативный принцип, исключающий эту практику, это ответ на первый вопрос, что я хочу.

Например, нормативный традиционный подход строительства на слабых грунтах основан на усилении слабого грунта разными специальными способами, т. е. природные несущие свойства этого грунта не используются, а преодолеваются. Искомый альтернативный принцип позволяет использовать, хоть и небольшие, но природные несущие свойства грунта, это ответ на вопрос, что для этого нужно. Можно представить: невозможно ходить по глубокому снегу в традиционной обуви, но можно на лыжах. Это уже ответ на следующий вопрос, как это сделать. Так зарождаются изобретения, причем, возможно, в разных формах.

2.2. Принцип создания управляемых конструкций на основе управления их напряженно-деформированным состоянием

Управляемые конструкции (рис. 2) в отличие от традиционных – это новый современный виток развития конструкций, оснащенных управляющим модулем, средствами прямой и обратной связи, представляющих в целом систему автоматического управления напряженно-деформированным состоянием конструкций (САУ НДС). Управление НДС открывает качественно новые возможности.

САУ НДС создаются на стыке механики, кибернетики, теории автоматического управления, электроники, прикладной математики, программирования, нейроинформатики и других разделов науки и техники.

Академик И. Ф. Образцов, руководитель отделения механики и процессов управления РАН, отмечал: «Коллективу авторов работы научно-образовательного комплекса «Управляемые конструкции и системы» принадлежит *несомненный приоритет в области создания управляемых конструкций* и гражданских сооружений. Разработанные коллективом принципы, методики и устройства для управления конструкциями являются оригинальными, выполнены на высоком уровне и отражены в большом количестве научных статей, монографий, учебно-методических пособий, лабораторных работ и изобретений».

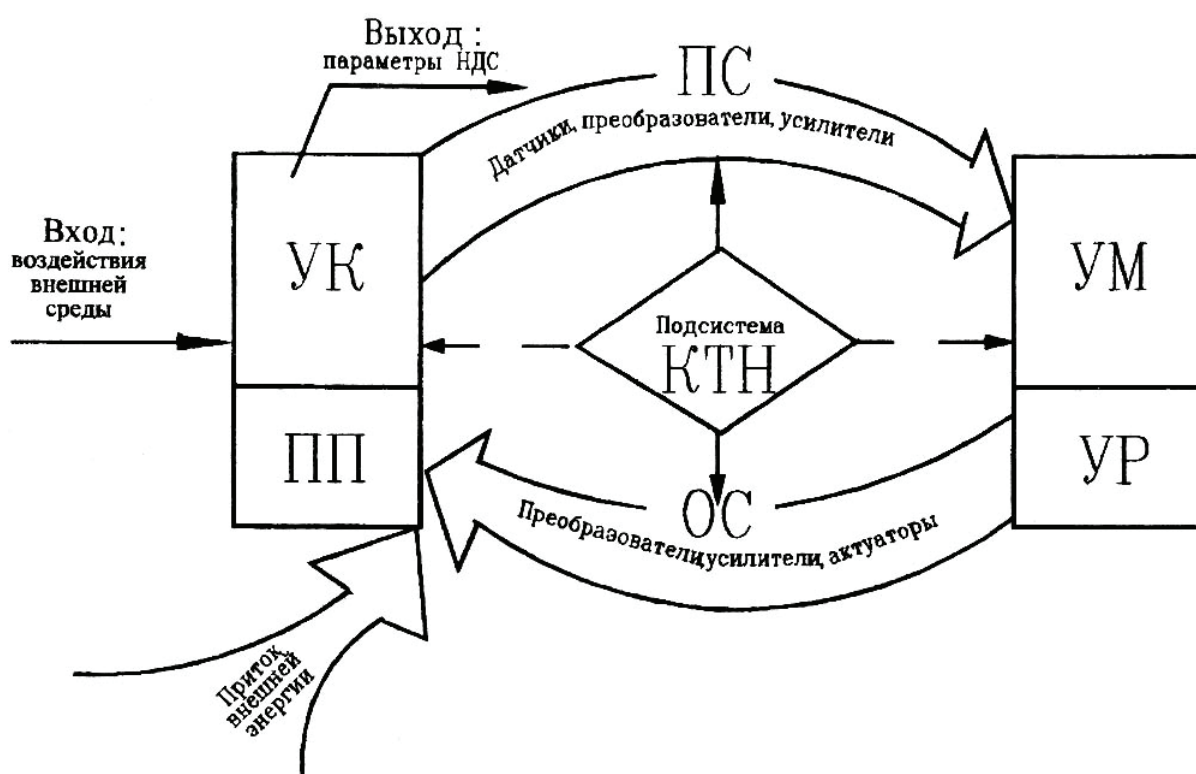


Рис. 2. Функциональная схема УК: УК – управляемые конструкции; ПП – переменные параметры; УМ – управляющий модуль; ОР – управляющее решение

В [84] приведена целая серия управляемых конструкций, защищенных патентами РФ № 55493, 1720065, 1730657, 1795505, 2010345, 2012063, 2041535, 2041727, 2050755, 2053539, 2068918, 2069029, 2073839, 2087622, 2090486, 2090693, 2105853, 2105959, 2120515, 2122188.

2.3. Принцип энергетического подхода

Пример изобретений на основе преобразования части внешней энергии
(энергетическую систему обеспечения САУ НДС см. на рис. 3)

Потребность: необходимо повышение эффективности (например, снижение веса) и снижение аварийности.

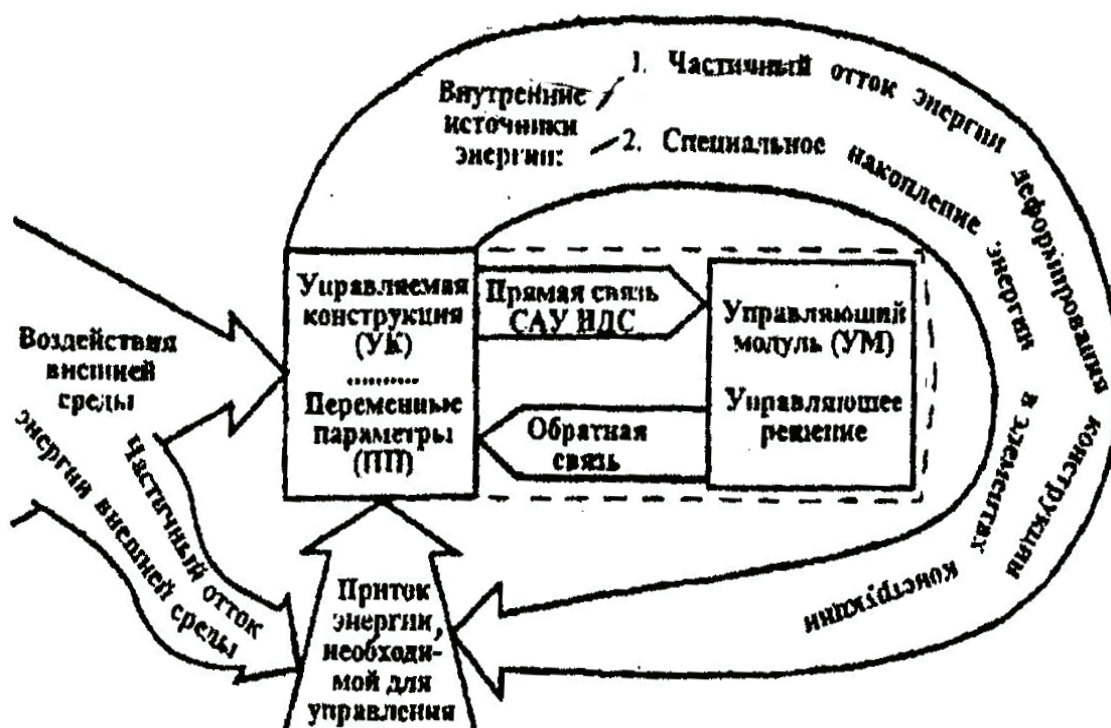


Рис. 3. Энергетическая система обеспечения САУ НДС

Система: традиционные строительные конструкции делают обычно неизменяемыми, без обратной связи и управления НДС.

Противоречие: поток энергии внешних воздействий рассматривается при проектировании как некая агрессия, на максимум сопротивления которой создается конструкция. Энергия внутреннего деформирования конструкции должна противостоять внешнему энергетическому воздействию. Противоречие состоит в том, что обычно эти процессы не рассматриваются с энергетических позиций и потому не используются приемы преобразования и перераспределения этой энергии для целей повышения эффективности и безаварийной работы конструкции.

Преодоление противоречий: часть внешней энергии («зло») может быть преобразована и использована для повышения сопротивляемости конструкций, т. е. в «добро».

Принятие решений:

Отбирается часть внешней энергии (например, ветра или водного потока, патенты РФ № 2041535, 2050755, 2068918, 2069029, 2090693), ее аккумулируют (например, с помощью «паруса»), а затем с помощью актуатора (например, рычага) перенаправляют воздействие в сторону противодействия.

На таком принципе запатентован ряд устройств для разных конструкций (патенты РФ № 2041535, 2090693, 2105853, 2120515).

Пример 1. Патент РФ № 2105853. Устройство автоматического управления деформированием высокой башни (рис. 4). Ствол башни соединен тросами-оттяжками с грузами-противовесами, расположенными на наклонных площадках, закрепленных на анкерных фундаментах. На горизонтальной площадке в верхней части башни имеется устройство автоматического управления деформированным состоянием от ветрового воздействия, которое выполнено в виде системы парусов-полотнищ на подвижных опорах. В наземной части имеются неравноплечие рычаги, концы которых соединены с грузами-противовесами, установленными на наклонной площадке. Паруса-полотнища на подвижных опорах соединены управляющими тросами с концами неравноплечих рычагов, на противоположном конце которых имеются грузы-противовесы, соединенные с тросами-оттяжками, другие концы которых прикреплены к стволу башни под наклонной площадкой.

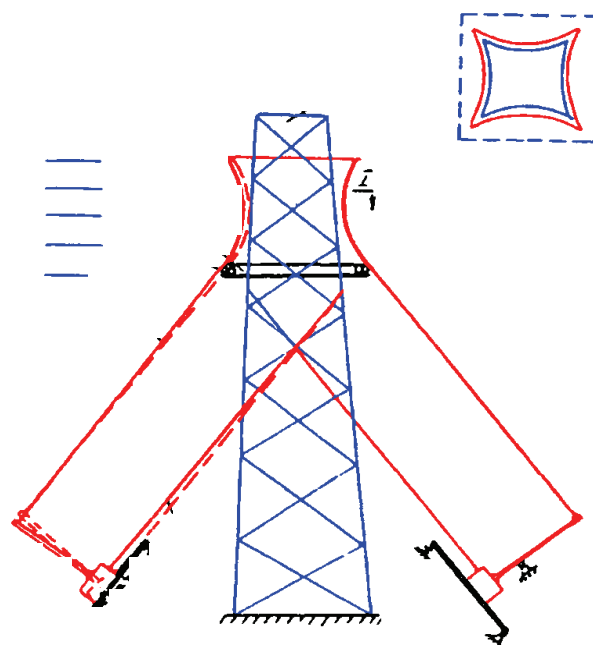


Рис. 4. Устройство автоматического управления высокой башней.
Патент РФ № 2105853

Пример 2. Для зданий (сооружений) применен такой порядок монтажа, т. е. постепенного нагружения собственным весом или до-

полнительными грузами, при котором происходит частичное разгружение смонтированной части. Патенты РФ № 2090693, 2105853.

*Пример энергетического подхода
к конструированию за счет преобразования и перераспределения
внутренней энергии деформации*

Потребность: повышение эффективности конструкций.

Противоречие: внутренняя энергия сопротивления при деформировании конструкции распределяется по ее частям неравномерно. Одни части (сечения) разгружаются, а другие нет.

Преодоление противоречия: целесообразно распределить и перенаправить внутренние энергетические потоки в более опасные места, отобрав часть энергии из менее опасных мест.

Принятие решения:

Патент № 2068918. Перераспределение энергии можно осуществить при помощи рычажных и блочных устройств, усилив опасные места или повысив жесткость и уменьшив амплитуду колебаний.

О равнопрочных конструкциях

В ряде случаев целесообразно в конструкции «выровнять» напряжения в опасных сечениях, приблизив конструкцию к равнопрочным,

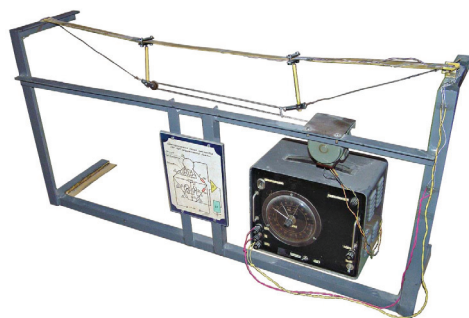


Рис. 5. Автоматическое управление напряженно-деформированным состоянием шпренгельной балки. Патент РФ № 2010345

т. е., например, надо создать устройство, обеспечивающее создание уравнивающего процесса (рис. 5). В природе есть много процессов, которые стремятся к выравниванию потенциалов, к уравниванию (например, с помощью электрической схемы Уитсона, сообщающихся сосудов и др.).

Соединив конструкцию с подобными равновесными процессами, можно добиться автоматического результата (патент РФ с мостом Уитсона № 2010345).

Отметим, что данное изобретение основано на достаточно общих принципах, используя которые можно продолжить серию конкретных изобретений.

2.4. Принцип строительства в сложных грунтовых условиях и сейсмических районах

Особенностью данной изобретательской темы является то, что имеется существенная неопределенность со стороны внешних воздействий (например, возможных просадок и неравномерного деформирования грунтов и их параметров, также величины сейсмического воздействия, отставания теории и т. п.). Эта проблема не решается «в лоб», но строить надо. Предложен обходной принцип решения подобных проблем, который состоит в том, чтобы создать конструкцию, малочувствительную к таким негативным неопределенным условиям.

Такой путь привел к созданию пространственных фундаментных платформ (ПФП) для строительства в сложных грунтовых условиях и сейсмичности [111], который является реализацией принципа использования для строительства естественных (природных) несущих свойств слабых грунтов без специального усиления, позволяющий сохранить наземную и подземную экологию среды. Данный принцип альтернативен существующему традиционному подходу к фундаментостроению на слабых грунтах, прописанному в ГОСТах, которые либо запрещают строительство, либо регламентируют усиление фундаментов специальными средствами.

Для реализации предлагаемого принципа разработаны ПФП и их различные конструктивные решения, в том числе для слабых грунтов в сейсмических районах. Может показаться, что данный подход в принципе не экономичен по расходу материала, т. к. не соответствует (противоречит) традиционным решениям, которые ориентированы на максимальное (предельное) использование несущих свойств грунтов. Такой традиционный экономический подход к проектированию фундаментов не соответствует системной экономической оценке всего здания вместе с фундаментом, включая затраты не только на строительство, но и на эксплуатацию.

Пример 1. **Потребность** в эффективном решении данной проблемы очевидна, т. к. имеется много неудобных земель, а строить надо эффективно, надежно и недорого. **Противоречия:** существующие методы, как правило, нацелены на усиление слабых грунтов или пренебрежение их несущими свойствами (например, путем использования свайных фундаментов) и приспособление традиционных фундаментных конструкций к этим условиям.

Преодоление противоречий: создание сплошных пространственных фундаментных платформ (ПФП), которые обладали бы большой распределительной способностью передачи нагрузки на грунт, что позволило бы использовать слабые свойства грунтов (без их усиления) и сделать их малочувствительными к возможным неравномерным осадкам (просадкам). Примеры: человек для передвижения по глубокому снегу не занимается «укреплением» снега, а создает конструкцию лыж; для передвижения по воде создается определенная форма корабля.

Принятие решений: ПФП придана форма системы пересекающихся многодвутавровых железобетонных балок (верхняя и нижняя плиты, соединенные системой ребер), обладающих повышенной жесткостью при эффективном расходе материала. Внутреннее пространство ПФП используется для совмещения функций: для утепления, для размещения оборудования или как проветриваемое подполье, а наружная поверхность ПФП служит несущим полом. Для повышения жесткости верхнее строение соединяется с ПФП в цельную замкнутую конструкцию (систему).

Многовариантность решения: разработаны и запатентованы монолитные, сборные и сборно-монолитные ПФП (патенты РФ № 38789, 45450, 50553, 55388, 64650, 2206665, 2273697), в том числе для зданий и сооружений и резервуаров (патенты РФ № 29738, 53342, 59650, 63375, 2215852).

Пример 2: Патент № 45410. Монолитная пространственная фундаментная платформа выполнена из двух тонких железобетонных фундаментных плит, расположенных одна над другой, монолитно скрепленных между собой перекрестными железобетонными балками. Пространство между перекрестными железобетонными балками заполняется утеплителем, например керамзитом. Между монолитной пространственной фундаментной плитой и основанием расположен скользящий слой из материалов с низким значением коэффициента трения.

В дополнение разработаны и запатентованы здания замкнутого типа и сооружения и резервуары, объединенные с пространственными платформами (патенты РФ № 29738, 59650, 63375, 2215852).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ

Проблемы формообразования имеют междисциплинарный характер и выделяются в самостоятельную современную науку, обобщающую многогранные частные традиционные аспекты (науки). В то же время формообразование остается искусством, предметом творческого нешаблонного произведения. В инженерных науках и опыте сложился ряд рекомендаций по рациональному формообразованию.

Однако общие закономерности в науке формообразования еще не выявлены и не установлены. В связи с этим целесообразна попытка рассмотреть обобщающую науку формообразования с наиболее общих позиций в природе и технике, какой является энергетический подход.

Выдающийся рывок в этом направлении сделал А. Эйнштейн, связав энергию с массой тела. Но в этом глобальном подходе форма тела и ее изменение (деформация) не учитываются. В практических инженерных задачах выбор формы тела и учет ее изменения имеют решающее значение.

Внешние воздействия на упругое твердое тело (сооружение), совершая работу по деформированию этого тела, заряжают его внутренней энергией, которая проявляется, например, при снятии внешней нагрузки, стремясь вернуть тело в начальное состояние. Развитие строительной механики и конструирования существенно основывается на этом подходе. Однако эти традиционные соображения далеко не охватывают всего многообразия энергетической взаимосвязи с формообразованием создаваемых конструкций. Необходимо более глубокое осознание понимания роли энергетического взаимодействия, которое позволяет не только рационально проектировать, но и находить новые решения.

Отметим, что в механике деформированного твердого тела энергетический подход не получил достаточного развития, хотя сформулированы и используются вариационные (энергетические) принципы.

На рис. 6 приведены принципы энергетического подхода для рационального формообразования.

3.1. Принцип энергетической проводимости через элементы системы

От места приложения внешнего воздействия до опоры – это необходимое условие успешной работы (функционирования) системы. Увеличивая (или уменьшая) энергетическую проводимость, можно управлять сопротивляемостью (работой) системы.

На энергетическую проводимость как на обязательный закон функционирования технической системы указал Г. С. Альтшуллер – создатель ТРИЗ. Фактически это необходимый системный признак, содержащийся в понятии системы.

При проектировании конструкций разработчик должен проследить все траектории силового и деформационного потока через все элементы и связи от места нагружения до опор, убедиться в их непрерывности, выявить «узкие» места (концентрации), определить замкнутость, т. е. уравновешенность и устойчивость силовых полей, и т. п. (рис. 6).



Рис. 6. Схема энергетических принципов активного формообразования конструкций

Традиционно это выражается в рассмотрении (анализе) напряженно-деформированной схемы (эпюр усилий) и проверке прочности

ряда опасных поперечных сечений. Но такой дискретный подход часто не создает осознания целостности энергетической проводимости в конструкции и эффективности ее работы. Сознательное прослеживание энергетической проводимости более предпочтительно для рационального проектирования. Яснее и четче выявляются входные и выходные расчетные параметры (условия) для каждого элемента и связей между элементами.

Отметим, что энергетическую проводимость необходимо оценивать с позиций не только статики, но и динамики (в том числе согласования ритмики отдельных частей системы).

3.2. Принцип энергетической защиты от «вредных» внешних воздействий

Осуществляется путем изменения (или регулирования) связей или установки специальных устройств между внешней нагрузкой и конструкцией или создания динамического противодействия с помощью дополнительного процесса.

Защита от «вредных» динамических (например, сейсмических) воздействий возможна с помощью защитных и изолирующих устройств (рассеивающих, диссипативных), препятствующих полностью или частично проникновению внутрь системы динамического воздействия. Здесь возможно многообразие различных устройств и проектов, имеется простор для творческих решений. Остановимся на некоторых из них применительно к сейсмозащите и сейсмоизоляции.

Применение средств сейсмоизоляции традиционно основано на включении внутри конструкции (как правило, над фундаментом) устройств либо гасящих колебания, либо рассеивающих энергию, т. е. сознательном расчленении элементов системы путем установки между ними гасящих или диссипативных связей. Таким путем эффект достигается за счет некоторого ослабления системы и снижения ее целостности.

Другой подход к этой проблеме заключается в идее прерывания (полном или частичном) тех связей, через которые на всю систему целиком (т. е. на фундамент и верхнее строение) передается внешнее динамическое воздействие, т. е. без нарушения целостности системы. При сейсмике это главным образом тангенциальные связи (трение) между основанием и фундаментом (если исключить лобовое со-

противление фундамента волновому фронту). Для реализации данной идеи предложены конструкции наземных незаглубленных сплошных пространственных фундаментных платформ (ПФП) на скользящем слое, расположенном между ПФП и основанием так, что целостность системы («фундамент – верхнее строение») не нарушается (рис. 7–11).

Такое формообразование системы в значительной мере защищено от больших сейсмических воздействий, а соединение ПФП с верхним строением в цельную многосвязную замкнутую систему еще более повышает сейсмостойкость. Эффективность данного решения весьма привлекательна, если учесть, что ПФП имеет повышенную жесткость при относительно малом расходе материала благодаря пространственной форме, совмещает в себе ряд функций (конструктивных и эксплуатационных), не нарушает подземный гидрогеологический режим и выгодна для строительства в сложных грунтовых условиях.

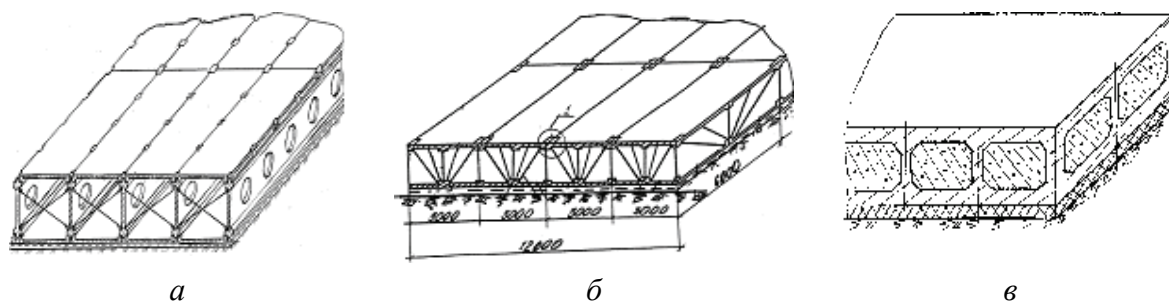


Рис. 7. Пространственные фундаментные платформы для строительства на слабых и вечномёрзлых грунтах и в сейсмических районах: *а* – сборная железобетонная платформа (патент РФ № 38789); *б* – сборная сталежелезобетонная фундаментная платформа (патент РФ № 2206665); *в* – монолитная фундаментная платформа с утеплителем (патент РФ № 45410)

Скользящий слой расположен между фундаментной платформой и основанием.

Данный подход приобретает особо важное значение в условиях **неопределенности** внешних воздействий, например таких, как сейсмические или как неравномерные просадки грунтов и др.

Формообразование здесь направлено на создание **конструкций, малочувствительных** к неопределенным негативным воздействиям, а также снижение их уровня.

Такое конструктивное формообразование повышает безопасность строительства в условиях неопределенности и тем самым компенсирует недостаточный уровень развития теории.

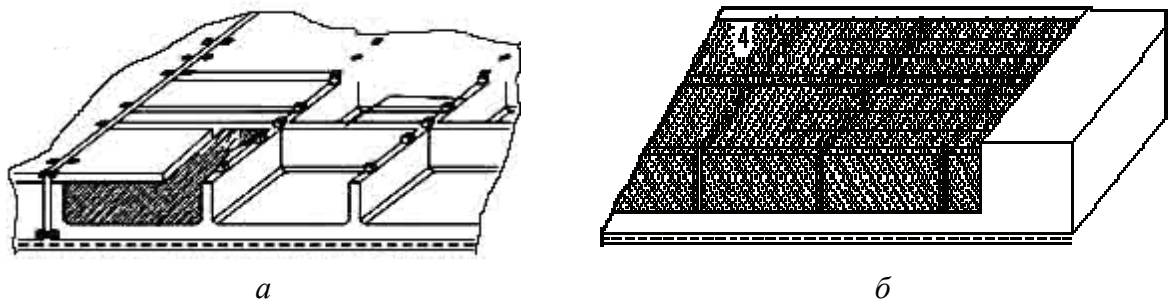


Рис. 8. Варианты пространственной фундаментной платформы на скользящем слое для малоэтажного строительства: *a* – сборный; *б* – монолитный. Патент РФ № 55388

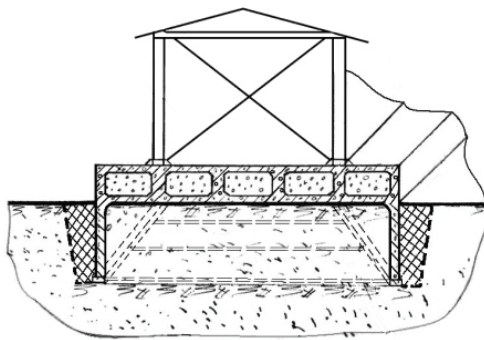


Рис. 9. Пространственная фундаментная платформа со «стеной» в грунте под здания и сооружения для строительства на слабых грунтах и в сейсмических районах. Патент РФ № 64650. Между «стеной» и грунтом устроен защитный зазор с «мягким» наполнителем

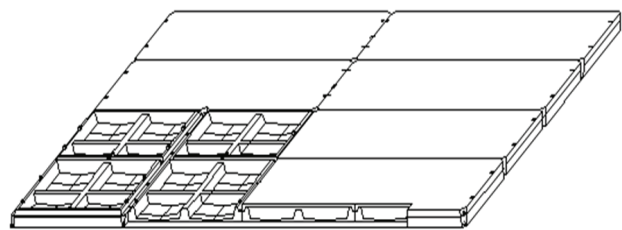


Рис. 10. Пространственная железобетонная фундаментная платформа в сборном и сборно-монолитном варианте для малоэтажного строительства в сложных грунтовых условиях. Патент РФ № 69094

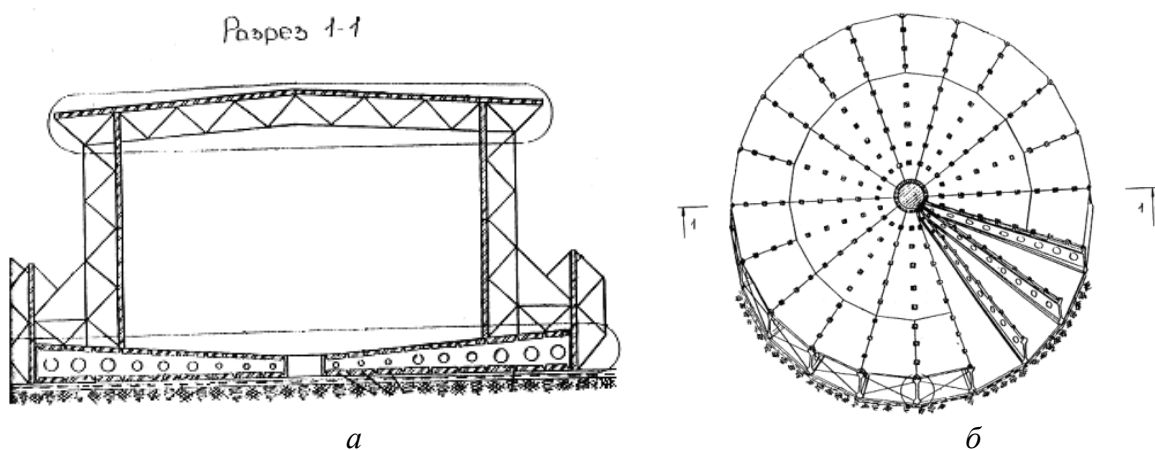


Рис. 11. Пространственная фундаментная платформа на скользящем слое, объединенная с резервуаром в замкнутую систему, для строительства на слабых, вечномёрзлых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах: *a* – разрез 1-1; *б* – вид сверху. Патент РФ №2273697

Отметим другой способ энергетической защиты, который можно назвать активным. Его суть в **принципе динамического противодействия**, т. е. создании дополнительного динамического процесса, нацеленного на противодействие вынужденным воздействиям на конструкцию. Этот принцип используется для активного управления конструкциями.

3.3. Принцип перераспределения энергии деформирования

Во многих конструкциях напряженно-деформированное состояние, а следовательно, и энергетическое распределение, весьма неравномерны, т. е. имеются некоторые резервы, которые целесообразно было бы использовать для укрепления (поддержки) более напряженных мест (сечений) конструкций. Таким образом, возникает целесообразность некоторого перераспределения энергии деформации. Это становится возможным, если, например, дополнить традиционную конструкцию специальными устройствами, способными воспринимать (возможно аккумулировать), а затем преобразовывать и передавать в желаемое место соответствующее воздействие.

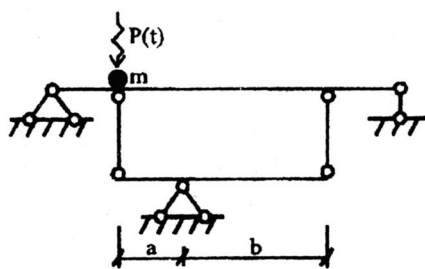


Рис. 12. Пример перераспределения внутренней энергии балки для управления колебаниями простой балки

Пример реализации такого решения применительно к уменьшению вынужденных колебаний простой балки с помощью рычажного устройства дан на рис. 12. На балку постоянного сечения действует динамическая нагрузка $P(t)$. Удаленное от нагрузки сечение менее напряжено, его прогиб меньше, чем под нагрузкой. Изменяя плечи рычага, можно влиять (уменьшить) на амплитуду колебаний под нагрузкой.

Отметим, что данный принцип перераспределения внутренней энергии охватывает и применения традиционных демпферных (диссипативных) устройств между отдельными элементами конструкции с целью их защиты путем рассеивания (или поглощения) энергии возмущающего воздействия. Однако эта энергия, как правило, поглощается и не используется для преобразования и усиления слабых мест конструкции.

3.4. Принцип преобразования части энергии внешнего воздействия для создания большего сопротивления («внешнее зло превратить в добро»)

Традиционно внешнюю нагрузку рассматривают как «зло», которому должна сопротивляться конструкция. Однако часть «вредной» энергии внешнего воздействия можно отбирать, преобразовывать и направлять на противодействие, используя специальные управляющие устройства (рис. 13–16). На этом принципе основано, например, автоматическое управление деформированием мачт, вантового моста, подкрановой балки, плотины, сейсмостойкостью здания и др.

Для снижения колебаний башни используется часть ветровой энергии, которая аккумулируется подвижным «парусом» и передается для противодействия башне.

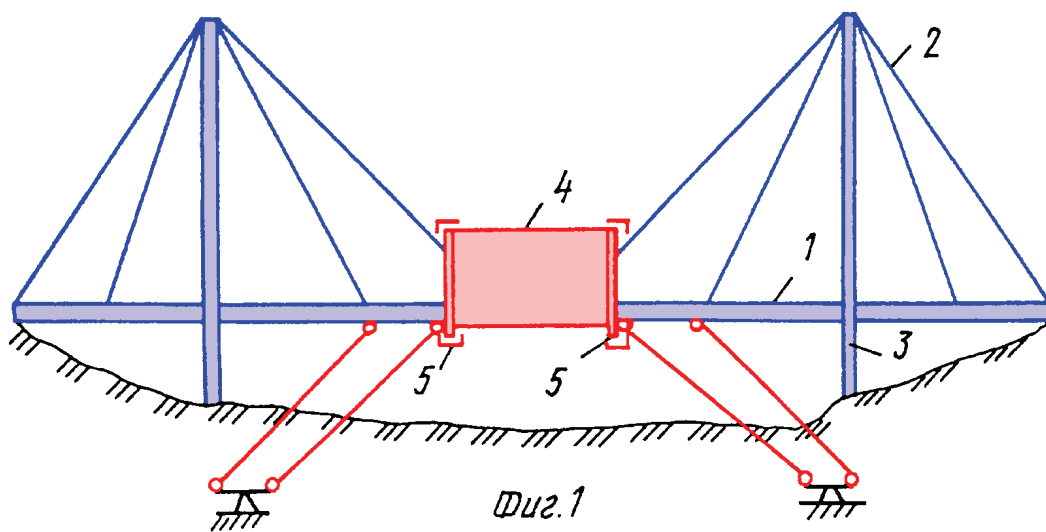


Рис. 13. Устройство защиты моста от бокового ветра.
Патент РФ № 2120515

Часть энергии ветра с помощью «подвижного» паруса аккумулируется и передается с помощью троса и рычажного устройства мосту для повышения его боковой сопротивляемости.

Часть энергии поднимаемого груза используется для повышения сопротивляемости подкрановой балки.

Инерционная подвижность вспомогательных масс 2 от сейсмического воздействия способствует стабилизации основной конструкции 1.

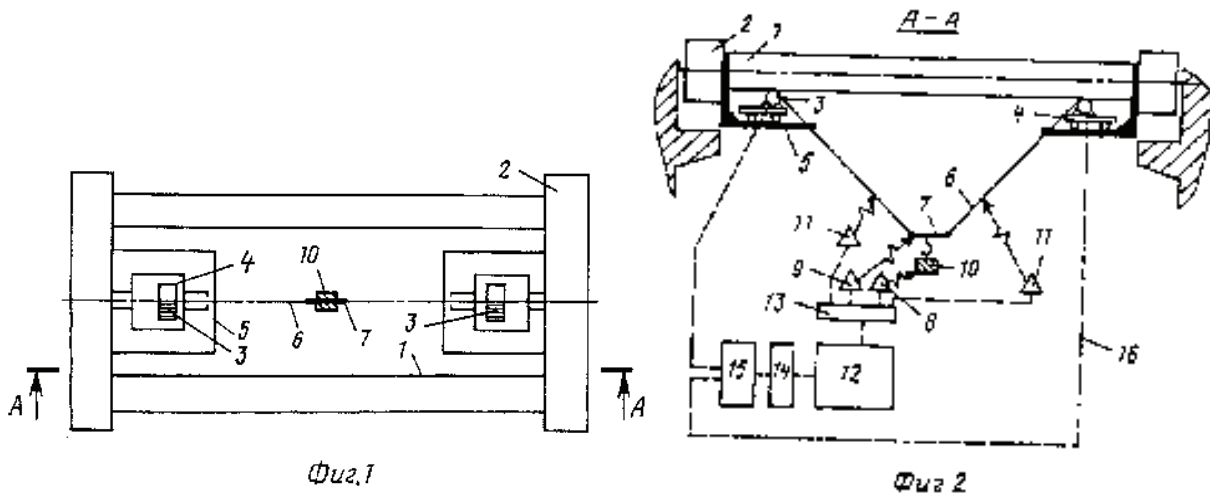


Рис. 14. Кран с системой автоматического управления.
 Патент РФ № 2090486

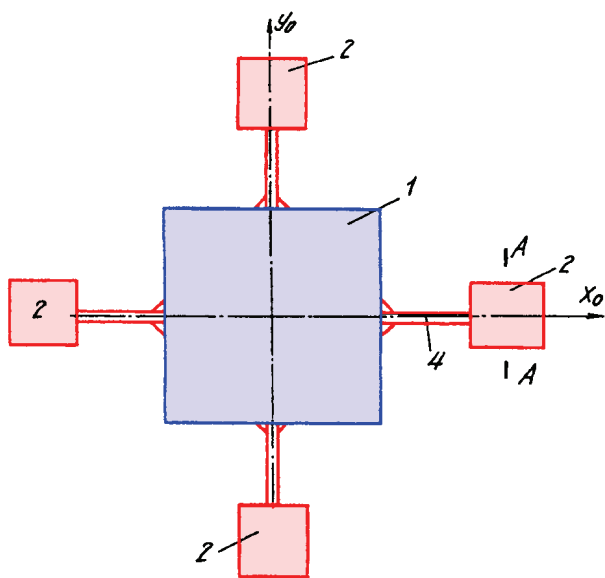


Рис. 15. Сейсмостойкое здание, сооружение.
 Патент РФ №2087622

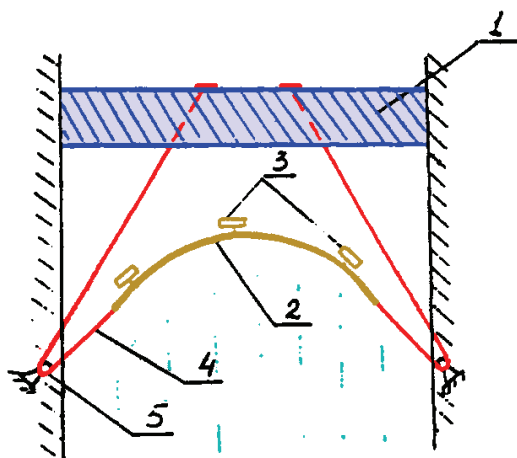


Рис. 16. Плотина. Патент № 2090693

Гибкая подвижная мембрана 2 воспринимает часть энергии гидравлического удара, преобразует его и передает на плотину 1 для динамического противодействия.

3.5. Принцип предварительной энергетической зарядки системы (аккумулирования), в том числе предварительного напряжения

Этот принцип традиционно используется, например, в железобетоне для снижения трещиностойкости и других усилий для разгрузки более напряженных частей конструкции путем создания «обратного» напряжения и других целей.

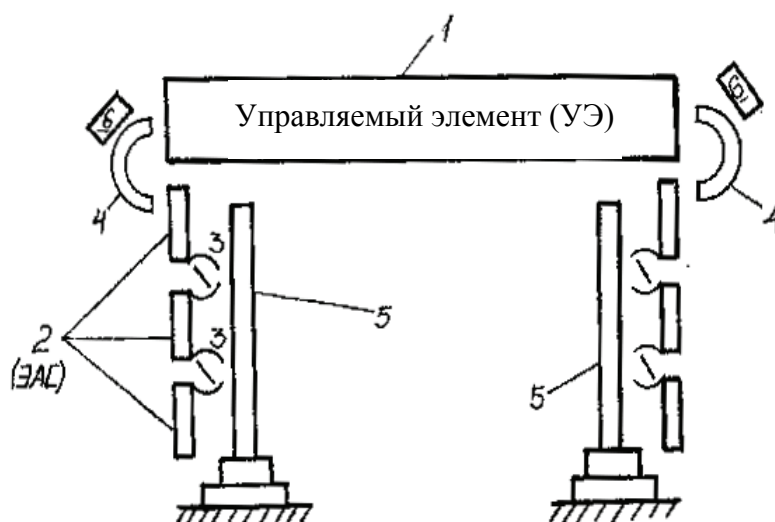


Рис.17. Пример функциональной схемы устройства для управления строительной конструкцией с помощью накопленной потенциальной энергии.
Патент РФ № 2068913

Для этого могут использоваться дополнительные нагрузки и специальные разгрузочные перераспределительные устройства, а также такая структура системы, при которой одна часть разгружает более напряженную (рис. 17). Накопленная при подъеме элементов (монтаже) потенциальная энергия может использоваться для управления конструкциями.

3.6. Автоматическое управление конструкциями за счет притока внешней энергии - САУ НДС. Энергетический принцип управления конструкциями

Управление конструкциями представляет собой высший этап развития и формообразования современных конструкций, который непосредственно базируется на энергетической основе. Действительно, если классическая механика и конструкции изучали системы, связанные с постоянством или оттоком энергии, ее идеализированным сохранением, постоянством (консервативные системы) или рассеиванием, диссипацией (неконсервативные системы), то для создания и функционирования управляемых конструкций необходим **приток** энергии. Это **активно** управляемые динамические системы.

Таким образом, энергетический принцип управления конструкциями непосредственно (системно) связан с притоком энергии, источниками ее получения и рациональными формами ее использования.

Управление конструкциями (САУ НДС) невозможно без притока внешней энергии. Рациональное управление может использовать отбор и преобразование части внешней или внутренней энергии.

Активно управляемая конструкция – это система, состоящая из целостного набора элементов: механической части конструкции с переменными параметрами и управляющего модуля, вырабатывающего решение об эффективных значениях переменных параметров, а также прямой и обратной связи между этими элементами (включая актуатор), обеспечивающими заданное функционирование управляемой конструкции на основе притока внешней энергии, причем источник энергии целесообразно рассматривать как один из элементов данной системы.

Различные примеры применения энергетического принципа автоматического управления приведены на рис. 13–18. Общие схемы и методы управления конструкциями разработаны в [105]. Энергетический принцип управления принципиально связан с кругооборотом энергии: притоком, проходимостью, перераспределением и преобразованием, а также отводом (оттоком), соответствующей защитой. Проходимость и преобразование энергии происходит при различных формах обратной связи в управляемой системе, среди которых можно выделить следующие варианты управляемых связей:

- уравнивающие – позволяющие стабилизировать состояние системы;

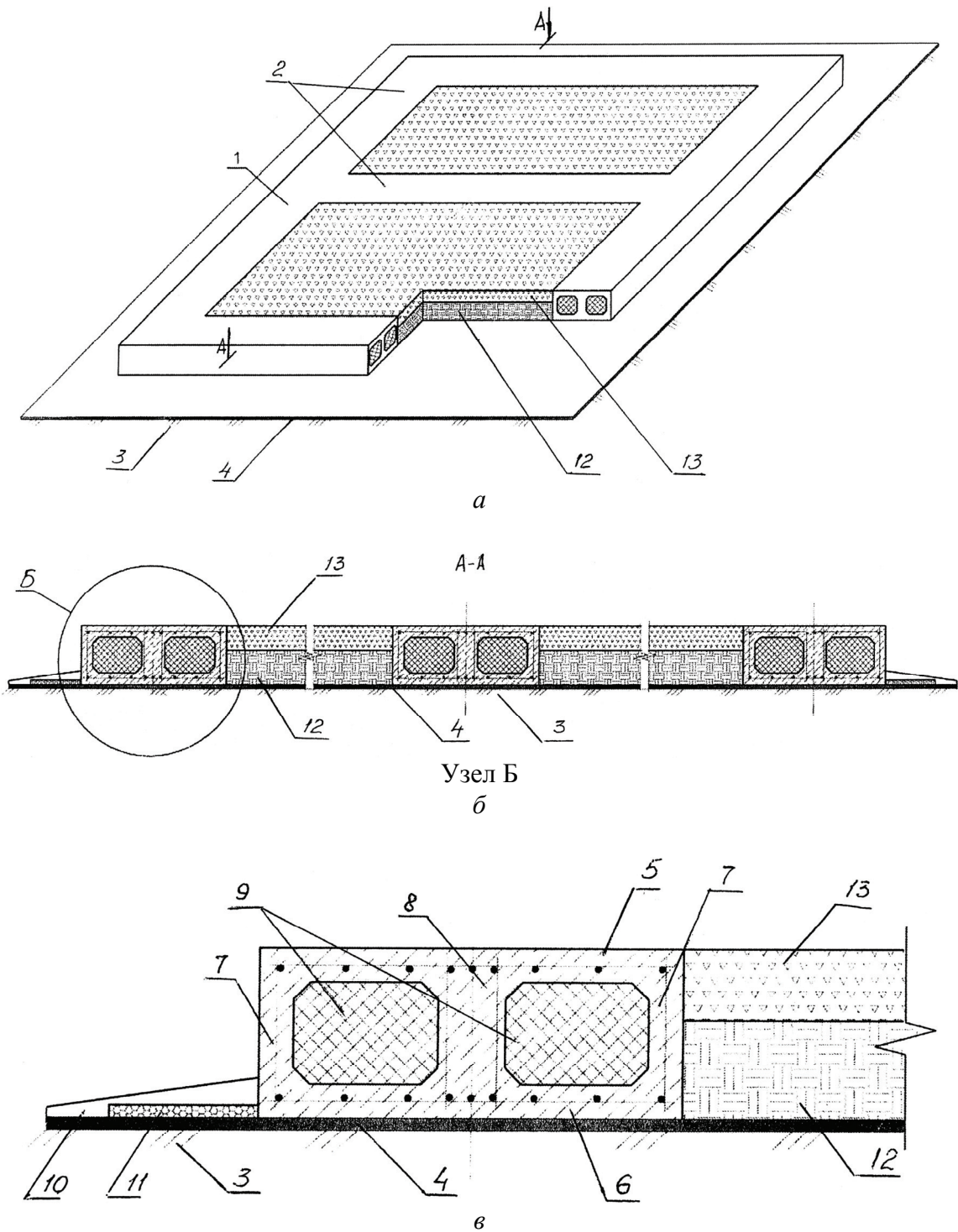


Рис. 18. Плитно-рамный фундамент для малоэтажного строительства: а – общий вид фундамента; б – вид сбоку; в – узел Б: 1 – плитно-рамный фундамент; 2 – элементы фундамента; 3 – выровненное основание; 4 – гидроизоляционный слой; 5 – верхняя железобетонная плита, 6 – нижняя железобетонная плита; 7 – крайние боковые ребра; 8 – утолщенное среднее ребро; 9 – плитный утеплитель; 10 – отмостка; 11 – утеплитель для пучинистых грунтов; 12 – земляная масса; 13 – утеплитель

- усиливающие – способствующие желаемому изменению системы;
- упреждающие – предотвращающие нежелательные состояния (аварии).

Важно отметить, что для реализации энергетического принципа активного управления конструкциями используются все приведенные энергетические принципы формообразования конструкций, обеспечивающие приток энергии, ее источники и использование.

Это принципы: энергетической проводимости, энергетической защиты, перераспределения энергии деформирования, преобразования части энергии внешнего воздействия, предварительной зарядки (аккумуляции) энергии.

Среди форм и принципов управления энергетическими воздействиями следует указать следующие: создание динамического противодействия с помощью вспомогательного динамического процесса; трансформацию внешнего воздействия на конструкцию, включая использование дополнительной «разгружающей» нагрузки, а также возможность изоляции конструкции или ее части от внешней среды; мобилизацию внутренних ресурсов системы с использованием истории создания (монтажа) системы; перестройку структуры и организацию взаимодействия ее частей с помощью управляемых связей.

Отметим, что существуют **пассивно** управляемые конструкции, в которых управление сознательно осуществляется за счет отвода части энергии или ее перераспределения между отдельными частями конструкции с помощью различных демпферов, поглотителей энергии, улучшающих ее функционирование или предотвращающих аварийное состояние. Если научить эффективно реализовывать управляемый отвод механической энергии, его аккумуляцию и передачу от одной части конструкции к другой внутри системы, то тогда, вероятно, откроется новая возможность управления конструкциями наряду с активными подходами и различными комбинациями.

На основе системного подхода следует отметить, что наряду с энергетическими аспектами весомый вклад в активное формообразование вносят также идеи пространственности, управления конструкциями, взаимодействия с внешней средой, включая требования экологичности, преодоления неопределенности, обеспечение живучести и безопасности, подчинение социальным желаниям, выражения архитектурной выразительности и красоты [9–10].

НОВЫЙ ПОДХОД К ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЮ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

4.1. Новый принцип фундаментостроения для малоэтажных зданий на слабых грунтах

Предложенный принцип (табл. 3) альтернативен традиционным нормативным подходам и основывается на использовании естественных несущих свойств слабых грунтов без предварительного усиления специальными средствами путем пространственного формообразования фундаментной системы (например, ПФП или плитно-рамной системы), обладающей большой распределительной способностью благодаря повышенной жесткости при малом весе и потому малочувствительной к неравномерным негативным деформациям (осадкам, просадкам, пучинистости и пр.) слабых грунтов, совмещающей в себе конструктивные (несущие, ограждающие) и технологические (в том числе теплоизоляционные) свойства.

Таблица 3

Сопоставительный анализ

Новый принцип формообразования на слабых грунтах	Традиционные подходы, включая СП-50-109-2004, §8
Используются несущие свойства слабых грунтов без предварительного усиления специальными средствами и тяжелой техникой. Сохраняется природная структура грунта	Естественными несущими свойствами слабых грунтов пренебрегают. Применяется усиление грунтов специальными средствами с помощью тяжелой техники. Природная структура грунта нарушается
Не нарушается сложившийся естественный режим подземных вод. Максимально сохраняется окружающая экология	Нарушается подземный гидрогеологический режим, что негативно проявляется при эксплуатации. Требуются специальные защитные мероприятия
На основе рационального пространственного формообразования обеспечивается повышенная жесткость фундаментной системы при ее сравнительно малом весе и большой распределительной способности	Традиционные ленточные фундаменты сплошного поперечного сечения не имеют должной пространственной жесткости и имеют достаточно большой вес, что невыгодно при слабых грунтах. Применение свай для малоэтажного строительства нежелательно

Новый принцип формообразования на слабых грунтах	Традиционные подходы, включая СП-50-109-2004, §8
Малая чувствительность к негативным неравномерным деформациям грунтов (осадкам, просадкам, пучению и пр.)	Традиционные решения, как правило, весьма чувствительны к неравномерным деформациям грунтов
Применимость фундаментной системы практически при всех сложных инженерно-геологических условиях (специфические грунты, высокий уровень подземных вод и др.). Не требуются углубленные инженерные изыскания грунтов	Имеются различные конструкции фундаментов в зависимости от типа слабых грунтов на основе глубоких инженерных изысканий
Удобно совмещение несущих конструктивных и технологических функций при строительстве и эксплуатации	Совмещение конструктивных и технологических функций, как правило, не производится, т. к. конструкция фундамента к этому не приспособлена
Новый принцип эффективен для применения в сейсмических районах путем устройства скользящего слоя между платформой и основанием	Конструкции фундаментов для сейсмических районов недостаточно разработаны
Экономичность в процессе строительства (по материалоемкости, трудозатратам и срокам строительства), а также в процессе эксплуатации (уменьшение теплопотерь, повышение надежности)	Производственные затраты при строительстве значительно выше, а снижение эксплуатационных расходов, как правило, не планируется и в расчет не принимается

При этом обеспечивается сохранение экологии окружающей среды, а также не нарушается природный гидрогеологический режим подземных вод. Достигается экономичность при строительстве, а также при эксплуатации (долговечность, ремонтноспособность, комфортность, сокращение теплопотерь).

4.2. Примеры реализации предложенного принципа фундаментостроения

Реализация предложенного принципа фундаментостроения на слабых грунтах осуществлена на ряде объектов в Красноярске в виде пространственных фундаментных платформ и поддержана патентами и заявками на изобретения [111].

Пространственные фундаментные платформы для строительства в сложных грунтовых условиях

Разработаны пространственные фундаментные платформы (ПФП), состоящие из верхних и нижних плит, скрепленных системой перекрестных ребер, пространство между которыми заполнено утеплителем или используется для технологических нужд (рис. 7).

Достоинства ПФП: большая пространственная жесткость при небольшом собственном весе; малая чувствительность к неравномерным осадкам и просадкам грунтов; малое давление на основание, позволяющее использовать несущую способность слабых грунтов и сохранять их природные несущие свойства; уменьшение теплопотерь здания через фундамент; использование в качестве несущих конструкций пола первого этажа здания; эффективны для строительства в сейсмических районах на слабых грунтах с помощью устройства скользящего слоя между основанием и ПФП, а также оказывают демпфирующее влияние на здание от вибраций грунтов основания, вызванных техногенными или природными причинами. ПФП могут конструктивно совмещаться с подвальными этажами; придают архитектурную выразительность зданиям как постамент, возвышающий здание; сохраняют экологическую обстановку окружающей среды и сложившийся подземный гидрогеологический режим. ПФП обладают повышенной эффективностью как в процессе строительства (по расходу материалов, трудозатратам), так и при эксплуатации (снижение теплопотерь, надежность).

Осуществленное в Красноярске строительство семи малоэтажных объектов в сложных грунтовых условиях (на насыпных грунтах, бывшей свалке, на подтапливаемых территориях) более четырех лет подтверждает надежность и эффективность разработанных конструкций [112].

Плитно-рамные фундаменты для легких малоэтажных зданий при строительстве на слабых грунтах

В случае легких малоэтажных зданий делать пространственные сплошные платформы в ряде случаев менее рационально, поэтому целесообразно заменить их фундаментами ленточного типа (или перекрестными системами) плитно-рамного типа, что позволяет существенно снизить расход материалов, сохранив при этом особенности и основные качества пространственных платформ (ПФП).

Применение фундамента данного типа для малоэтажного строительства на слабых грунтах в монолитном или сборно-монолитном исполнении позволяет строить в сложных грунтовых условиях (на весьма слабых, просадочных, пучинистых грунтах и др.) без предварительного упрочнения грунта, используя естественные свойства грунтов, совмещая конструктивные и функциональные свойства и обеспечивая прочность, жесткость, используя любой утеплитель. За счет пространственного рационального формообразования повышается изгибная жесткость, благодаря этому конструкция становится малочувствительной к неравномерным деформациям основания, тем самым повышается надежность эксплуатации. Плитно-рамные фундаменты не требуют предварительных значительных земляных работ и устройства подушки.

Разработан фундамент для малоэтажного строительства, выполненный в виде плитно-рамного фундамента под всеми несущими стенами здания, уложенный на выровненное основание без его усиления специальными средствами на гидроизоляционном слое в виде пленки под все здание, включая отмостку.

Поперечное сечение элементов плитно-рамного фундамента имеет замкнутую коробчатую форму, состоящую из верхних и нижних железобетонных плит, объединенных с крайними боковыми и средним утолщенными ребрами, между которыми уложен плитный утеплитель. Выступающая часть за плоскости наружных стен плитно-рамного фундамента выполняет роль цоколя, состыкована с отмостками, уложенными на утепленное основание в случае пучинистых грунтов, пространство между элементами рамы заложено земляной массой и слоем утеплителя поверху, образующими несущую конструкцию пола первого этажа.

Применение ПФП и плитно-рамных фундаментов при строительстве на пучинистых грунтах

Известен зарубежный опыт строительства на пучинистых грунтах, при котором разравнивается и уплотняется грунт с подсыпкой из крупнозернистого песка с установкой на грунте слоя утеплителя, например, полистирола, на который устанавливается плита толщиной 20 см.

Преимущества возведения предложенных типов фундаментов в случае строительства на пучинистых грунтах заключаются в эффективности конструкции за счет долговечности, надежности и экономичности, которая достигается за счет того, что земляные работы све-

дены к минимуму, не требуется устройство песчаной подушки; утеплитель укладывается внутрь и защищен от влаги и возможного разрушения, т. е. обеспечена его долговечность, а значит, защита грунта от морозного пучения; возможна установка любого утеплителя, т. к. он не несет нагрузки и не подвержен механическим воздействиям; конструкция плиты, утеплителя и пола работает совместно. Фундаментная платформа за счет промежуточной железобетонной плиты и системы перекрестных ребер обладает большой пространственной жесткостью и распределительной способностью, а потому малой чувствительностью к неравномерным перемещениям грунта при воздействии природных факторов.

В Красноярске массовое коттеджное строительство в плане 2011 г. составляет 30 %, на последующие годы его доля увеличивается в разы, причем в сложных грунтовых условиях создаются предпосылки для широкого применения эффективных экономически выгодных сплошных плитно-рамных фундаментных платформ.

ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ

Изложены принципы практической оптимизации и приведены примеры путей их реализации. Дана ссылка на изобретения в области практической оптимизации.

5.1. Вопросы математической и практической оптимизации конструкций

Известно, что существует разрыв между результатами оптимизации, которые достигаются на основе математических формулировок и инженерной практики из-за неучета качественных технологических факторов, которые трудно формализуются и не поддаются математическим решениям. Инженеры не отказываются от идеализированных математических решений как некоторых так называемых оптимальных ориентиров, но реализация их часто затруднительна. Кроме того, для многих областей таких решений не существует. Как преодолеть этот разрыв? Наряду с методами математической оптимизации используются и другие подходы (рис. 19). Например:

- **многоцикловая практическая оптимизация**, сочетающая теоретические и экспериментальные результаты;
- **искусство формообразования**, априори обеспечивающее конструктивную безопасность, экологичность, условия малой чувствительности к негативным воздействиям и др.;
- **методы адаптации, регулирования и управления** напряженно-деформированным состоянием конструкций;
- **принятие решений в условиях неопределенности**; создание управляемых конструкций, близких к интеллектуальным системам, обладающих способностью доучиваться, например, нейрорегулируемых.

Реальные проблемы (задания), как правило, многоэкстремальны, охватывают не только конструктивные факторы, но и технические, архитектурные, производственные, экологические, социальные и др. Нужен **системный подход**, оценивающий не только конечный результат, но и его возможные последствия.

Проблемы математической оптимизации освещены в литературе достаточно полно.



Рис. 19. Инженерные аспекты оптимизации конструкции

В данном учебном пособии это направление не развивается, основное внимание здесь уделено инженерным аспектам совершенствования конструкций, охватывающим разные подходы, в том числе и оптимизационные. Иллюстрируя имеющийся разрыв, укажем два направления развития автоматически управляемых систем: теоретическое и практическое (прикладное). Обратим внимание на инженерную практику проектирования и разработки новых конструкций. Вот характерный пример последнего. Когда известный конструктор, руководитель предприятия по созданию и запуску искусственных спутников, решил оформить свои проекты в виде докторской диссертации, положив в основу методы теоретической оптимизации и принятия решений, то его самооценка завершённой работы была следующей: «на основе данной диссертации ни один спутник не взлетит».

5.2. Искусство активного формообразования

Формообразование занимает приоритетное место в инженерной деятельности и является искусством, плохо поддающимся формализации. Но именно на этапе формообразования закладываются априори идеи (законы, резервы, возможности), которые стремятся реализовать в последующем проектировании. Сюда относятся, например, вопросы конструктивной безопасности и экологичности или малой чувствительности к негативным воздействиям (которые заранее не известны), или обеспечения надежности в условиях неопределенности и др. Эти принципиальные резервы (возможности) реализуются в последующем практическом проектировании (оптимизации).

Принципы, на которых основано активное формообразование:

- **принцип активного взаимодействия (взаимопомощи) конструктивных элементов системы между собой** (принцип эффективного синтеза конструкции). Этот принцип является альтернативой традиционному принципу формообразования инженерных систем, основанному на иерархическом соподчинении элементов. На основе данного принципа создаются эффективные конструкции повышенной прочности и живучести при экономном расходе материала;

- **принцип преодоления неопределенности внешних воздействий** на основе формообразования таких конструкций, которые малочувствительны к величине, месту и времени негативных воздействий определенного типа. (например: применительно к условиям сейсмических воздействий, вечномерзлых грунтов, слабых, просадочных грунтов, характерных для осваиваемых северных нефтегазоносных районов);

- **принцип повышения живучести конструкций зданий и сооружений** на основе проектирования (создания) пространственных многосвязных замкнутых систем;

- **принцип управления напряженно–деформированным состоянием конструкции.**

Под управляемыми конструкциями понимаются системы автоматического управления. Условно выделяются управление в «малом» и управление в «большом». Выделяются задачи автоматического управления, доучивания и управления на основе нейросетевой техно-

логии (приближение к интеллектуальным системам); трансформируемые конструкции (управление в «большом»); энергетический принцип управления конструкциями, в котором используются отбор и преобразование части энергии внешнего воздействия на систему (перераспределение внутренней энергии деформирования (сопротивления) упругой системы);

- **принцип самонастраивания конструктивной системы**, обеспечиваемый техническими решениями ее элементов и узлов;

- **принцип создания композиционных конструкций**, в которых каждый из материалов находится в наиболее выгодных условиях работы.

Таким образом, под концепцией **активного формообразования архитектурно-конструктивных систем** понимается:

- выбор универсального пространственного композитного строительного элемента, позволяющего формировать комбинированные конструкции, полносборные здания, сооружения, в том числе большепролетные покрытия, стеновые конструкции и фундаментные платформы;

- управление напряженно-деформированным состоянием отмеченных формообразований с целью повышения эффективности зданий и сооружений (облегчение веса, повышение прочности, жесткости, устойчивости, живучести, безопасности конструкции);

- учет состояния внешней среды, включая адаптацию и преобразование энергетических воздействий (превращение «зла» в «добро» для эффективных условий эксплуатации формообразованных зданий и сооружений);

- учет научно-технического прогресса в проектировании зданий и сооружений (создание зданий нового типа в виде замкнутой много-связной системы, включающей пространственные покрытия, стены и фундамент и позволяющей осуществлять строительство на слабых грунтах и в сейсмических зонах);

- повышение живучести зданий и сооружений, способных выдерживать недостаточно определенные сейсмические и другие воздействия внешней среды;

- разработка трансформируемых адаптивных зданий и сооружений с подвижными (раздвижными) конструкциями покрытий и стен (их конструкции формируются из унифицированных пространственных элементов);

- проектирование и обучение активному формообразованию на основе физического и компьютерного моделирования пространственных систем, составленных из унифицированных элементов;
- разработка нового типа учебных заданий, состоящих из двух частей: **анализа и синтеза**.

Благодаря идеям активного формообразования получены эффективные решения на изобретательском уровне:

- обеспечение конструктивной безопасности зданий и сооружений;
- для принятия решений в условиях неопределенности, в том числе для повышения сейсмостойкости зданий и сооружений;
- для строительства в сложных грунтовых и стесненных условиях строительства и ликвидации аварийных последствий;
- для строительства в северных нефтегазовых районах Красноярского края, в том числе для прокладки магистральных трубопроводов с соблюдением требований экологичности.

5.3. Практическая оптимизация

Она отличается тем, что в ней синтезируются теоретический и экспериментальный подход, причем в многоцикловом процессе. Расчетные теоретические результаты подвергаются экспериментальным проверкам, физическому моделированию и последующей доводке и совершенствованию конструкций на соответствующих этапах их создания. Этой работе предшествует творческий поиск формообразования конструкций, в которых закладывается основополагающая идея будущей эффективности, который не поддается какой-либо формализации, является искусством, творческим изобретением.

Хорошим примером работы практической оптимизации является разработка новых сборных пространственных сталежелезобетонных конструкций покрытия.

Генеральная идея такого формообразования включает:

- трехгранный сборный пространственный строительный элемент, который использовался как инвариантная часть многообразных конструкций;
- каждая часть строительного элемента тонкая – ребристая железобетонная плита и пространственный металлический шпрен-

гель – ставилась в выгодные условия работы по свойствам материала (железобетон – в основном на сжатие, металл – на растяжение, причем обеспечивалось совмещение несущих и ограждающих функций).

В задачу оптимизации входил компьютерный эксперимент поиска эффективной схемы тонкой ребристой плиты, достаточно легкой, чтобы обеспечить гармоничную работу, с подкрепляющим ее металлическим шпренгелем (тяжелая железобетонная плита могла перегрузить металлическую часть и вызвать перерасход материала).

Одновременно решался вопрос об обеспечении узлов соединения тонкой плиты с металлическими стержнями так, чтобы обеспечить выгодные условия работы каждого из элементов.

Требовались индустриальность, типизация и надежность. Серия натурных экспериментов и опыт строительства должны были оценить расчетные и конструкторские решения, а также технологичность изготовления и монтажа конструкции и ее надежность.

5.4. Примеры принятия решений в условиях неопределенности

К условиям неопределенности можно отнести, например, строительство в сейсмических районах, отягощенных к тому же сложными грунтовыми условиями. Здесь формализация затруднена, теория недостаточно разработана, определение исходных параметров, всего процесса и его закономерности (моделирование) не ясны. Имеющиеся прямые решения проблемы весьма приближенные, часто противоречивые и, как правило, основываются не на сохранении естественно сложившихся условий (например, для слабых грунтов), а часто на пренебрежении (или устранении) их свойств. Такие традиционные подходы достаточно сложны и не обеспечивают эффективности и надежности. Формообразование на основе системного подхода позволило разработать альтернативные варианты, которые основываются на сохранении и использовании естественных свойств грунтов (хотя и слабых) путем применения пространственной фундаментной платформы (ПФП) и защитных устройств. ПФП оказывает малое давление на грунт и благодаря жесткости при малом весе малочувствительна к внешним негативным воздействиям (неравномерным осадкам и про-

садкам). Поверхностное (незаглубленное) размещение ПФП, сплошной скользящий слой между фундаментом и основанием, защитный ров с «мягкой» засыпкой и др. обеспечивают снижение любых горизонтальных сейсмических воздействий на ПФП и верхнее строение. Соединение ПФП с верхним строением в зданиях и сооружениях **замкнутого типа** еще более повышает сейсмичность. Все эти конструктивные решения подтверждены патентами. Оригинальное совмещение ПФП со «стеной» в грунте позволяет еще в большей степени сохранить и использовать свойства слабых грунтов. Отметим, что ПФП обладает также демпфирующими и волногасящими свойствами при определенном подборе параметров.

5.5. Регулирование и управление НДС конструкций

Регулирование и управление НДС конструкций является современной ступенью развития проблемы оптимизации конструкций, включая и перспективы разработок и применения **автоматического управления конструкциями**, которое следует рассматривать как **разновидность интеллектуальных систем**, способных доучиваться в процессе накопления опыта функционирования. Определенный уровень развития управляемых конструкций достигнут и изложен в научных работах и в учебных пособиях, а также реализован в учебном классе действующих управляемых моделей конструкций. Очень важно, как отметил академик И. Ф. Образцов, оценивая «пионерные» работы коллектива, «вложить в умы студентов идеи управления конструкциями». Это отражено и в новом учебном пособии с грифом УМО «Современные аспекты активного обучения» [94].

Важным направлением в развитии управляемых конструкций является применение новых материалов (в том числе с памятью), а также новых технологий информации, электроники, нейро- и нанотехнологий и др.

Успехи применения нейротехнологий к задачам механики, оптимизации конструкций и прогнозированию отражены в разработанных методах нейропрогнозирования и нейрооптимизации [9, 17]. Отметим, что эффект нейропрогнозирования результатов возможных последующих этапов натурального эксперимента опубликован [17] и помещен на сайте Springer-line.

5.6. Самонастраивание конструктивной системы

Пространственные комбинированные блочные конструкции (рамно-панельные блок-секции зданий, блок-фермы и блок-арки покрытий), плиты на пролет, как правило, за счет развитой ширины поперечного сечения имеют небольшую его высоту. Вследствие этого зачастую на первый план при проектировании таких конструкций (и эксплуатации) выступает необходимость обеспечения требований ограничения прогибов. Авторы приводят иллюстрации конструктивных приемов регулирования напряженно-деформированного состояния блок-ферм и рамно-панельных блок-секций предварительным напряжением элементов и с помощью дерелаксационных узловых устройств.

Часть 3

ПРАКТИКУМ НЕШАБЛОННОГО ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Овладеть методологией научного творчества можно лишь при активном сознательном стремлении научиться исследовать, изобретать, принимать научные решения. Пассивное созерцательное отношение к делу к успеху не приведет. Активность выразится в личной заинтересованности в действиях мысленного процесса. Для этого необходима учебная практика.

Предлагаемый практикум творческого мышления является оригинальным и открывает новые страницы: ознакомление с творческой лабораторией видных деятелей с позиций применения ими системного подхода (в явном и неявном виде), анализ того, чему учили и не учили в вузе, как принимать решения в нестандартных ситуациях, самооценка становления творческой личности, умение вести научный спор и др.

Методика практикума: вначале дается вводный материал, а затем ставятся задачи для обобщения. Данный практикум – это учебное поле. Используйте его с пользой. Успеха Вам.

Семинар 1. ВВОДНЫЙ. ЗАГАДКИ ТВОРЧЕСТВА

Разные ученые занимаются творчеством по-разному, но есть ли что-либо общее в их лабораториях творчества?

Для подготовки практического занятия участники семинара по книге «Сюрпризы творчества» Н. П. Абовского знакомятся с отдельными фактами научной деятельности разных ученых – например, Ньютона, Пуанкаре, Эйнштейна, Эйлера, Лобачевского, Гильберта, Вавилова, Капицы, Мигдала, Королева и др., в которых находят явное или неявное применение системного подхода.

А. С. Пушкин писал о том, что следовать за мыслью великого человека – наука самая занимательная. Поэт, которому подчинялась

муза прекрасного, отдавал дань красоте и величию человеческой мысли.

В. И. Ленин указывал на необходимость написания и изучения истории человеческой мысли. Многие философы и ученые восторгаются **истинной** научной красотой, силой человеческого гения, способной раскрыть неизведанное. Красивому решению задачи (проблемы), найденной удачной форме решения (действию, игре) отдается предпочтение как высшему проявлению деятельности человека, как выражению совершенства.

В человеке природой от рождения заложено стремление постичь непознанное (вспомните детей «почемучек») и создать прекрасное.

Но как ни велик достигнутый человечеством прогресс развития, тайны творчества, и особенно развития творческой мысли, еще не раскрыты.

Можно восторгаться многообразием форм и проявлений научного творческого процесса ряда ученых, их открытиями, но очень важно понять, что есть общего в этом разнообразии. Здесь под общим понимается то, что можно принять за основополагающее, за принципы творчества.

Речь идет не об интуитивном (неосознанном), а сознательном (рациональном) творческом поиске решений. Цель: показать, что основополагающим принципом в рациональном творческом процессе является системный подход, диалектическое развитие системы на материалистической основе. Также делается попытка определить место и связь сознательного мышления с интуитивным вкладом в этот процесс.

Проследим сначала высказывания ряда ученых.

Альберт Эйнштейн писал: «Как прекрасно почувствовать единство целого комплекса явлений, которые при непосредственном восприятии казались разрозненными!».

Этими словами убедительно выражена результативность системного взаимосвязанного целостного подхода. Замечательно установлены связи между такими явлениями, как пространство и время, материя и энергия, электричество и магнетизм, механическая энергия и теплота, между различными формами превращения энергии, законами их сохранения, единством природы, алмаза и графита и многими другими.

Леонард Эйлер и Михаил Ломоносов считали, что все явления в своей основе едины и взаимосвязаны. Майклу Фарадею подобная

точка зрения помогла сделать свои открытия. Андрэ Мари Ампер писал: «Нам, пожинаящим плоды трудов гениев, не разделяя их славы, следует, я полагаю, особенно стараться свести к минимуму число принципов, объясняющих все физические явления». Такая позиция разделялась далеко не всеми их современниками.

Восхищают идеи вариационных принципов, объединивших на энергетической основе все статические, геометрические и физические проявления механики и их связь между собой и внешней средой. Эти свойства оказали такое сильное влияние на современников, что вариационные принципы пытались обожествить и распространить на все мироздание (Мопертюн).

Высказывания А. Эйнштейна, Л. Эйлера, М. Ломоносова, Ампера и других как нельзя лучше выражают диалектическую идею Гегеля о всеобщей связи явлений и принцип Шеллинга о единстве и борьбе противоположностей. Отличие состоит в том, что они относили понятия к идее (духу), а ученые-исследователи – к материи (диалектическому материализму).

Недопустимость отрыва специальных исследований от целого можно уследить в словах Ньютона (1716 г.): «Тот, кто копается в глубоких шахтах знания, должен, как и всякий землекоп, время от времени подниматься на поверхность подышать чистым воздухом».

Всеобщая взаимосвязь явлений имеет не односторонний однонаправленный характер, а при определенных условиях создает открытый процесс превращений. Если из А в природе рождает Б, то возможно, что Б рождает А ($A \longleftrightarrow B$).

Приведенные высказывания великих ученых, которые можно дополнить еще многими другими, убедительно свидетельствуют, что эти ученые фактически использовали (по современной терминологии) системный подход, практическую диалектику, рассматривали проблему, опираясь на известные законы развития систем и открывая новые.

* * *

Необходимо обратить внимание общественности на негативные последствия использования Государственных стандартов образования, т. к. в них отсутствует тема диалектического развития, не говоря уже о системном подходе и законах развития антропогенного мира. Ловкие деятели в «Центре» вместе с марксизмом-ленинизмом выбросили и

диалектику, а ряд послушных педагогов на местах следуют этим стандартам. Негативные последствия такого «Образования» приносят уже печальные плоды. Это, прежде всего, отрыв от творческого наследия многих выдающихся ученых – Эйнштейна, Менделеева и др.

Уместно будет напомнить здесь слова Альберта Эйнштейна: *«В сущности почти чудо, что современные методы обучения еще не совсем удушили святую любознательность, ибо это нежное растение требует наряду с поощрением, прежде всего, свободы, – без нее оно неизбежно погибает. Большая ошибка думать, что чувство долга и принуждение могут способствовать находить радость в том, чтобы смотреть и искать».*

Это в полной мере можно отнести к ущербу, принесенному действующими Государственными стандартами, которые выражают административные требования (читай: произвол в науке и образовании).

Семинар 2. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД – ПРАКТИЧЕСКАЯ ДИАЛЕКТИКА ТВОРЧЕСТВА

1. Что есть система? Определение системы, примеры

План

1. Активное определение понятия «творчество».
2. Проследить на примерах изобретений этапы САТМ.

Системный подход в связи с законами развития и функционирования систем и разнообразными методами принятия решений позволяет, по мнению автора, раскрыть механизм процесса рационального творчества.

Удивительный факт поразил автора после знакомства со многими книгами, посвященными творчеству: в них нет ясного определения понятия «творчество». Уместно вспомнить тезис Вольтера: «Прежде чем говорить, договоримся о терминах».

Приведём некоторые определения и высказывания:

- знаменитые (всемирно известные исследователи творчества, такие как Дж. Айян (книга «Эврика»), Роджер ван Оих (книга «Пси-

хологические отмычки»), Эдуард де Боно (книга «Латеральное мышление») и многие другие, не давая определения термина творчество, связывают его с особым процессом мышления для решения проблем с помощью десяти сверхмощных эвристических приемов путем раскрытия множества психологических замков, латерального мышления и др.

«В творчестве мы привыкли видеть загадочное сочетание таланта и чего-то неуловимого» (Эдуард де Боно);

- творчество – это деятельность, порождающая **нечто** качественно новое и отличающееся неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью (Энциклопедический словарь);
- творческий вечер (концерт или выставка) – в газетах под этим часто понимают выступления артистов и других деятелей культуры;
- творческое мышление – под этим психологи, по-моему, подразумевают какой-то нестандартный (нешаблонный) процесс мышления;
- иногда употребляют термин «научное творчество» (может ли быть наука без творчества?!);
- деятельность изобретателя редко называют творчеством;
- лекторское мастерство, искусство оратора практически не связывают с творчеством;
- инженерная (техническая) деятельность вообще не определена как творчество, хотя первоначальный смысл слова «техника» означает «искусство, мастерство»;
- творчество – это способность создавать, изобретать, внедрять – определение крупного банковского работника-практика;

По-видимому, все авторы по-своему правы, подразумевая под творчеством наиболее интересующую их сторону. Все эти определения и представления о творчестве указывают на конечный результат творчества (достижение чего-то нового), но не раскрывают существо и процесс творчества: что это такое, из чего состоит, решается ли здесь какая-то проблема, подчиняется ли она каким-то закономерностям, зависит ли от внешних условий и т. п.

Системного, достаточно полного, целостного определения творчества автору обнаружить не удалось. Возможно, что к такому обобщающему единству в этом сложнейшем явлении жизни человека и не надо стремиться, если изначально условно подразделить творчество на такие два вида:

- **первый – чувственное, эмоциональное и интуитивное творчество**, происходящее как-то спонтанно (по наитию), бессознательно (без участия сознания и разума),

• **второй – рациональное творчество**, основанное, главным образом, на мышлении, сознании.

Естественно, что такое деление условно и что между этими видами нет перегородок, что возможны комбинации и взаимопроникновение. Но такое деление позволяет допустить приемлемость многих существующих определений творчества для первого вида и недостаточность их для второго.

Рассмотрим определение рационального творчества, которое, по мнению автора, имеет место в научной, изобретательской, инженерной, педагогической, военной и другой поисковой деятельности.

Рациональное творчество - это активный целеустремлённый созидательный многоциклового процесса поиска и достижения нового эффективного (результата) решения определённой проблемы, базирующийся на концепции (взаимоувязанной триаде): системный (функционально-структурный) подход – законы развития и функционирования систем – многообразные методы принятия решений.

В этом определении выделено главное назначение (цель), состоящая **в новом решении определённой проблемы**, и указаны функциональные элементы, составляющие суть творческого процесса и раскрывающие многообразие его структурных форм реализации. Без всего этого определение неполноценно и не обладает действительностью: без указания результата (решения проблемы) понятие творчества остаётся беспредметным, творчеством ради творчества или достижения неведомого результата. А значит, проблема должна быть определена как расхождение (противоречие) между желаемым и действительным состоянием системы. Именно системы, с привлечением системного подхода, позволяющего наиболее полно, целно, всесторонне сделать анализ и выявить главные противоречия. Данную систему следует рассматривать в развитии на основе объективных законов её функционирования и совершенствования, в том числе с учётом преемственности в удовлетворении старых и новых условий существования. Выбор достаточной системы, выделение её из внешней среды с учётом ограничений и связей является важнейшим творческим моментом, ибо здесь гипотетически закладывается автором (творцом) возможность решения данной проблемы на новом уровне с помощью некоторых управляемых автором средств. Сразу редко удаётся выбрать наиболее удачную систему, и поэтому этот процесс становится многоцикловым спиралеобразным, оставаясь целенаправленным, ак-

тивным. Всё здесь сначала решается на функциональном уровне (в функциональных модулях), т. е. функции (содержанию) отдаётся предпочтение перед структурными формами. При этом сохраняется на последующих этапах возможность творческого выбора эффективной структуры из большого разнообразия структурных форм, способных реализовать желаемую функцию. Иными словами, таким путём создаются благоприятные возможности для творческого поиска наиболее эффективной структурной формы, лучшим образом соответствующей содержанию (функции).

На этом этапе могут успешно использоваться известные многообразные методы и алгоритмы принятия решений. В литературе описаны десятки, но все они имеют одну функциональную сущность: **анализ ситуации (системы) – выявление противоречий системы – преодоление противоречий – оценка (осмысление) принятого решения.**

Заметим, что в ряде случаев последнему этапу принятия решения (оценке результата) часто не уделяется должного внимания. Ведь известно, что решение одной проблемы неизбежно порождает другие. Без осмысления и предвидения последствий нельзя эффективно оценить принимаемое творческое решение.

Конечно, существуют творческие решения, в которых результат достигнут при неполном использовании **триады творчества**, но автор уверен, что отсутствующая часть была выполнена как-то интуитивно.

Предложенная формулировка творчества обладает полнотой и имеет активную сознательную действенную направленность, которая позволила использовать её не только в научной и практической деятельности автора, но и в учебном образовательном процессе с развитым методическим обеспечением и конкретизацией. Предложенный подход фактически не только содержит определение творчества, но и вариант практического алгоритма творчества. Пользуясь им, автор и его коллеги получили, например, новые приоритетные результаты.

В чём состоит отличие предлагаемого понимания творчества от известных в литературе? Каждая из составляющих концепции творчества (системной триады) известна, но каждая из них преподносится, как правило, изолированно, вне связи с другими, как самостоятельный творческий процесс, т. е. они не составляют единой цельной концепции творчества.

Действительно, есть ряд книг [28–38] по системному подходу, но в них или не рассматриваются законы развития и функционирования систем, методы принятия решений, или рассматриваются безотносительно к процессу творчества. В некоторых работах изучаются законы развития технических систем (антропогенного мира), при этом они не связываются с системным подходом и методами принятия решений.

Есть учебные пособия по системотехнике, но в них обходят молчанием существование объективных законов развития технических систем, их сущность. В многочисленных учебных пособиях предлагаются разнообразные методы принятия решений, но опять-таки без связи с системным подходом, при этом многое теряется в постановке задачи, во взаимосвязи и целостности проблемы и ряде других вопросов. Есть справочное пособие по конструированию, в отдельных частях которого есть понятия каждого из составляющих предложенной триады творчества, но нет единой взаимосвязанной методологии.

К сожалению, нет ни одного вузовского учебника системного типа, обучающего творчеству. В настоящее время, по мнению автора, назрела потребность в научном обобщении творчества как процесса и осуществима реальная возможность такого обобщения как практической методологии. Ею достаточно просто можно овладеть в два этапа. На первом этапе ознакомиться с философско-методологической сущностью данной концепции творчества, а на втором – осмыслить её применительно к своей конкретной специальности («пропустить через своё дело»).

2. Практические рекомендации

- Исходя из выявления и определения потребности сформулировать проблему, затем подбирать и создавать соответствующую систему на основе функционально-структурного подхода.
- Искать и находить взаимосвязь явлений и частей в данной системе.
- Вскрыть противоречия в функционировании и развитии систем.
- Для преодоления данных противоречий находить и использовать условия их единства (может быть компромисс) или противоречия. (Помня о борьбе противоположностей, не забывать об их единстве).

- При выборе (поиске) системы, охватывающей проблемную ситуацию, отдавать предпочтение сначала функциональному уровню (т. е. сначала определять функциональный состав – целостность системы), а затем выделить многообразие ее структурных форм, обеспечивающих возможность ее оптимизации (или, по меньшей мере, перебор вариантов).

- При выборе системы целесообразно заранее определить возможные переменные параметры, управление которыми позволит достичь желаемого решения; какие из неизменяемых параметров можно перевести в разряд переменных (управляемых).

- Переходить от изолированных друг от друга антропогенных элементов и внешней среды к системам САУ, развитию интеллектуальных систем. Создание САУ – пример активной реализации творческого системного подхода. Перерастание отдельных явлений и частей в САУ – закономерность развития систем.

- Определить источник энергии, необходимый для функционирования (управления) системы, который может определен как изъятие части энергии внешнего воздействия на систему или возможного перераспределения внутренней энергии системы между ее элементами.

3. Системный алгоритм творческого процесса

Приведенный алгоритм творчества является, конечно, лишь общей принципиальной схемой и не раскрывает индивидуальных особенностей мышления гениев, хотя все элементы данного алгоритма, по-моему, должны присутствовать (т. е. наполнение этого алгоритма – индивидуальное, по способностям). Поэтому понятны слова одного хорошего физика: «Если бы я мог объяснить механизм мышления Эйнштейна и Бора, то я, наверное, смог бы сделать подобное тому, что сделали они».

Замечательны слова Бора, сказанные им в память об Эйнштейне: «...В каждом новом шаге физики, который, казалось бы, однозначно следовал из предыдущего, он отыскивал противоречия и эти противоречия становились импульсом, толкающим физику вперед. На каждом новом этапе Эйнштейн бросал вызов науке, и не будь этих вызовов, развитие квантовой физики надолго бы затянулось...». Как хорошо это мнение согласуется с системным подходом Эйнштейна (читай его цитату о взаимосвязи и единстве явлений) и его неумным движением

вперед через выявление и преодоление противоречий (как об этом сказал Бор).

Можно ли планировать фундаментальные открытия, прорывы в науке (творческий процесс)? Можно было бы не задавать такой смешной (наивный) вопрос, если бы некоторые чиновники не пытались управлять (администрировать) наукой, приравнивая научную работу к строго планируемому промышленному производству.

П. Капица писал: «Сам Ньютон, например, не мог бы по заданному плану открыть закон тяготения. ...Очевидно, что нельзя запланировать момент, когда ученый увидит падающее яблоко и как это на него подействует. Сколько Наркомфин считал бы допустимым отпустить средств Исааку Ньютону под его работу, приведшую к открытию всемирного тяготения?»

4. Взаимосвязь сознательного и интуитивного в творчестве или Как соединяются логика и интуиция в творчестве

Часто при описании открытий ученых используют слова «нашел, построил, угадал, вычислил и др.», за которыми скрывается путь и механизм творчества.

Тайну творчества не только трудно раскрыть другим, но и самому автору открытия она не вполне (не до конца) понятна. Фиксируются моменты озарения (вдохновения, «внутреннего чутья», интуиции) как завершающий этап, как правило, многолетнего упорного поиска. Нам преподносятся уже готовые плоды творчества, его результат, а «муки творчества» остаются в тени.

«Эйнштейн понял, что электрические сигналы не могут распространяться быстрее света. Он **догадался**, что это общий принцип, что это общее свойство природы, в том числе гравитации», – отмечал Фейнман.

«Дирак открыл правильные законы релятивистской механики, просто **угадав** уравнение. Угадывание уравнения, по-видимому, очень хороший способ открывать новые законы».

«Ньютон гениально угадал закон всемирного тяготения».

«Вопросы связи электричества и магнетизма занимали Ампера еще за двадцать лет до того дня, когда его посетило озарение» [1].

Озарение наступает, может быть внезапно, но ему предшествует большой подготовительный период труда и многих попыток.

Известный физик Фейнман определяет последовательность действий после озарения в виде триады: «Догадка – вычисление последствий – сравнение с результатами экспериментов».

Лучшим самоутверждением теории служит не только объяснение известных явлений, но и предсказание новых, которые в дальнейшем обнаруживают экспериментально.

Замечательные слова Антуана де Сент-Экзюпери о сочетании столь противоположных начал, как логика и интуиция: «Теоретик верит в логику. Он убежден, что пренебрегает Мечтой, Интуицией и Поэзией. Он не замечает того, что эти три феи нарядились в маскарадные костюмы, чтобы соблазнить его как пятнадцатилетнего влюбленного. Он не видит, что им он обязан своими лучшими открытиями. Они явились к нему в облике «рабочей гипотезы», «произвольных условий», «аналогии». Как мог он, теоретик, подозревать, что, прислушиваясь к ним, он обманывает суровую логику и наслаждается пением муз!... Разумеется, я восхищаюсь Наукой. Но я восхищаюсь и Мудростью!».

С необходимостью соединять строгие научные методы с интуицией, например логику с искусством, приходится сталкиваться весьма часто, не дожидаясь момента озарения (но на этом важном моменте не акцентируют внимание). Например, это бывает при выборе перспективного научного направления (ученый «чувствует», опираясь на свой опыт, что этот путь лучше, хотя количественно не всегда может вначале это доказать). Другой пример – это постановка задачи. Задача еще не решена, но мы хотим сформулировать ее («поставить»), чтобы она имела решение, причем эффективное. Какие, например, заложить переменные параметры в систему, чтобы управление ею было эффективным? Какая выборка задач будет достаточной для обучения нейронной сети?

5. Вопросы анализа и синтеза в творчестве

При шаблонном (традиционном) обучении в школах и институтах учат решать уже сформулированные задачи (часто «натаскивают» на определенные типы задач) и не уделяют внимания умению поставить новую задачу (это, конечно, труднее). Вторая часть отдается на откуп самому учащемуся, насколько могут позволить его способности.

Часто даже анализ постановки задачи не входит в программу обучения. Существующие различные «задачники» по разным дисциплинам грешат этим.

Заметим, что **новый тип учебных заданий** предусматривает органично последовательную связь между решением задачи и совершенствованием ее постановки, **соединяет этапы анализа и синтеза как две стороны проблемы, обеспечивает многоциклового творческий процесс**. Студент получает в качестве учебного задания **готовую работу**. Его задача проверить решение, **сделать анализ постановки и решения** (выяснить, что плохо и что хорошо) и внести предложения по возможному совершенствованию (что можно улучшить, если изменить постановку задачи). **Эти данные являются исходными для новой задачи – синтеза, который составляет вторую часть учебного задания**. Ведь решение поставленной задачи – это некоторый анализ, целью которого является преобразование исходной информации в желаемую. Это лишь одна сторона процесса, часто формализованная. Другая сторона – синтез, как правило, неформализованная и опирается на опыт, догадку, интуицию. При синтезе надо, например, решать, какую информацию и в каком объеме надо собрать, какие параметры выбрать в качестве управляемых переменных и т. д., чтобы можно было добиться желаемого решения (чтобы решение существовало).

Если модели анализа можно обучить по определенным правилам, то обучение правилам синтеза, как правило, неопределенно. Но без этого невозможен творческий процесс, **так как в творчестве сочетаются формализованные (сознательные) и интуитивные (подсознательные) начала**. В системном подходе умение выбрать ту или иную систему для решения проблемы является искусством (неформализованной частью), в то время как другие этапы ближе к науке, но и в них часто имеет место эвристика («ага-метод»).

Семинар 3. ИЗ ИСТОРИИ ЭВОЛЮЦИИ ИДЕЙ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Древнейшие идеи развития системного творческого мышления недостаточно обобщены и востребованы в настоящее время. Показательно, что «Правила для руководства ума» Р. Декарта, составленные

около 400 лет назад, не потеряли по своему содержанию актуальность применения и по сути соответствуют современным системным алгоритмам развития творческого мышления. Изучение и обобщение развития истории мысли заслуживает повышенного внимания как бесценный дар вечного творческого поиска человечества.

Человеческий разум и способности мышления мало изучены, поэтому не иссякает интерес к творческому мышлению выдающихся деятелей древности, возможности охватить историю развития человеческой мысли, ее эволюционное развитие.

Методы Сократа, Платона, Аристотеля, которые заложили принципы свободного общения учителя с учениками в неформальной обстановке, сохраняют свое значение, но, к сожалению, не востребованы в наш век компьютеризации. Например, не исчерпаем интерес к вопросно-логической системе Сократа для поиска истины, его способ опровержения спорного тезиса путем доведения его до противоречия (абсурда), к призыву все подвергать критическому анализу, ничего не принимать на веру; педагогической теории Платона, в основе которой лежит идея о том, что восторг и познание – единое целое (познание-любовь-красота); учению Аристотеля о главном звене – природолюбии и общей культуре человека. Эти мысли находят продолжение и развитие в радостно-игровом обучении по Я. А. Коменскому, в системе К. Д. Ушинского с задачей научить учиться и способности приобретать новые знания и многих других.

Многие из выдающихся деятелей считали себя обязанными передать свой опыт и реализацию творческой деятельности молодому поколению.

В этом отношении весьма интересны «Правила для руководства ума» (далее «Правила») Р. Декарта, которые рассмотрены здесь. Попробуем сопоставить их с современными рекомендациями и алгоритмами.

Проблема, как решать сложную задачу, всегда волновала ученых. Четыреста лет тому назад знаменитый Р. Декарт в «Правилах для руководства ума» (правило 5), например, писал:

«Весь метод состоит в порядке и размещении того, на что должно быть направлено острие ума в целях открытия какой-либо истины. Мы строго соблюдаем его, если будем постепенно сводить темные и смутные положения к более простым и затем пытаться, исходя из интуиции простейших, восходить по тем ступеням к познанию всех остальных».

Читая «Правила» Декарта, невольно удивляешься их глубине и проникновенности в методологию творческого познания.

«Правила» не потеряли своего значения и сегодня. Можно только удивляться тому, что, к сожалению, ни один современный учебник, известный автору, не воспроизводит их и даже не комментирует.

Говоря современным языком, «Правила» Декарта содержат следующие диалектические принципы поиска решений и обучения творческому становлению личности и опираются на них:

- системный подход к проблемам;
- метод расчленения сложных проблем на ряд более простых, с опорой на решение которых можно штурмовать более высокие вершины;
- замечательные методологические, тактические и стратегические правила и руководства для обучения и самообучения творчеству (руководству ума), глубоко связанные с психологией и физиологией (в частности, с памятью и интуицией человека).

Замечательные «Правила» нацелены на осмысление полученного результата, обобщение его, освобождение от несущественного, выделение основных закономерностей и причин, использование средств обозначений и визуализации.

В качестве типичного современного примера эволюции из правила 5 «Правил» можно привести метод РОЗУ, широко используемый в сопротивлении материалов и строительной механике:

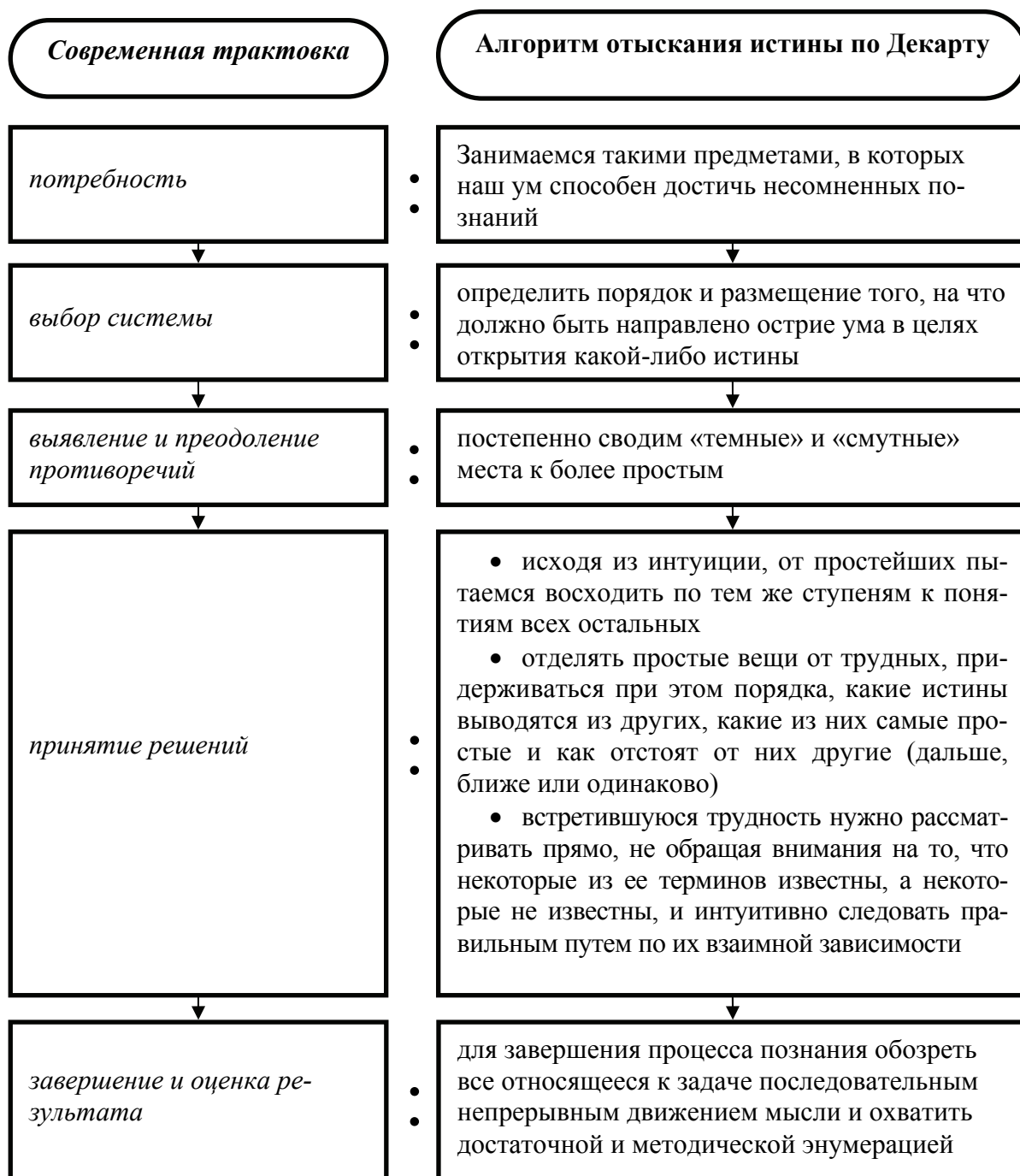
- темные и «смутные» места в конструкции, на что «направлено острие ума» рассекаем и удаляем, отбрасывая;
- строго соблюдаем то, на что «направлено острие ума»;
- сводим положение к более простому (заменяем отброшенные связи) и пытаемся, исходя из интуиции, от простейших «восходить» по ступеням к познанию остального (составляем уравнение и решаем его. – *Автор*).

Правила Декарта значительно более глубокие и обширные, чем данный простой пример, и имеют огромную область применения. В «Правилах» Декарта, по идее, неявно присутствуют истоки диалектики и системного подхода (а может, и синергетики).

Здесь приведен алгоритм отыскания истины, основанный на «Правилах» Р. Декарта, с современными комментариями системного алгоритма творческого мышления (САТМ).

Комментарии Р. Декарта к методу принятия решений:

- обращать внимание острого ума на самые незначительные и простые вещи и долго останавливаться на них, пока не привыкнем отчетливо и ясно прозревать в них истину;



- если среди них встретится одна, которую наш ум не может достаточно хорошо понять, то нужно на ней останавливаться и не исследовать другие, идущие за ней, воздерживаясь от лишнего труда;

- чтобы сделать ум пронизательным, необходимо упражнять его в исследовании вещей, уже найденных другими, и методически изучать все, даже самые незначительные, искусства, но в особенности те, которые объясняют или предполагают порядок;

- в итоге полезно обозреть полученное путем последовательного и непрерывного движения мысли, обдумать взаимоотношения в нем и отчетливо представить одновременно наибольшее его количество. Благодаря этому наше знание становится более достоверным, и наш ум приобретает больший кругозор;

- использовать все средства интеллекта, воображения, чувства и памяти для отчетливой интуиции простых положений для сравнения искомого с известным, чтобы таким путем открыть его и чтобы находить те положения, которые должны быть сравнены между собой. Не нужно пренебрегать ни одним из доступных средств;

- когда мы хорошо понимаем вопрос, нужно освободить его от всех лишних представлений, свести его к простейшим элементам и разбить его на такое же количество возможных частей последствия эnumerации. Представить решения в виде простейших форм.

Отметим, что ряд «Правил» Р. Декарта имеет непреходящее значение и в настоящее время, мобилизуя не только разум, но и другие чувства восприятия.

К ним относятся:

- реализация о представлении процесса («реального протяжения тел») в виде простых фигур (геометрического изображения процесса), что позволяет «легче сосредоточить внимание нашего ума»;

- что касается измерений, не требующих в данный момент внимания нашего ума, то лучше изображать их в виде сокращенных знаков, чем полных фигур. Таким образом, наша мысль не будет разбрасываться, чтобы удержать в себе эти измерения, в то время как она занята выводением других. (Иными словами, надо упорно стремиться к завершающему результату, не задерживаясь на «мелочах», которые впоследствии можно легко уточнить);

- для оценки и сравнения результата нужно отыскивать столько величин, выраженных двумя разными способами, сколько неизвестных терминов мы предполагаем известными;

- никогда не пользоваться умножением, если уместно деление;

- стремиться свести большое количество уравнений к меньшему числу («привести к одному», постараться найти непосредственно прямую связь. – *Авторское понимание*).

Выводы

Сравнивая «Правила» Декарта с современными алгоритмами творчества, поиска решений, убеждаемся в том, что человеческий ум мало изменился, сущность осталась той же, изменились термины и более четкими стали формулировки.

Человек мало изменился, несмотря на успехи технического прогресса, поэтому изучение развития творческой мысли начиная с далекого прошлого до настоящего времени весьма эффективно и перспективно для осмысления человеком его деятельности.

Се м и н а р 4. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Практическое занятие (семинар) по изучению всего учебного плана (УМКД). Цели: осмысление изучения дисциплины и обмен мнениями.

Цели и задачи изучения дисциплины соответствуют реализации междисциплинарного научно-образовательного инновационного комплекса (МНОИК) «Управляемые конструкции».

Целью данной дисциплины является совершенствование и углубление знаний магистрантов о методах научных исследований в их историческом развитии, об исторически менявшихся формах организации деятельности ученых.

Следовательно, понять творческий процесс – это значит найти методы, приемы, операции и выявить логику этих действий. Эти факторы реальны, они имеют место в интеллектуальной и предметной деятельности ученых, и поэтому процесс творчества становится сознательным.

Проблема творчества, таким образом, – это проблема, прежде всего, средств и методов творческой деятельности, ее логики. И вопрос поэтому сводится к способам обнаружения, выявления, анализа, конструирования этих факторов.

Трудности изучения творчества объясняются сложным сочетанием целого комплекса различных сторон и факторов. В нем в единстве функционируют и взаимодействуют логическое и психическое, сознательное и бессознательное, рациональное и иррациональное, продуктивное и репродуктивное, индивидуальное и социальное, а в

последнее время человеческий и машинный фактор. Поэтому теория научного творчества и представляет собой единство философии, логики, методологии, психологии, социологии и специальных наук – естествознания и техники. Целостный и многомерный подход к научному творчеству требует анализа всех аспектов. Однако в рамках такого целостного анализа правомерно и необходимо изучать отдельные его моменты с целью более полного выявления специфики каждого из них.

Анализ научного творчества – это, таким образом, выяснение того, как в процессе познания возникают новые проблемы, как они изменяются и развиваются, к каким средствам и методам и почему именно к ним прибегают ученые в процессе решения задач, как и почему происходит смена этих средств в ходе поискового процесса, каким образом осуществляется выдвижение новых идей, догадок и гипотез, как исследователи приходят к открытию новых фактов и законов, как решается вопрос о подходах, путях и направлениях исследования, каковы механизмы, закономерности, логика поискового процесса.

В результате изучения материала магистрант должен знать:

специфические особенности *научного* познания мира:

- значимость в этой связи *научного метода* познания;
- основные *этапы развития* научного метода;
- содержание двух основных составляющих научного метода:
 - а) наиболее общие закономерности окружающего мира, используемые для получения нового знания о мире, и б) интеллектуальные средства получения и систематизации научного знания;
- *вклад выдающихся ученых* в развитие представлений о научном методе;
- современные представления об основных принципах научной методологии;
- значимость форм организации научной деятельности для достижения необходимых результатов в процессе познания мира;
- *основные этапы развития форм организации* научной деятельности в процессе развития культуры и научного познания;
- наиболее важные формы организации научной деятельности в современных условиях;
- роль выдающихся ученых в организации науки в России (в том числе роли ученых профильной кафедры).
 - написание рефератов;
 - подготовку ответов на вопросы для самоконтроля;
 - сдачу экзамена после изучения курса.

1. Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Методология научных исследований» является подготовка магистров, уровень знаний которых соответствует требованиям квалификации магистр по специальности 270100 «Строительство». Цель изучения дисциплины соотнесена с общими целями основной образовательной программы (ООП), имеющими междисциплинарный характер и связанными с формированием социально-личностных компетенций.

Целесообразность введения данного курса обусловлена необходимостью психологического преодоления сложившегося в ряде областей техники отношения к научному творчеству.

Целью преподавания является **формирование творческой личности** магистранта, изучение динамики, механизмов и логической структуры процесса научного творчества, а также выявление некоторых наиболее общезначимых средств, способов и приемов решения научных проблем, т. е. того, что называют методологией научного творчества.

Научные исследования – это в значительной мере философская проблема, связанная с теорией познания, выявлением определенных закономерностей и законов и не только с решением технических задач.

Метод принятия решений, изобретательские задачи – это только некоторые части (составляющие) метода научных исследований.

Тема методики научных исследований поднимается и на государственном уровне. Председатель правительства РФ В. В. Путин недавно провел совещание специалистов по высокочастотным технологиям в виде «научного штаба» для выработки профессиональной научно-технической политики по проведению анализа и прогноза тенденций развития отрасли. В. В. Путин подчеркнул, что сегодня не обойтись без внедрения прогрессивных подходов к организации научных исследований. Такая же нацеленность и в области навигационных систем типа «Глонас», нанотехнологий и др.

Имеется несколько хороших учебных пособий 2004 г. В одних из них преобладает описательный стиль научного творчества вместо определения и справочных данных. По мнению автора, задача пособия должна быть более активной, действенной, т. е. надо научить учиться творческому исследованию. Каким бы хорошим описание не было, цель обучения не будет достигнута. Нужно активное участие студентов.

Проблема творчества и активизация мышления всегда привлекала внимание ученых – исследователей, психологов, философов.

Эдвард дэ Боне, доктор психологии и медицины, ввел и развил в отличие от вертикального мышления понятие латерального мышления (нешаблонного), которое вошло в Оксфордский словарь. Эдвард дэ Бонэ издал 45 книг, переведенных на 27 языков. Он создал и возглавляет в Нью-Йорке Институт исследования проблем творчества и основал международный Комитет по проблемам творчества.

Развитие творчества является важнейшей составной частью методики научных исследований. Методика научных исследований – это особый тип активного мышления, научного поиска, направленного на познание, включающее закономерности явления, изучение нового. Сюда включаются вопросы:

- теория познания, диалектики, системного подхода;
- роль эксперимента, связь с теорией;
- теория и практика моделирования.

2. Задачи изучения дисциплины

При изучении дисциплины «Методология научных исследований» будущий магистр по специальности 270100 «Строительство» в области строительной механики и управления конструкциями должен обладать соответствующими знаниями, умениями, навыками для решения следующих задач:

- уметь выполнять исследовательскую работу в области строительной механики, теории упругости и управления конструкциями;
- творчески подходить к вопросам создания конструкций нового типа;
- научиться владеть новыми технологиями, в частности нейротехнологиями;
- уметь анализировать и аргументированно обосновывать актуальность, правильность выполненной работы;
- уметь проводить теоретическое моделирование и экспериментальное исследование.

Дисциплина ориентирована на формирование у магистров следующих компетенций (способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области; *на основании классификации базовой части цикла ГСЭ для естественнонаучных, инженерно-технических направлений подготовки (магистр) в новом поколении ГОС ВПО от 4 июня 2007 г.*):

А) УНИВЕРСАЛЬНЫХ

1. Общенаучные:

- способность научно анализировать социально значимые проблемы, процессы, умение использовать на практике методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности (ОНК-1);

- владение культурой мышления, знание его общих законов, способность в письменной и устной речи правильно (логически) оформить его результаты (ОНК-2);

- способность и готовность использовать знание методов дисциплины «Методология научных исследований» при осуществлении экспертных и аналитических работ, а также для принятия нестандартных решений (ОНК-3)

2. Инструментальные:

- готовность к расчетно-проектировочной работе в коллективе (ИК-2);

- готовность работать с информацией из различных источников (ИК-3);

- способность и готовность к практическому анализу логики различного рода рассуждений, владение навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики (ИК-4);

3. Социально-личностные и общекультурные:

I) «общими» для любой деятельности:

- компетенции деятельности и общения, публичной и частной жизни – способность и готовность к социальному взаимодействию: с обществом, общностью, коллективом, семьей, друзьями, партнерами; к сотрудничеству и разрешению конфликтов; к толерантности, уважению и принятию Другого; к социальной мобильности (СЛК-1);

II) ориентированные по «типам» деятельности:

- компетенции работы в коллективе – готовность к кооперации с коллегами и работе в коллективе, знакомство с методами управления, умение организовать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в условиях различных мнений (СЛК-2);

- компетенции индивидуальной работы – готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию ответственных решений в рамках своей профессиональной компетенции (СЛК-3);

- компетенции профессиональной мобильности – готовность к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, работе над междисциплинарными проектами (СЛК-4);

III) *ориентированные по «характеристикам» личностно-культурного развития:*

- интеллектуально-критические компетенции – способность к критическому восприятию информации («критическому мышлению»), ее анализу и синтезу (СЛК-16);
- компетенции изобретательства и инноватики – способность и готовность к творческой адаптации к конкретным условиям выполняемых задач и их инновационным решениям (СЛК-21).

Б) ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ (по видам деятельности)

- научно-исследовательская деятельность: способность и готовность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу (ПК-2);
- проектная деятельность – способность к проектной деятельности в профессиональной сфере на основе системного подхода, умение строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ (ПК-3).

Дисциплина ориентирована на формирование у магистров:

- системного представления об организации и содержании курса «Методология научного творчества» и связи его с другими дисциплинами (три – 1);
- знания истории возникновения и становления курса «Методология научного творчества» и его актуальности при расчетно-проектировочной деятельности в современных социально-экономических условиях (три – 2);
- базовых знаний о логической структуре научного исследования (три – 3);
- знания методов научного исследования (три – 4);
- знание алгоритма интерпретации результатов научного исследования (три – 5);
- знаний о возможностях апробации результатов научного исследования (три – 6);
- знания требований к оформлению результатов научного поиска (три – 7);
- умения формулировать цели и задачи расчета и исследования НДС различного класса конструкций (У-1);

- навыков соблюдения научной этики при организации и проведении исследования (У-2);
- умения обозначать проблему расчета и исследования НДС конструкций (У-3);
- умения формулировать постановку задачи расчета и исследования НДС конструкций (У-4);
- умения формулировать и выдвигать гипотезу исследования (У-5);
- навыков планирования и осуществления мониторинга процесса исследования (У-6);
- умения осуществлять выбор методов расчета и исследования НДС конструкций и корректно использовать их (У-7);

Будущий магистр в области строительной механики и управления конструкциями должен:

- обладать соответствующими знаниями, умениями, навыками: уметь определять напряженно-деформированное состояние сложных пространственных систем; знать и уметь применять основные теоремы о деформируемых системах;
- уметь выполнять расчет сооружений методом конечных элементов на ПЭВМ с использованием современных расчетных программных комплексов (ПК) и творчески анализировать результаты расчета; иметь представление о расчете конструкций методом предельного равновесия и в нелинейной постановке;
- уметь моделировать (создавать достаточно точную расчетную схему) реальные сооружения различного типа (плиты с ребрами и отверстиями, здание-основание как единую систему, фундаментные платформы на упругом основании);
- уметь выполнять исследовательскую работу в области строительной механики, теории упругости и управления конструкциям;
- научиться активной постановке задачи управления НДС конструкциями;
- творчески подходить к вопросам создания конструкций нового типа;
- научиться владеть новыми технологиями, в частности нейротехнологиями;
- уметь анализировать и аргументированно обосновывать актуальность, правильность выполненной работы.

3. Межпредметная связь

Успешное овладение дисциплиной «Методология научных исследований» должно основываться на системном подходе и знаниях, полученных при изучении целого комплекса дисциплин, в том числе: строительная механика (основной курс), теория упругости и пластичности, строительные конструкции, теоретическая механика, сопротивление материалов, физика (раздел «механика»), математика (разделы «геометрия», «алгебра», «дифференциальное и интегральное исчисления»), основы теории автоматического управления, электротехника, основания и фундамент, вычислительная математика, теория колебаний, сейсмостойкость сооружений, философия (теория познания), новые информационные технологии (нейротехнологии).

Се м и н а р 5. ЧЕМУ УЧАТ И НЕ УЧАТ ИНЖЕНЕРОВ. ПОДНЯТЬ ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ НА УРОВЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ

...Нельзя относиться к образованию только как к накоплению знаний. В современных условиях – это, прежде всего, развитие аналитических способностей и критического мышления у учеников. Это – умение учиться, умение самому воспринимать знания, успевать за переменами.

В. В. Путин

Цель: студенты (магистры) анализируют свой учебный план с позиций системности, взаимосвязи с актуальными проблемами и своей будущей профессиональной деятельности.

Существенным недостатком нынешнего образования инженеров традиционно, как и раньше, является неумение действовать в нестандартных ситуациях и на их предупреждение. К таким ситуациям от-

носятся не только аварии, участившиеся в последнее время, но также весьма распространенные воздействия внешней среды, которые характеризуются неопределенностью по времени, месту и величине (например, провалы земной поверхности на подрабатываемой территории, карстовые проявления в грунтовой толще, сейсмичность, наводнения, сели, снежные лавины и др.).

Одна из главных причин такого положения в том, что нынешних инженеров и студентов не учили и не учат, как действовать и какие принимать решения в названных ситуациях. Действующие Государственные стандарты (ГОСы) на обучение, например, для инженеров строительных специальностей по направлению 653500, **ориентированы на пассивные постановки задач обучения** (анализ и использование готовых конструктивных разработок и решений), умение **использовать** только математические модели. Умение только анализировать решения (ситуации), которые представлены математическими моделями и поддаются компьютеризации, является большим ограничением подготовки инженеров, сужающим их творческие возможности. Отсюда вырастают **бессилие и незащищенность перед ситуациями, выходящими за рамки математической обусловленности моделей**, т. е. того, чему учили. Необходимость не только анализировать, но и синтезировать, активно управлять, подчинять процесс желаемому функционированию и результату – таковы реальные задачи, систематически возникающие в творческом инженерном процессе.

Парадоксально, но концепция современного инженерного образования не сформулирована. ГОСы на инженерное образование весьма несовершенны, не системны, содержат существенные пробелы и не охватывают всех необходимых направлений деятельности инженера.

В стремлении преодолеть эти недостатки ГОСы формулируют только квалификационные требования к выпускаемому специалисту, реализация которых не обеспечивается их содержанием.

Возможно, что ГОСы на образование исходят, увы, из печальной реальности, что многие преподаватели перестали заниматься наукой и не повышали свою квалификацию и поэтому не могут доводить образовательный процесс до уровня современных научных достижений и требований, т. е. не могут учить творчески. А это ведет к отставанию, потере творческого интеллектуального потенциала. Выделение в ГОСах региональной составляющей не спасает положения, хотя является некоторой отдушиной. Фундаментальная часть ГОСов

ориентирована на математизацию, информатизацию и компьютеризацию подготовки инженеров, а также обширную гуманитарную составляющую. Инженерную специализацию не относят к фундаментальной части, и она часто имеет описательный характер, ориентированный на эмпирику и нормативы. Активные творческие поисковые проблемные постановки, как правило, отсутствуют. Получается, что **ГОСы ориентируют на подготовку инженеров среднего уровня**. Учебники подгоняют к этому же уровню.

От обучаемых, к сожалению, скрыт тот известный факт, что **математизация и компьютеризация далеко не охватывают всех областей деятельности инженера** и что они применимы в тех областях, в которых **известны явные закономерности** и построены некоторые идеализированные модели. Но эти классические области - лишь малая часть инженерной деятельности. Следует отметить, что подобная ограниченность имеет место и в организации фундаментальной науки, в которой многоаспектная проблема моделирования представлена лишь в институтах математики и информатики. За бортом также остаются неподдающиеся формализации проблемы.

Если проанализировать широчайшую систему научно-инженерных и практических конструкторских работ, например С. П. Королева или создателей различных уникальных видов военной техники, будет очевидно, что они включают целостно все необходимые аспекты для достижения желаемого результата, в том числе и в областях с неопределенностями модели и закономерностей.

С этим и связаны актуальные задачи повышения уровня инженерного образования.

Таким образом, все четыре проблемы (задачи) (рис. 20) являются необходимыми элементами (составляющими частями) современной системы активного творческого образования.

Рассмотрим пример современной системы активного творческого образования в Инженерно-строительном институте:

1. В областях (научных направлениях), в которых известны **явные закономерности** и возможные математические формализации, необходимо учить задачам **активного управления** конструкциями и рассматривать решения, включая регулирование, синтез, оптимизацию. При этом необходимо гармонично сочетать математическое и физическое моделирование, без чего инженерное образование ущербно.

2. В областях, в которых **закономерности проявляются в неявной форме**, в виде набора примеров, следует обучать прикладной

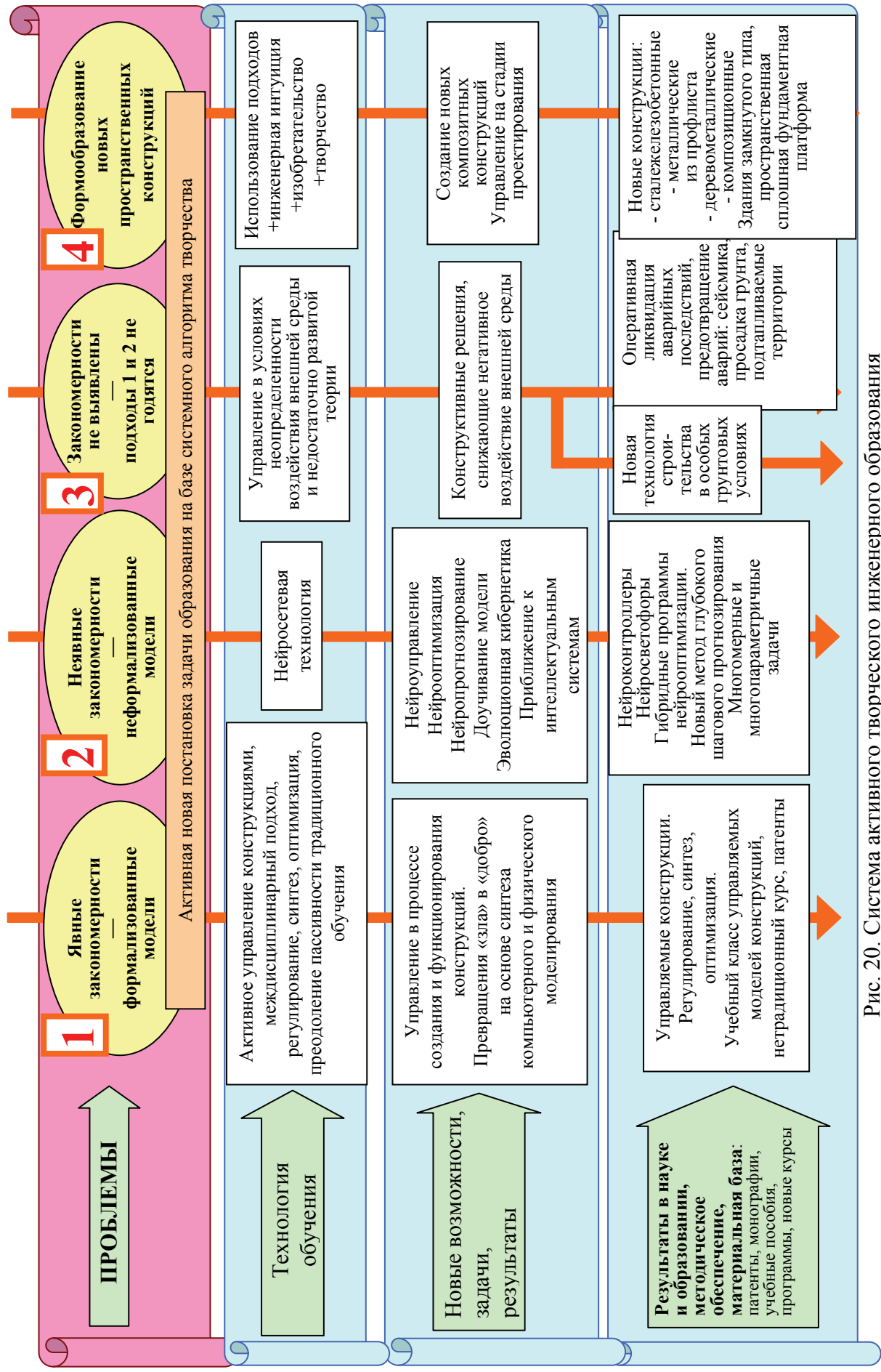


Рис. 20. Система активного творческого инженерного образования

нейросетевой технологии, включая новые методы нейроуправления, нейрооптимизации, нейропрогнозирования. Здесь существенным отличием от классических формализованных моделей является возможность совершенствования (доучивания) модели в процессе функционирования, что приближает ее к интеллектуальному уровню управления и соответствует современной теории эволюционной кибернетики.

3. В областях, в которых **закономерности не определены и теория весьма слабо развита** (например, неопределенные сейсмические воздействия или неравномерные осадки и просадки грунтов и др.), т. е. когда классические математические подходы и нейросетевая технология неэффективны, необходимо обучать умение находить такие конструкции и решения, **которые были бы малочувствительны к неопределенности воздействий** и обладали бы повышенной живучестью.

4. Овладение искусством **формообразования новых пространственных композиционных конструкций** с привлечением инженерной интуиции, изобретательства и творчества – этот старый по сути прием – необходимо развивать на современном уровне, используя системный подход, новые материалы и их комбинации, технологии и технику.

В Инженерно-строительном институте разработана и реализована **научно, методически и материально в научно-образовательном комплексе «Управляемые конструкции и системы» система активного творческого образования**, направленная на решение **актуальной проблемы** высшего технического образования – **усиление творчества как основного его компонента.**

Развитие творческой составляющей базируется:

- **на активном творческом обучении:**
 - моделирование конструкций и систем на основе эволюции расчетных схем;
 - управление конструкциями и системами, в том числе автоматическое управление;
 - подчинение конструкций и систем желаемым требованиям управления на стадиях создания, эксплуатации и модернизации, включая демонтаж (разрушение) конструкций;
 - обучение изобретательству;
 - принятие решений, в том числе в условиях неопределенности, сложности грунтовых условий, сейсмичности, требований экологичности, особенно для северных регионов;
 - создание конструктивной безопасности;
 - достижение оптимальности;

○ предупреждение и оперативное управление ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций;

● **учебных заданиях нового типа**, общая методология которых имеет междисциплинарный характер и может быть использована для всех специальностей СФУ;

● **методах творческого мышления** – системном алгоритме творческого мышления (САТМ), законах развития и методах принятия решений, в том числе методах нешаблонного мышления и др.;

● **рекомендациях по работе над магистерскими и кандидатскими диссертациями**;

● **новом системном тестировании знаний и обучении**, в том числе создании базовых конспектов лекционных курсов;

● **рекомендациях, как учить и как учиться**;

● **разработанных и созданных на кафедре строительной механики и управления конструкциями СФУ учебных пособиях по активному творческому обучению**, в том числе выработке у обучающихся умения аргументировать, спорить и доказывать;

● **изучении и овладении новыми технологиями** (компьютерными, физическим моделированием, нейрокомпьютерной информатикой);

● **на сочетании физических и вычислительных алгоритмов**;

● **на участии обучающихся** в реальных практических разработках совместно с преподавателями;

● **научной философской методологической основе развития творческого мышления**:

○ системный подход, его развитие и перспективы;

○ законы развития и функционирование технических наук;

○ многообразные методы принятия решений;

○ системный алгоритм творческого мышления (САТМ);

○ нейросетевые технологии, включая новые методы нейропрогнозирования на основе эволюции и доучивания модели.

Разработка научной инновационной составляющей реализуется в результатах выполненных работ и новых разработках по следующим направлениям:

● управление конструкциями и системами;

● пространственные фундаментные платформы (ПФП), замкнутые здания, сложные грунтовые условия (данное направление одобрено Письмом Минрегиона как вклад в национальную программу «Доступное жилье»);

- экологические проблемы строительства на Севере;
- конструктивная безопасность;
- оперативное управление ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций;
- исследование напряженно-деформированного состояния ПФП при разных параметрах;
- сейсмостойкое строительство («Новые подходы к сейсмостойкому строительству в Красноярском регионе» (конструктивные разработки, уточненные модели и расчеты, обследование, грант РФФИ 2008 гг., патенты № 38789, 45410, 50553, 55388, 59650, 2206665, 2273697);
- резервуары, восстановление резервуаров (патенты № 53342, 63375);
- нефтегазоносное строительство, опоры для магистральных трубопроводов (патенты №, 41829, 49251, 53006, 60669, 2246657);
- нейропрогнозирование;
- новые комбинированные пространственные конструкции: реконструкция «хрущевки», сталежелезобетонные конструкции (патенты № 29738, 44336, 46282, 2039176, 2067644, 2087641).

Научно-практическая ценность результатов заключается:

- ***в разработке научно-философской методологической основы развития творческого мышления:***
 - системный подход, его развитие и перспективы;
 - законы развития и функционирования технических наук;
 - многообразные методы принятия решений;
 - системный алгоритм творческого мышления (САТМ);
 - нейросетевые технологии, включая новые методы нейропрогнозирования на основе эволюции и доучивания модели;
- ***в развитии материальной и научно-методической базы обучения и научных исследований, включающих:***
 - учебный класс управляемых моделей с созданием рабочих мест для студентов;
 - компьютерный класс с новейшими программами;
 - создание лаборатории прикладной нейроинформатики;
- ***в разработке инновационной составляющей, включающей:***
 - создание новых конструкций на изобретательском уровне, в том числе для нефтегазовых районов Севера;
 - новые подходы и конструкции для строительства в сложных грунтовых условиях;

○ новые конструкции для сейсмостойкого строительства (патенты № 38789, 45410, 50553, 55388, 59650, 2206665, 2273697);

○ вклад в реализацию национальной программы «Доступное жилье» (Письмо Минрегиона) благодаря применению новых фундаментных платформ, позволяющих снизить себестоимость на 10–12 %;

○ опубликование в престижных изданиях в 2007–2008 гг. по тематике данного проекта 17 статей, в том числе в электронном журнале «Springer», английской версии журнала «Optical Memory and Networks», трудах РААСН и журнале «Альма-матер», материалах международной конференции «Искусственный интеллект – 2007. Интеллектуальные системы» и др.;

○ получение в 2007 г. 5 патентов;

○ предложение новой системы компьютерного тестирования знаний с возможностью обучения;

○ издание учебного пособия «Секреты инженерного творчества. Научиться учиться», с грифом УМО для строительных вузов, учебного пособия «Современные аспекты обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями», получившего в 2008 году медаль РААСН за лучшую научную и творческую работу в области архитектуры и строительных наук.

Научно-образовательный комплекс «Управляемые конструкции» ориентирован на вузы строительного профиля, предназначен для цикла расчетно-конструкторских дисциплин: сопротивление материалов, строительная механика, теория упругости и строительные конструкции и технологии.

Комплекс направлен на решение **актуальной проблемы** высшего технического образования – усиление творчества как основного его компонента. Предлагаемая система может быть развита, ее концепции использованы практически во всех инженерных вузах страны.

Се м и н а р 6. О ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Деятельность человека условно можно разделить на три области:

• **первая**, в которой модели явлений и закономерности определены в явной форме и формализованы. Эта область успешно обслуживается математикой;

- **вторая** – закономерности и модели в неявной форме содержатся в наборе примеров и часто не поддаются формализации. Здесь применима нейросетевая технология;

- **третья** характеризуется *неопределенностями* из-за слаборазвитой теории и неясных закономерностей. Здесь как математика, так и нейросетевая технология не применимы (т. е. подходы, используемые как в первой, так и второй подобластях, не работают). В то же время жизненные потребности требуют принятия незамедлительных решений.

Отметим, что если деятельность в первой и второй областях достаточно освещается в научной и учебной литературе, то третья область остается в тени, четко не выделена и даже замалчивается, особенно в учебной литературе. Объяснение этого, по-видимому, кроется в сложившейся традиции, что все, что не охвачено математикой или нейроинформатикой, к науке не относят, т. к. это не вписывается в научные аспекты РАН и классификацию наук ВАКа.

В связи с этим целесообразно обобщить накопленный в практической деятельности опыт и создать фонд принципов «здорового смысла», физических и конструктивных эффектов для принятия инженерных решений в условиях неопределенности.

1. Из чего складывается неопределенность?

Связь с принципами, физическими и конструктивными эффектами для принятия решений

Неопределенность возникает при стечении одного или нескольких следующих обстоятельств:

- из-за недостатка информации;
- когда физическая модель явления не ясна в полной мере;
- когда несовершенна или отсутствует формообразованная модель (в аналогических, в нейросетевых или др. видах), т. е. теория отстает;
- метода решений – из-за неточностей;
- из-за неясностей в исходных данных (например, в параметрах модели или внешних воздействиях).

Для принятия решения в условиях неопределенности целесообразно уточнить для себя, какой (или какие) из факторов лежат в ос-

нове создавшейся неопределенности. Это позволяет часто более целесообразно мыслить и принимать решения в том смысле, что между этим конкретным фактором и принципом принятия решения (физическим эффектом) прослеживается определенная связь. Проиллюстрируем эту связь на примерах.

1. При сейсмических воздействиях ясно, что источником являются динамические воздействия земли, но не ясно время, место, величина и характер этих воздействий. Теория отстает, модель и метод расчета несовершенны. **Идеальный вариант** – изолировать (не допустить) передачи сейсмических воздействий на сооружение, например, устроить изолирующий слой между фундаментом и основанием. Здесь принцип формообразования нацелен на устранение (или ослабление) связи, через которую передается воздействие.

2. Если модель явления ясна, но не определена величина негативного воздействия, то для преодоления его критического порога целесообразно использовать принцип предохранителя.

3. Если все не ясно, то для накопления информации необходим принцип разведки путем малых шагов в разных направлениях.

4. Использование принципа динамического противодействия, основанного на создании САУ, требует всестороннего осмысления, без которого использование информации от датчиков слежения и актуаторов не может быть рационально реализовано в блоке принятия решений.

2. Вопросы к дискуссии. Вступление

Поднимая вопрос о моделировании и принятии решений в условиях неопределенности, автор исходил из следующего положения: существуют достаточно обширные области инженерной деятельности, в которых закономерности еще не определены, эффективные модели не построены, математические подходы не развиты, т. е. эти области характеризуются неопределенностью модели, неясностью законов и внешних воздействий.

В то же время инженерам необходимо принимать решения для создания и надежного функционирования систем. При этом надо создавать системы повышенной живучести. Как действовать в подобных условиях? На какие принципы ориентироваться? Обобщены ли где-либо такие подходы и решения? Имеется ли учебная литература по

такой инженерной проблеме (кроме отдельных частных вопросов)? Обучают ли этому в вузах? Какое место в концепции инженерного образования занимает эта проблема? Позиция философов? Системщиков? Это физическая или теоретическая проблема?

В математике есть проблема принятия решений в условиях недостаточной информации. Приемлема ли эта теория здесь, когда модель процесса не ясна и не деформирована?

У системщиков, как отметил известный профессор, есть положение о том, что если информации недостаточно, то принимать решения нельзя. Надо дождаться ее накопления. Могут ли ждать инженеры? Можно ли останавливаться?

Создалось ли впечатление, что проблема принятия решений в условиях неопределенности осталась за пределами академической науки? Действительно, существующие институты РАН по математическому моделированию занимаются только проблемами, поддающимися формализации, т. е. данная проблема находится вне их тематики.

Предложение: необходимо создать фонд физических и конструктивных эффектов.

Как быть, когда теория слаба, модели несовершенны, а решения принимать надо уже сейчас?

Приведу пример. Сейсмика: неопределенность в месте, времени и величине воздействия. Теория несовершенна. Модели слабо соответствуют реальности. А строить надо, причем эффективно и надежно.

Другой пример. Освоение космоса. Как действовали первопроходцы?

Еще пример. Как предотвращать аварии?

• Можно ли преодолеть неопределенность, используя компьютерные программы расчета?

Речь идет о модели явления (законах развития и пр.), а не о методе решения, каким бы «точным» или универсальным он не являлся (казался). Известно, что **несовершенства модели не могут быть исправлены методом решения, реализующим заложенные в модель закономерности.** Модели, как и исходные данные, определяют принципиальную постановочную точность расчета, если они не совершенствуются в процессе решения на основе новой дополнительной информации, т. е. если модель не доучивается, а исходные данные не уточняются, то глубоко ошибочно полагать, что метод решения может исправить ситуацию. Приходится нередко встречаться с

такой путаницей. Так, недавно в ряде статей в центральных журналах утверждалось, что новая компьютерная программа для расчета тонких плит на упругом основании на основе метода Шварца с помощью МКЭ дает результаты, близкие к реальным. Но при этом в основе лежит весьма несовершенная модель упругого основания, а его характеристики к тому же весьма неточные.

Пример из области самолетостроения. При неопределенности внешних воздействий на аэроупругий контур самолета и неясностях его взаимовоздействия с внешней средой с помощью МКЭ нельзя получать «хорошие» решения даже при самых густых сетках. Это опасная иллюзия.

- В инженерном деле отмеченные неопределенности можно преодолеть (обойти) путем соответствующего формообразования (пассивного, когда принятая форма малочувствительна к данным неопределенностям, или активного, основанного на создании динамического противодействия).

- В нейропрогнозировании (пример из эволюционной кибернетики) необходимо, чтобы используемая модель эволюционизировала (доучивалась) в процессе на основе новой дополнительной информации аналогично познанию по спирали. С этой целью рекомендуются малые шаги для получения новой информации и доучивание модели на ее основе. Для получения дополнительной информации используются следующие положения.

- В подобласти, где старая (на предыдущем шаге) модель достаточно точна, можно использовать интерполяцию, уточняющую решение, т. е. дающую новую информацию.

- Для получения информации в смежной малой подобласти нужно использовать модель доученную, усовершенствованную на основе предыдущей информации, тогда эти экстраполяционные данные будут содержать меньшую погрешность. Таким путем накопление погрешностей на последовательности шагов будет медленнее, и глубина прогноза увеличивается. Полагаю по опыту расчетов, что уточнение решений вблизи границы сильнее влияет на смежную подобласть, чем уточнение данных внутри области, удаленной от границы, хотя модель там изучена лучше, чем в приконтурной зоне, за пределы которой направлено исследование. Поэтому уточнение приконтурных значений более чувствительно.

Вопросы определения эксплуатационной надежности и ресурса характеризуются неопределенностью, особенно при многопарамет-

ричности, многообразии нагрузок, свойствах материала и т. п., учитывая нелинейный характер синтеза неопределенностей. Авиация, как передовая область техники, выработала свои подходы для традиционных ситуаций, но это лишь малая часть того, что предстоит. Поэтому весьма важно уже сейчас сделать некоторые обобщения, выделить те принципы, которые могут быть полезны в будущем и для обучения инженеров сейчас. Решение проблемы прогнозирования ресурса и надежности бесценно.

Семинар 7. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для начинающего исследователя это вопрос вопросов. Обычно это происходит спонтанно, в пределах той информационной области знаний, которая известна молодому человеку и определяется возникшим интересом к теме (проблеме), который сформировался в процессе обучения часто благодаря замечательному педагогу, его творческому дару.

Таким образом, интерес, наука и информированность – это решающие факторы, которые отражают не только любознательность, но и готовность к большому творческому многотрудному делу.

Известно, что А. Эйнштейн еще в детском возрасте заинтересовался, почему Луна не падает, как яблоко, на Землю, и этот интерес явился зародышем создания теории относительности. В студенческой жизни автора большое место занимал И. В. Гольдферт, который в своих лекциях и беседах показывал, как надо мыслить, он и подсказал автору тему его последующей работы «Расчет неразрезной балки на упругих опорах в уложение традиционной балки на жестких опорах». Так зародилась моя первая научная работа. Этот интерес и опыт получили развитие в моей будущей деятельности.

Выбор и обоснование темы работы требуют ответа на следующие вопросы: актуальность, потребность; научная и изобретательская новизна; личный вклад автора в решение; ожидаемые результаты.

Это типичные вопросы ВАКа по автореферату диссертации.

Необходимо исходить из потребности науки и техники, используя системный подход (практическую диалектику) и закономерности

развития рассматриваемых систем. Надуманная (необоснованная) тема гарантирует провал. Здесь приведен ряд реальных примеров из работы советов по защите кандидатских и докторских диссертаций, связанных с нарушением этих подходов.

1. Докторская диссертация посвящена теме предотвращения возгорания больших угольных складов. Проведены наблюдения и исследования, в результате которых изобретен прибор, предсказывающий возникновение возгорания. Автор упустил из виду возможность предварительной переработки угля, например, в брикетах, до складирования, что должно способствовать устранению угольной пыли и ее возгорания. Такой системный анализ мог бы существенно изменить направленность работы и повысить ее эффективность.

2. Кандидатская диссертация по диагностике замкнутых цилиндрических резервуаров с большим внутренним давлением, которые имеют локальные дефекты. Автор пытался выделить в компьютере из оболочки-резервуара локальную зону с таким дефектом и определить степень возможности дальнейшей эксплуатации такого резервуара. При обсуждении выясняется, что диссертант не знал теории оболочек, уравнений, которые их моделируют, и т. п. и пользовался компьютерными программами как черным ящиком. Обоснование выбранного метода исследования вызвало большие возражения. Подход должен быть системным. Диссертант также упустил из виду, что сейчас существует возможность достаточно точного компьютерного расчета и исследования резервуара целиком, без расчленения, что в большей мере соответствует ответственности данных конструкций (для чего целесообразно создать специализированную программу для ускорения расчета).

3. Кандидатская диссертация была посвящена разработке новой тонкостенной конструкции пространственного сводчатого покрытия, собираемого из однотипных пространственных панелей-блоков. Для определения устойчивости и деформативности отдельная большепролетная модель блока подвергалась натурному эксперименту и компьютерному расчету, что составило основную часть диссертации. Однако диссертант не учел, что такое «одионое состояние» (без связи с соседними элементами, их поддержки и учета взаимного влияния) не имеет места на практике. Несистемный подход обесценил результаты работы.

4. Во многих диссертациях приводятся многочисленные графики, показывающие влияние изменения отдельных параметров на ис-

следуемый процесс (конструкцию и т. п.). С этой целью, как правило, в многопараметрическом процессе фиксируется ряд параметров, а изменяется один-два. Такое расчленение вызвано невозможностью представить на плоскости (на бумаге) многофункциональные или многопараметрические процессы. В то же время существует нейросетевая технология, позволяющая воплотить возможности универсальной аппроксимации многопараметрических процессов. Незнание таких возможностей существенно обедняет исследования: составленная нейросетевая программа обладает большими возможностями, а ее доучивание по результатам эксплуатации позволяет постоянно совершенствовать результаты и обеспечить оперативное управление.

Выводы

1. Анализ примеров неудачных подходов поучителен, как и рекомендации по выбору и обоснованию темы.
2. Как видно, после выбора темы надо провести предварительную оценку ожидаемых результатов и возможных последствий.



...Вдохновение рождается только на трудах и во время труда.

* * *

Даже человек, одаренный печатью гения, ничего не даст не только великого, но и среднего, если не будет адски трудиться.

П. И. Чайковский

1. Некоторые советы начинающему работать над диссертацией

Надо ясно понимать принципиальное отличие научной работы (диссертации) от инженерной разработки, которая базируется на известных и проверенных закономерностях. Научная новизна – одна из важнейших характеристик диссертации.

Для достижения цели важен не столько порыв, сколько усердный и хорошо организованный труд, творческий подход; нужно научиться много работать. Чтобы работа была эффективной, надо овладеть техникой научной работы.

Приведем некоторые основные **принципы организации научного труда**:

- творческий подход требует усиленной постоянной работы мысли, поиска, которые не прекращаются и не ограничиваются временем на работе. Секрет И. Ньютона о том, как он открыл законы небесной механики: «Очень просто, я все время думал о них»;

- нельзя работать без плана, направленного на достижение цели; план регулярно анализируется, уточняется, подвергается анализу и критике; учитывается мнение других, но необходимо надеяться на собственный путь решения проблем, свой путь научного поиска;

- необходимо постоянно контролировать ход работы и ее результаты, не стремиться охватить необъятное (обобщения можно сделать потом), желательно контролировать не только формулировку задачи, но и ее ограничения;

- привлекать все возможные источники информации, чтобы проникнуть в суть реальной проблемы: свой и чужой опыт, эксперимент, всю возможную литературу. Изучать проблему без книг – все равно что плыть по неизведанному морю без карты;

- чтобы эффективно использовать свои умственные возможности, не следует делать одновременно несколько важных дел, освобождаться от мелочей, которые задерживают продвижение работы к цели;

- воспринятые без критики результаты чужой работы (выводы) могут привести к потере самостоятельных суждений. Нередко выводы чужой работы, особенно в кратком аннотированном изложении, при первом прочтении кажутся правоподобными и схожими с собственными. Нужен более глубокий анализ области применения, ограничений и т. п.;

- обладать техникой подготовки статей и докладов (этому учатся лучше всего на примерах);

- научиться организованно и систематично работать с литературой, делать пометки, отрабатывать и формировать их, систематизировать и накапливать по главам работы;

- чередовать работу, умственный труд с физической разгрузкой;

- любить свою работу, увлекаться, искать и не сдаваться.



Наука, ее открытия и завоевания, ее работники и герои – все это должно бы явиться достоянием поэзии. Эта – научная – область человеческой деятельности, может быть, более чем всякая другая, достойна восхищения, изумления, пафоса.

М. Горький

Заниматься научно-исследовательской работой – то же самое, что писать стихи.

То же волнение и возбуждение, то же воображение, нет только перевоплощения.

Поэзия присутствует в каждом творческом труде – таково свойство человеческой психологии. Отвергнув писание стихов и заменив его научными исследованиями, я в сущности сохранил прежние ощущения.

И. М. Рабинович

2. Деловая игра для аспирантов

Цель: обоснование (защита) выбора темы (задачи) и метода ее решения – главного условия успеха научного поиска.

Участники: начинающие аспиранты, руководитель (профессор), оппоненты.

Рекомендуемый порядок проведения игры. Аспиранты на первом семинаре заслушивают вступительное слово профессора, затем получают домашнее задание: написать реферат «Обоснование выбранной темы (задачи) и метода ее решения».

На следующих семинарах идет защита темы (задачи) и выбранного пути ее решения. После аспирантов выступают оппоненты и т. д., примерно по схеме проведения публичной защиты диссертации.

Вступительное слово профессора

Известный ученый и изобретатель П. К. Ощепков исходя из своего творческого опыта выделил и рекомендовал пять принципов поиска нового:

1. Анализ поставленной 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 задачи на современном уровне науки, техники и производства.

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

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

Все эти принципы в совокупности соответствуют теории познания (диалектическому материалистическому подходу с учетом конкретности обстоятельств места и времени).

Следует отметить, что в требованиях ВАКа по оформлению автореферата диссертации автор должен четко сформулировать и обосновать ряд положений, которые полностью соответствуют (корреспондируются) принципам, сформулированным профессором П. К. Ощепковым. Среди них актуальность темы, цель работы, научная новизна, методы решения, достоверность результатов, практическая ценность.

Пять принципов П. К. Ощепкова помогают обосновать задачу (проблему или тему исследования). Первые три принципа способствуют ясному обоснованию задачи; поиску метода решений – четвертый принцип, и анализу решений – пятый. Вы будете анализировать возможное (предполагаемое) решение. Результаты анализа могут привести к уточнению постановки задачи, ее расширению и переформулировке (новой постановке). В этом состоит особая роль пятого принципа. Часто, найдя решение, исследователь успокаивается и не замечает возможности расширить его, поставить новые задачи. Есть и другие примеры. Например, открытие радиолокации, т. е. внешнего дальнего видения, одним из авторов которого является проф. П. К. Ощепков, после диалектического анализа позволило поставить вопрос о создании видения в непрозрачных телах (внутривидения, интраскопии). Благодаря этому открытию сейчас врачи при помощи ультразвуковых приборов видят на экране сердце и почки человека, а в аэропортах производится досмотр закрытых чемоданов.

Член-корреспондент АН СССР И. М. Рабинович отмечал: «Историку, который впоследствии изучает процесс развития открытия, кажется непонятной слепота первого исследователя; невольно хочется крикнуть ему: «Открой шире глаза, посмотри себе под ноги, там лежит открытие!, не поздно, время пришло. Открытие не сделано»».

Паскаль близко подошел к открытию дифференциального исчисления, не заметив этого. Лейбниц в одном из писем Бернулли писал: «... каково было мое изумление, когда я увидел, что у Паскаля, точно были завязаны глаза».

Клапейрон, раскрывший смысл расчета неразрезных балок или совокупности простых однопролетных балок, нагруженных опорными моментами на промежуточных опорах (1857 г.), стоял на прямом пути открытия общего метода расчета статически неопределимых стержневых систем – метода сил. Тем не менее, он не вышел за пределы узкой задачи в неразрезной балке.

Первый из пяти пунктов Ощепкова направлен на то, чтобы «вскрыть внутренние противоречия и уже от них отправляться дальше». Пятый пункт (критическое осмысление полученных результатов) позволяет правильно оценить их, всесторонне изучить, не отбрасывая противоречащих обычному представлению фактов, которые могут служить источником новых открытий.

Каждый ученый (исследователь) в своей области вырабатывает свою методологию поиска, которая является фактически конкретизацией принципов теории познания. Следуя предлагаемой здесь схеме САТМ, для выбора и обоснования темы диссертации необходимо:

- исходя из потребности, т. е. обоснования актуальности темы, выбрать систему (целостный набор элементов, внутренние и внешние связи, ограничения, желательно модель), в которой возможно и целесообразно решить поставленную задачу.
- разумно рассмотреть несколько возможных систем (расширенных и суженных) и выбрать из них более эффективную. Интуитивную оценку такого выбора целесообразно подкрепить возможными аргументами и анализом ожидаемых результатов, а также требуемыми ресурсами (знаниями, методами, материалами, экспериментами) для их достижения.

Приведенные ниже игры нельзя рассматривать как какие-то готовые рецепты (их не существует), а как некоторые примеры, на которых можно поучиться.

*Материал к деловой игре по строительной механике
и теории упругости*

1. Аспиранты уже выбрали основное, более или менее узкое, направление своего исследования. Это статика, динамика, устойчивость; линейные и нелинейные области деформирования; материал и характер формы деформирования тела (трех, двух и одномерное).

2. Уяснить, что в принципе предлагается сделать:

- развивать теорию (открывать новый принцип);
- создавать новый метод решения (показывать его эффективность на старых задачах-эталонах);
- решать новые задачи (для этого можно применять и старые методы).

Выбор делается на основе подготовленности в данной и смежных науках и личных способностей. Выбор определяет, где и как искать дальше, т. е. пункты 1, 2 имеют целью сузить рамки исследований. Следующие пункты ведут к углублению исследований в данных рамках.

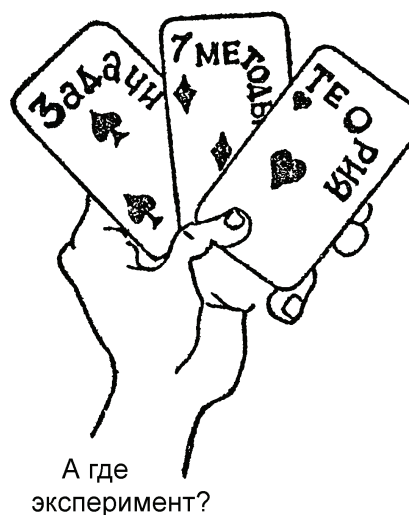
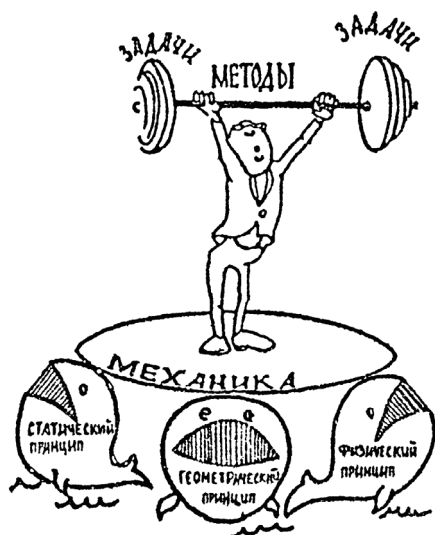
3. Углубившись в обзор литературы, практику решения и экспериментальные данные, анализируя соответствие расчетных схем действительной конструкции, следует определить, какие трудности имеются на выбранном пути решения проблемы (задачи). Следует постараться четко их сформулировать, выделить главные и второстепенные. Определить, хотя бы в общих чертах, конечный результат (чего можно добиться), если удастся преодолеть эти трудности. Разобраться, с чем связаны данные трудности: какие принципиальные (например, зависят от недостатков теории и метода), а какие зависят от практических возможностей реализации (например, возможностей ЭВМ). Здесь уже начинает определяться место и значение предполагаемых результатов.

На этом этапе выявляются актуальность, цель работы, правомерность постановки задачи и осуществимости ее на современном уровне, научная новизна работы. Наличие трудностей не должно приводить в уныние исследователя. Трудность – не есть неудача. Если трудностей нет, то задача легка и, видимо, уже решена или ее решение не имеет большой ценности. За трудностью, как за большой горой, могут открываться новые горизонты.

4. Разработка общей схемы решения настолько индивидуальная проблема, что трудно дать какие-либо общие указания.

Приведем один пример, которым часто пользуется автор. Надо выделить возможно более простой, но содержательный пример (модель),

освободившись от многих дополнительных вопросов. Модель должна достаточно полно отражать истинную ситуацию. На этом примере (например, на простой балке) разобраться, как решить главный вопрос. На нескольких частных примерах делаются выводы, а затем обдумывается методика решения, здесь имеет место прием от частного к общему.



Другой путь – от общего к частному, т. е. надо опереться на тот общий принцип, который охватывает данную и другие проблемы (возможно более широко). Введя в него ограничения, которые отсекают от общего данную задачу, постараться получить (вывести) зависимости для рассматриваемой задачи. Например, автор предпочитает исходить из общих вариационных принципов механики и теории преобразования вариационных проблем, другие используют дифференциальный или интегральный подход. Каждый имеет свои особенности и достоинства, но в конечном счете они взаимосвязаны.

5. Если ставится задача развить (обобщить) теорию, то, прежде всего, надо обратиться к анализу гипотез, лежащих в основе этой теории.

Предлагается проследить это на следующих учебных примерах:

- в каких случаях гипотезы сопротивления материалов становятся неприемлемыми и необходим переход к теории упругости;
- однослойные и многослойные балки (плиты, оболочки) с различными свойствами слоев (жесткими, мягкими);
- в каких случаях деформирование тела будет описываться линейными уравнениями и в каких – нелинейными, физические и геометрические причины.

Известно, что отказ от тех или иных гипотез (замена их другими) приводит к теоретическим обобщениям (новым уравнениям, новым теоретическим постановкам).

Надо разобраться, является ли существующая теория достаточно полной, т. е. содержится ли в ней систематический анализ. Так, например, в строительной механике несколько столетий были известны лишь принципы Лагранжа, затем Кастильяно, и лишь в середине XX в. они были дополнены принципами Рейснера, Ху-Вашицу. Систематический анализ позволил получить еще ряд принципов, в том числе смешанных.

«Предвзятые идеи вредны, к ним надо относиться с чрезвычайной осторожностью, в некоторых случаях они – враги и притаившиеся предатели» (И. М. Рабинович).

6. Если ищется новый метод решения (т. е. постановка задачи и разрешающие уравнения считаются не известными), необходимо уяснить для себя следующее:

- какие задачи предполагается решать;
- какими недостатками обладают известные методы и какие существуют пути их преодоления;
- продумать преобразование уравнений в более удобную для решения форму. Здесь закладываются основы формы решения: дифференциальной, аналитической, численной или смешанной;
- при изучении соответствующих разделов математики поискать эффективные методы, которые можно было бы применить (союз механики и математики прекрасен!); необходимо вспомнить общие идеи и принципы механики, на которых можно было бы основывать желаемый метод решения. Среди этих идей такие универсальные, как расчленение в математическом и механическом виде, сведение сложной задачи к решению ряда простых (желательно однотипных) и др. Вспомните создание МКЭ и МКР. Большую помощь могут оказать идеи итерационного и шагового подхода к проблеме, которые гармонируют с теорией познания как восходящим процессом последовательных приближений (развитие по спирали). Мощными возможностями обладают идеи сочетания итерационных подходов с вариационными принципами механики;
- искать не только прямую, но и обратную (и смешанную) формы решения. Обратные задачи иногда открывают сюрпризы;
- определить, нужно ли стремиться к универсальности метода, которая обычно усложняет решение;
- необходимо учитывать особенности численной реализации;

- определить возможные аналоги методов при решении задач;
- определить задачи смежных наук с учетом родства и свойств уравнений математической физики.

7. Если, опираясь на известную теорию и методы решения, аспирант желает решить новые задачи, следует уяснить:

- что нового содержится в данных задачах, не является ли их решение обычным инженерным расчетом. Возможно, что задачи содержат какие-либо важные особенности, выявленные автором;
- возможной задачей здесь является исследование новой системы (конструкции), выявление присущих ей закономерностей, ее оптимизация.

Обязательное условие: решению задач должна предшествовать их конкретная точная постановка, без чего нельзя сделать впоследствии правильные выводы. Об этом иногда забывают. В диссертационных работах вопросы развития теории, метода и решения задач могут (и должны) гармонично сочетаться (перекликаться), представляя собой единое целостное научное исследование.

8. Важнейшим моментом исследования является обоснование достоверности полученных результатов (в т. ч. точности решения), выявление тех особых случаев, когда решение затруднено (или «не проходит»). Хорошо, когда можно математически строго доказать это (например, устойчивость и сходимости процесса).

Если это сделать не удастся, приходится опираться на эксперимент (физический или численный). Здесь важнейшим моментом является выбор (планирование) эксперимента, т. е. при меньшем числе опытов получить результат, который можно обобщить. Теория планирования эксперимента является одним из важнейших математических методов принятия решения. Экспериментальное исследование желательно построить как процесс итерационный или шаговый.

Автор успешно использовал в активном физическом эксперименте (например, при поиске рационального усиления оболочки ребрами) методику последовательного усиления (ослабления) конструкции при поэтапном нагружении. После каждого этапа анализировалось напряженно-деформированное состояние конструкции и принималось решение, в какой области и как усиливать ее.

Эффективным средством анализа (численного и физического) является способ выделения одного исследуемого параметра, изменяемого поэтапно в процессе эксперимента.

9. Выводы (заключение) работы – серьезнейший завершающий этап, связан с пятым принципом. При написании выводов должна быть соблюдена простая истина: выводы и цель работы должны соответствовать (конечно, если работа завершена, и притом положительно). В процессе работы можно «открыть» для себя новые интересные факты (вопросы). Это может привести к корректировке первоначально сформулированной цели и соответственно найти отражение в выводах.

Отметим здесь несерьезность отдельных выводов, встречающихся в ряде диссертаций: они таковы, что их можно было бы написать еще до выполнения работы.

*Материал к деловой игре по специальности
«Строительные конструкции»*

В материалах к деловой игре по пространственным конструкциям содержатся сведения об эффективности развития на современном этапе комбинированных из стали и железобетона конструкций «на пролет» (СЖФ) для покрытия большепролетных зданий.

Здесь ограничимся в соответствии с пятью принципами профессора Ощепкова краткими ответами, обосновывающими целесообразность развития данных сталежелезобетонных покрытий.

1. Применение однопролетных (из одного материала) конструкций на пролет для покрытий большепролетных зданий (металлических структур, железобетонных КЖС, ПСП, двойное Т) свидетельствует о современности таких конструкций. Анализ показывает неэффективность использования металла в верхнем строении металлических структур, а также железобетона в растянутых зонах КЖС, ПСП, в которых заключена большая часть металлической арматуры. В этом содержатся внутренние противоречия данных однопролетных конструкций, а отсюда целесообразность перехода к комбинированным из разных материалов конструкциям, в частности, сталежелезобетонным. Экономия стали – один из важнейших стимулов развития конструкций. К тому же, имеется потребность в создании сборных конструкций из унифицированных элементов для некоторой серии пролетов (в противовес железобетонным конструкциям, когда для каждого пролета – своя конструкция). Это требование отражает потребность создания хороших условий для заводов-изготовителей, транспортировки конструкций в удаленные районы (региональные условия). Но, работая на стыке двух направлений – развития конструкций из метал-

ла и железобетона, необходимо творчески синтезировать лучшие качества каждой из них, определить форму конструкции и долю участия различных материалов в новой конструкции.

2. С точки зрения общих законов природы, правомерность постановки вопроса состоит в том, что каждый из материалов должен быть поставлен в лучшие для него условия работы (металл – на растяжение, железобетон в основном на сжатие). Но железобетон – тяжелый материал, и он может «задавить» конструкцию, т. е. потребовать много металла для восприятия этого дополнительного веса, и таким образом не каждая сталежелезобетонная конструкция будет эффективной.

3. Осуществимость желаемой конструкции на современном уровне основывается на следующем:

- на наличии технологии и баз для отдельного производства элементов металлических структур и железобетонных плит;
- на возможности преодоления различий в допусках на изготовление элементов из разного материала при соответствующих стыковочных узлах сборных элементов;
- на успехах современной строительной механики, которая позволяет рассчитать данные конструкции как пространственные и провести расчетный эксперимент (поиск эффективных форм и размеров).

4. Общая схема решения должна содержать:

- расчетный эксперимент;
- серию конструкторских разработок, среди которых важнейшей является создание стыковочного узла;
- технико-экономический прогноз эффективности конструкции, учитывающий стоимость, материалоемкость и трудоемкость (на всех этапах: изготовление, укрупнительная сборка, монтаж на стройплощадке);
- натурный эксперимент опытного образца с целью проверки расчетных и конструкторских положений, а также укрупнительной сборки).

В других деловых играх по тематике разработки новых конструкций целесообразно строить систему исследования, включающую следующие элементы:

- собственно конструкция (материал, соединения, связи, компоновка с соседними элементами, технология изготовления, транспортировка, производство работ);
- моделирование (конструирование, расчет);

- эксперимент;
- экономическое обоснование, область применения.

О принципах выбора темы исследования

« В своей работе в институте я при последовательном переходе от темы к теме руководствовался следующими принципами: актуальностью с точки зрения транспортной и вообще строительной техники и их дальнейшего развития, широтой ожидаемых выводов, прогрессом строительной механики в СССР. Не каждая тема удовлетворяла одновременно всем требованиям, но неуклонное руководство этими принципами, которое я осуществлял на протяжении многих десятилетий, не могло не дать плодов. Поэтому каждый достигнутый мной в моих работах скромный успех в то же время был, по моему убеждению, успехом в области строительной механики», – писал

И. М. Рабинович в книге «Воспоминания».

От идеи до воплощения. Почему тебя плохо понимают

У ищущего человека бывает такое состояние: наконец-то найдена идея, которая позволит разрешить трудную задачу. Человек буквально светится от внутреннего озарения. У него возникает желание немедленно с кем-то обсудить «находку» и услышать слова поддержки. Но часто этот кто-то не разделяет восторга, выражает сомнение по частным вопросам. Контакта в понимании не произошло. Автор испытывает огорчение. Почему такое случается?

Нельзя спешить с изложением идеи, тем более кому-либо случайному (не подготовленному к разговору). Зародившаяся идея еще не разработана, имеет лишь какие-то интуитивные соображения о справедливости. Автор внутренне видит и чувствует ее ценность и возможность реализации. У оппонента таких чувств нет. Возможно, он и завершённое новое дело будет воспринимать с осторожностью. Поэтому незаконченную работу не показывают. Только на определенных этапах разработки идеи ее можно выставлять для обсуждения, располагая четкими доказательными аргументами.

Три адских круга признания

Известный корреспондент, научный обозреватель газеты «Комсомольская правда» Я. Голованов, как-то заметил, что любая новаторская научная работа проходит «три адских круга признания». Круг

первый: «Этого не может быть». Круг второй: «Но еще не ясно, что из этого получится» и третий: «Так это все давно известно!».

Еще раз об искусстве решения проблем

Известный американский ученый Р. Акофф, взявший в союзники и общеметодологический, и математический подходы к решению проблем, остается на точке зрения, что даже в совокупности общая методология и научные методы не могут обеспечить вполне удовлетворительного подхода к решению проблем, т. к. он содержит элементы искусства, т. е. элементы творчества.

Для достижения этих целей целесообразно использовать «системный подход – законы развития – методы принятия решений» как способ формирования мышления в процессе обучения. При таком принципе обучения весь изучаемый материал выстраивается в стройную систему: определить область закономерностей данного вопроса и развить эту мысль применительно к конкретному случаю.

Как научиться работать творчески и увеличивать эффективность самообразовательного процесса

Об этом виртуальная беседа с академиком А. Б. Мигдалом

Автор: Аркадий Бейнусович, каковы секреты творчества? Как возникают внезапные прозрения, скачки мысли? Что составляет творческий процесс? Как направить фантазию в нужную сторону? Какие приемы облегчают поиски решения?

А. Б. Мигдал: *И. В. Гете писал:* «Важнее, как размышлять, чем о чем размышлять...». Познание – это область психического, примыкающая к сознанию, хранящая весь накопленный опыт и питающая интуицию. Познание работает очень активно, часто оберегая человека от опасности, подсказывает ученому – решение, писателю – идею, художнику – форму.

Сознательные попытки решить проблему дают задание подсознанию искать решение в определенном круге понятий. Подсознание из запаса накопленных знаний и особенно из арсенала собственного опыта отбирает сочетания понятий, которые могут оказаться полезными. Они предъявляются на суд сознания...

Особенность подсознательной работы в том, что ассоциации возникают без контроля. Поэтому возможно появление самых неожиданных сочетаний.

Автор: Есть ли приемы, влияющие на эффективность подсознательного процесса?

А. Б. Мигдал: Да, существуют. Вот некоторые из них.

1. «Хорошо известно, как важно для плодотворного рабочего дня **поработать хотя бы недолго накануне вечером**. Вы как бы дадите задание подсознанию и утром следующего дня встанете с ясной программой действий».

2. Надо настойчивой **сознательной работой**, многократно повторяя все рассуждения и вычисления, **облегчить работу подсознания**, благодаря чему «решение приходит само собой».

3. Можно искусственно регулировать соотношение между работой сознания и подсознания, между анализом и интуицией.

4. Чтобы увеличить удельный вес контроля, можно работать вместе с критически настроенным соавтором, а чтобы подстегнуть интуицию, – с соавтором, склонным пофантазировать.

5. Чтобы воспитать у студентов способность чередовать сознательные и интуитивные усилия, полезны **импровизированные лекции, когда лектор при участии слушателей пытается выяснить новый для него самого вопрос**, как он сам решал бы задачу. При этом видно, как ход решения диктуется логикой задачи.

Автор: Хорошие приемы. Я, как правило, вечером хотя бы повторяю суть задачи. И часто утром просыпаюсь с готовым решением. А как помогают решению вопросы ученика, критика, собеседника! Важно постоянно думать, настойчиво искать решение. Хочу напомнить, что система К. С. Станиславского создает условия и талантливо использует подсознание для творчества.

Автор: Что есть «здравый смысл» в научном поиске?

А. Б. Мигдал: «Здравый смысл позволяет так организовать труд, методику работы, чтобы на долю интуиции оставалась небольшая доля. **Любая сложная задача должна быть сведена к совокупности более легких**. Движение к окончательному результату сводится к последовательному продолжению сравнительно небольших трудностей, к **движению шаг за шагом**. **Как это делается? Прежде всего, задача упрощается до предела**, так, что остаются только главные ее черты.

Постепенно усложнять уже решенную задачу несравненно легче, чем заново решать сложную. Затем выясняется возможность решения задачи в предельных частных случаях.

Кроме того, раньше, чем **пытаться получить количественное решение**, нужно найти результаты грубо, качественно, что гораздо легче.

И наконец, **на всех этапах следует пытаться опровергнуть полученное**, используя все известные до того соотношения, к которым полученный результат должен сводиться в частных случаях. Может ли полученный результат следовать из принятых посылок? Не противоречит ли он каким-либо принципам? Не слишком ли легко получен результат? Надо выяснить, почему принципиальные трудности исчезли! Важны не внешние, а глубокие признаки красоты результата.

Автор: Ваши методы организации научного поиска по «здоровому смыслу» весьма практичны и оригинальны. Аналогичные рекомендации были высказаны Д. Гильбертом для преодоления математических трудностей при решении сложных задач .

Автор: По каким учебникам учиться творчеству? Раскрывается ли творческая лаборатория ученых?

А. Б. Мигдал: Обычно при написании научных работ и особенно учебников тщательно убирают « леса», которые помогли строить здание. Остается неясным, как был получен результат, какие трудности встречались на пути, как они преодолевались. А ведь важно именно детально описать ход рассуждений, успеха и отступления, попытки подхода с разных сторон – это принесло бы большую пользу начинающим. У начинающих может возникнуть чувство неполноценности, ощущение того, что для занятия наукой требуется не обычный здравый смысл, а особый склад ума, позволяющий скачками приходить к неожиданным заключениям. К счастью, это не так.

* * *

Афоризмы А. Б. Мигдала о психологии научного творчества

- Любопытство, умение радоваться каждому малому шагу, каждому небольшому открытию – необходимое условие для человека, выбравшего научную профессию.

- Любопытство исследователя самым непосредственным образом связано со способностью удивляться. Это качество необходимо для творческой активности в любой области, без него нет ни поэта, ни художника, ни ученого.

- Умение чувствовать красоту вместе со способностью удивляться должно определять выбор научной профессии.

- Добросовестность экспериментатора-исследователя. Не бывает добросовестности первого или второго сорта. Добросовестность одна – безупречная.

- Труден переход от догадок к достоверной научной истине.
- Суеверие, легенды, телепатия – для них не существует серьезных доказательств. Несмотря на многолетние поиски, нет экспериментов, которые с убедительной статистикой давали бы повторяющиеся результаты.

- В каждой научной работе преодолевается противоречие «заколдованного круга»: нельзя сделать научную работу без ясного понимания, но ясное понимание возникает только в конце (и то не всегда).

- Должна быть найдена правильная мера уверенности и сомнения, колебания и непреклонности, гибкости и негибкости (эти состояния не минуют ни одного исследователя).

«...Сколько мучительных переживаний досталось при жизни Галилею, Пушкину, Вагнеру, Больцману, Лобачевскому, Эйнштейну ... Не нужно слепо преклоняться перед авторитетом, но нужно чтить память о людях, пришедших к великим свершениям, чтобы стали возможны свершения будущие».

- «...Успех в науке связан не с возрастом, а с определенным характером способностей, с определенным психологическим типом. Эти свойства не обязательно ухудшаются с годами».

- «Распространенное заблуждение, что большая часть открытий сделана молодыми людьми, – результат неправильного анализа статистических данных».

- Предельный возраст для занятий наукой не может быть установлен статистически, а определяется индивидуальными особенностями ученого.

- Научная работа – тяжелый труд, и многие его не выдерживают, уходят в более легкие области.

- ...Верхоглядство и догматизм – две стороны лженауки. Верхоглядцы строят свои концепции, не считаясь с фактами и соотношениями, основываясь на непроверенных загадках. Догматики абсолютизируют представления сегодняшнего дня. Что опаснее, трудно сказать.

- Наука – это истина, помноженная на сомнения.

- Эйнштейн говорил: «Самое прекрасное и глубокое переживание, выпадающее на долю человека, – это ощущение таинственности». Но, к сожалению, именно стремление к таинственности есть причина многих антинаучных слухов.

- Сама вера в примету способна так изменить поведение человека, что приметы начинают действовать.

- Даже в математике при поисках доказательств делают правдоподобные предположения, которые предстоит проверить, т. е. ставят эксперимент.

- Даже хороший эксперимент устанавливает не только факты, но и соотношения между ними, а главное, систематизирует эти соотношения с помощью сознательно упрощенной модели явления. Великий французский математик Анри Пуанкаре сравнивал собрание разрозненных фактов с грудой камней, из которых предстоит построить здание.

- Экспериментаторы должны не только испытывать теорию, но и искать противоречащие ей факты. Это так же эффективно, как выметать лужи метлой.

- Здравый смысл и интуиция определяют выбор направления поисков.

Автор: Что Вы относите к инструменту познания?

Мигдал А. Б.: Инструменты познания:

1. Здравый смысл и законы логики.
2. Принцип причинности (причина предшествует следствию).
3. Принцип наблюдательности (в науку должны вводиться только те утверждения, которые могут быть проверены на опыте, хотя бы мысленно, хотя бы в принципе).
4. Принцип дополнительности, введенный Нильсом Бором (некоторые понятия несовместимы и должны восприниматься как дополняющие друг друга).
5. Требование красоты научной теории, в том числе свойства симметрии законов природы.
6. Каждому типу симметрии соответствует свой закон сохранения, дающий способ проверки правильности результатов.

Автор: Какое напутствие Вы даете тем, кто решил посвятить себя науке?

А. Б. Мигдал: Движущей силой в науке должно быть не стремление совершить переворот, добиться успеха, а *любопытность, способность удивляться и радоваться каждой малой удаче и, главное, ощущение красоты науки.* Необходимо воспитать в себе безупречную добросовестность и способность доводить *любой самый сложный вопрос до предельной простоты и ясности. Найти выход из многих психологических противоречий. Руководствоваться интуицией, но не доверять ей. Знать все трудности, но уметь на время от них отвлекаться. Верить в результат и в то же время упорно ис-*

кать его опровержение. Найти свой стиль работы, но менять его по мере накопления опыта и с каждым большим открытием. Короче, нужно все понять «до оснований, до корней, до сердцевины», как сказано у Пастернака. Эти стихи начинаются словами: «Во всем мне хочется дойти до самой сути. В работе, в поисках пути, в сердечной смуте...».

Пусть эти строки послужат напутствием тем, кто решился посвятить себя науке.

Автор: Ваши рекомендации по организации поиска решений?

А. Б. Мигдал: Вот разумная, на мой взгляд, последовательность действий в теоретической физике, а может быть, и не только в ней (рекомендую читателям блестящую книгу Д. Пойа «Как решать задачу»). Следует **начать с попытки решения задачи до изучения литературы** по ней. Это первое знакомство с задачей без предвзятости, продиктованное предшествующими работами. Первые качественные оценки порядков ожидаемых величин, первые поиски путей решения во многом определяют будущий ход работы. **Возникает активное отношение к изучению литературы (вторая стадия работы).**

Изучение впрямь всегда менее эффективно, чем изучение для дела, под определенным углом зрения. После этого или **одновременно выясняются ограничения, накладываемые на возможный результат** общими принципами теоретической физики, например, законами сохранения. Далее следует приступить к попытке **нахождения грубого качественного решения при различных значениях параметров задачи.** Затем – попытаться найти **количественное решение задачи в предельных случаях,** при значениях параметров, когда задача существенно упрощается. Далее наступает, быть может, **самая важная и трудная часть работы. Полученные результаты анализируются и критикуются всеми приемами.** Если все добытое до этого окажется верным, можно приступить к **последнему усилию – получить количественный результат аналитически или с помощью вычислительных машин.** И конечно, на всех стадиях работа должна **обсуждаться со всеми,** кто занимался этой или близкими задачами. Завершение работы – ее **публикация.** Следует уже подготовленную к печати законченную работу какое-то время **«выдержать»** и затем просмотреть снова. Срок выдержки остается на совести автора.

Автор: Ваш алгоритм творческой работы замечателен и весьма практичен. Спасибо.

Системный (нетрадиционный) вариант обучения постановке и решению задач. **Предложение автора:**

1. К проблеме, из области которой ставятся задачи, следует подходить системно. Поэтому будем исходить из определения задачи как системы, содержащей полный набор элементов, разделенных на «дано» и «требуется определить», связанных между собой так, чтобы система функционировала желаемым образом.

1. Фиксируем полноту набора элемента (пока без разделения их на «дано» и «требуется»), а также значащие существенные связи (закономерности) между этими элементами и конечным результатом.

2. *План возможных постановок задач (разнообразие возможных задач) путем преобразования информации из «дано» в «требуется».* Принцип возможных постановок и решений состоит в допустимых делениях полного набора элементов на две части (на «дано» и «требуется») на основе связей (закономерностей) между этими элементами. Поэтому обучение надо начинать не с решения кем-то поставленных задач (как это традиционно делается в школе), а с изучения проблем как систем (в школах это традиционно называют изучением отдельных теорем (т. е. теории), а затем под них подбираются задачи. Например, в физике (механике движения) надо изучить сначала систему движения тел, определить полноту элементов, связей, а затем, разделяя полноту системы элементов на части, ставить возможные задачи и решать их, опираясь на связи между этими элементами. При этом особое внимание надо уделять неправильности постановки задач, из-за чего они могут не иметь решения. Например, когда ошибочно определена полнота элементов системы (например, полноты элементов не хватает или есть взаимоисключающие элементы). Возможна избыточность или недостаточность элементов, т. е. переопределенные или недоопределенные задачи.

В «запутанных» (усложненных) задачах часть элементов может выражаться через данные смежной системы. В этих случаях следует рассматривать эти две подсистемы совместно (или одну надсистему, включающую смежную).

Таким образом, при таком обучении есть возможность обозреть всю возможную совокупность задач и ориентироваться в функционировании системы, осуществляя непрерывную связь между теорией (закономерностями системы) и практикой постановки и решения всевозможных задач.

*Воспитание творческих способностей
в человеке основывается на развитии
самостоятельного мышления.*

П. Капица

Семинар 8. ВОСПИТАЙ СЕБЯ САМ. СОВЕТЫ ИЗВЕСТНЫХ ДЕЯТЕЛЕЙ. НАУЧИТЬСЯ УЧИТЬСЯ

Все самые лучшие советы окажутся бесполезными, если тот, к кому они обращены, будет глух и нем и не будет проявлять настойчивость и желание овладеть ими. От Вашего психологического настроения, желания постоянно совершенствоваться и научиться учиться зависит быть или не быть творческой личности.

1. Достаточно ли иметь от рождения творческие способности (острый ум), чтобы быть успешным инженером

Жизнь изобилует примерами, когда способный лентяй хоронит себя, подобно Обломову, когда любознательный и целеустремленный человек, казалось бы, без ярких способностей, становится хорошим рационализатором, изобретателем, инженером. Одних способностей недостаточно, нужен еще большой труд, чтобы, развивая творческие способности, стать творческой личностью. Всем известно, что гений – это 1 % таланта и 99 % процентов пота.

Ты учишься или тебя учат

Какова твоя позиция: пассивная или активная?

Становление специалиста, его творческого пути может происходить интуитивно (подсознательно), на основе удовлетворения собственной заинтересованности, а может осуществляться сознательно, с использованием опыта и советов известных деятелей, достойных подражания («с кого делать жизнь»).

Человек не получает от природы в готовом виде мыслительную деятельность, а должен учиться мыслить, усваивать мыслительные операции – эта истина выражает закон развития (ребенок при рождении обладает лишь некоторыми врожденными инстинктами: хочется есть и т. п.). То же у зверей. Мать обучает детенышей. Ребенок рожден «почемучкой». Такова его потребность. Задача педагога – умело управлять процессом обучения, контролировать не только результаты

мыслительной деятельности, но и формировать ее, что может быть традиционным (шаблонным, репродуктивным) с целью запоминания, копирования, тиражирования, а может быть творческим (когнитивным), т. е. можно **учить творчеству**.

Таким образом, необходимость «учить творчеству» выражает высшую форму реализации естественной закономерности развития человека.

Одним из признаков обучения творчеству является факт, когда обучаемый (под руководством педагога) осуществляет самостоятельный поиск усваиваемых понятий и способов решения новых задач (это признак развивающегося эффекта обучения). При этом необходимо подчеркивать, что человеческие понятия развиваются не неподвижно, не есть нечто застывшее, а происходит движение понятий, их взаимосвязь, взаимопереходы и они отражают происходящее развитие материального и духовного мира.

Актуальная задача – формирование активной личности обучаемого, развитие его творческого мышления, интеллектуальных способностей.

Требуется: научиться учиться, приобретать знания, творчески мыслить, формировать самостоятельность ума, научиться отыскивать необходимую информацию, осмысливать ее и принимать решения, т. е. самообучаться.

Эти мысли созвучны рекомендациям академика А. В. Петровского [Основы педагогики и психологии высшей школы; под ред. акад. А. В. Петровского. М.: МГУ, 1986].

2. Что значит – самообучаться

Это весьма трудный вопрос, который не имеет однозначного ответа, т. к. теория и методы обучения не разработаны. Каждый решает это по-своему. Можно дать лишь определенные рекомендации.

Заложенные в человеке от рождения гены стимулируют стремление к обучению, без которого человек не может выжить и приспособиться к жизни. Одни делают это подсознательно (интуитивно), другие осознанно, анализируя свой и чужой опыт, учась на ошибках, стремясь к желаемой цели (целенаправленно).

- Для этого, прежде всего, необходимо изучить индивидуальные особенности, устремления и интересы, возможности своего ума и памяти (что и как легче представить и запомнить).

- Надо знать и соблюдать культуру умственного труда и овладеть набором необходимых умений.

- Умеете ли Вы «думать от обратного»? Этот полезный вариант системного мышления состоит в том, что, исходя из желаемого конечного результата функционирования системы, постепенно, в обратном порядке, раскручивается лента событий (обстоятельств): от конца к началу, выясняются те условия, которые должны способствовать желаемому решению.

- Научитесь строить сначала **функциональную** схему системы, а затем подбирать для ее реализации разные **структурные** варианты (и выбрать из них лучший).

- Делать оценку принятого решения и его последствий.

- Научитесь спорить аргументированно, т. е. приводить такие контрпримеры, которые бы не укладывались (опровергали) в доводы противника.

- Обращение к фактам самообучения известных деятелей науки, мастеров-умельцев, достижения высших уровней творчества, т. е. самообучение, – один из способов обучения творчеству, индивидуального обучения.

Опираясь на непреложные факты, необходимо активно стремиться познать разные приемы обучения творчеству, в том числе и опыт самообучения творчеству выдающихся деятелей. Эти процессы сложны, но познаваемы. Поэтому учить и учиться творчеству можно и необходимо.

Традиционно инженеров обучают на примерах стандартных ситуаций. Проверьте себя, ответив на нестандартные вопросы:

1. Известно, что при нагружении конструкции может произойти ее разрушение. Можно ли путем некоторого догружения конструкции добиться ее усиления (в том числе увеличения плановой нагрузки).

2. Может ли при разгрузке конструкции произойти ее разрушение.

3. Основной принцип обучения

В вузе приходится изучать многие дисциплины. Как не растеряться в этом океане информации? Растерявшийся часто спасается зубрежкой, шпаргалками, без творческого осмысления изучаемого, без системной связи нового материала с базовыми знаниями.

Необходимо овладеть основным принципом обучения и раскрыть для себя: в каждой науке все известные частные явления представляют определенную систему, в которой необходимо выделять **инвариантную фундаментальную часть, закономерности развития и методы принятия решения**. Именно эта часть и составляет предметное содержание обучения. Тогда изучение множества част-

ных явлений охватывается изучением только некоторых из них и используется как средство усвоения общего, сущностного. При этом фундаментальные закономерности могут получить выражение в явном или неявном виде. Неявные закономерности могут быть представлены достаточным набором содержательных примеров (обучающей выборкой). На этом строится нейросетевая технология программирования и обучения.

Семинар 9. ТВОРЧЕСКИЕ РАБОТЫ И УМЕНИЕ УМЕНИЙ. ИНЖЕНЕРНОЕ ТВОРЧЕСТВО И ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМЫ

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

Вопрос, поставленный в заголовке, не риторический, а принципиальный. Необходимо 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, чему 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 выбирать разные темы, сравнивать, анализировать, уточнять цель. Необходимо накопить нужные знания, овладеть полезными умениями, которые являются научной и практической базой и инструментом для инженерного творчества, 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, изучение одной стороны темы (проблемы) может помешать овладению другими сторонами, т. к. возможности человека (память, время, способности и т. п.) ограничены. Так, на-

пример, чрезмерное увлечение компьютерной техникой может вытеснить овладение, например, физическим экспериментом (опытом), без знания которого инженерное дело становится односторонним, 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 закономерностей, на которых они основаны. Основной принцип их использования: исполняй без оговорок, логика и теория отступают на второй план. Инструкции и нормы призваны установить и поддерживать определенный технический и административный порядок, но они отражают и обобщают уже прошлый опыт и потому закрывают дорогу развитию нового, их составляют 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 целыми единицами, представляющими, например, целые 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, будет привлекать узких специалистов для решения отдельных задач, которые входят в инженерную проблему (например, проект здания или завода). Главный инженер проекта должен владеть системным мышлением, но оно нужно и узким специалистам, чтобы их решения были эффективными.

Заметим: здесь не берутся во внимание проблемы студентов, цель которых увильнуть от работы, сдать экзамены попроще, поскорее. Это в значительной мере поддерживается негативным воспитанием и образованием, которое «забило» (вытеснило) естественную (данную им природой) потребность «почемучки». Такие студенты приобрели защитную форму робости, боязни задать вопрос, они, как правило, молчат, а иногда идут на 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 новые возможности в решении актуальных конкретных задач, которые они раньше не замечали. У них возникал момент удивления и некоторой заинтересо-

ванности, 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 стал относиться к учебе, когда начал работать на кафедре вместе с преподавателями над актуальной инженерной задачей.

Творческую работу целесообразно подкрепить набором умений. Виртуальная беседа с авторами учебного пособия Г. В. Никитиной и В. Н. Романенко

Нашей задачей является анализ формирования у студентов определенных категорий умений.

Автор: Владеть набором умений как разнообразием инструментов, по-видимому, небесполезно. Но, не определив проблему, которую надлежит решить творчески, не знаешь, какие умения и знания понадобятся. Многие из них рождаются в процессе творческого поиска.

Г. В. Никитина, В. Н. Романенко. Высшая ступень творческих умений по существу связана с умением пользоваться логикой. Это позволяет назвать ее логической ступенью. Применительно к деятельности специалиста перечень творческих умений высшей степени, составленный на основе анализа литературных источников, включает следующие умения:

- сформулировать гипотезу и проверить ее
- сравнить между собой различные данные
- абстрагироваться и выделять существенное
- стимулировать фантазию
- уметь широко мыслить
- уметь вести диспут
- видеть существенно общие черты в различных явлениях
- замечать существенное различие в достаточно сходных объектах
- гибко оперировать фактами
- отбрасывать несущественное и второстепенное
- составлять сложные структуры из простых элементов (синтез)
- анализировать явления или ситуации (анализ)
- комбинировать элементы
- иметь смелость отказаться от известного способа или теории
- учитывать новые данные
- выдвигать (ставить) новые вопросы или видеть новые проблемы в традиционной ситуации
- уметь вести альтернативный поиск средств и способов решения
- широко варьировать способ действия

- подчинять направление поисков целям, основной задаче
- уметь отбрасывать принятые «ходы мысли»
- гибко изменять способ действий соответственно задаче.

Автор: Да, это интересная характеристика творческих умений, которую Вы определяете как высшую степень, которая связана с умением пользоваться логикой. Но это далеко неполная характеристика, которая, например, не включает основы ТРИЗа (изобретательской деятельности), умения построить творческий поиск новых решений.

К тому же известно, что подчас надо отказаться от логики, ведущей к шаблонным решениям, а использовать эвристические подходы, инверсологию и другие способы.

Г. В. Никитина, В. Н. Романенко. Для осуществления исследовательской работы необходимо овладеть следующими умениями: уметь осуществлять поиск литературы, патентов

- пользоваться справочной, научной, учебной литературой
- уметь сформулировать задачу поиска
- научиться обсуждать выбранную задачу, выбранное задание
- составлять сложные структуры из простых элементов
- делить объект исследования (явления или ситуации) на более простые объекты исследования (элементы)
- строить модели, т. е. моделировать
- выполнять расчеты
- использовать современную вычислительную технику
- владеть основами программирования
- изготавливать, конструировать, собирать установку для экспериментов
- найти и отобрать нужные приборы
- найти и подготовить необходимые материалы
- совершать необходимые измерения в процессе эксперимента
- проконтролировать достоверность и точность наблюдения
- проверить достоверность и точность результатов по данной методике измерения
- обрабатывать результаты
- анализировать полученные результаты (точность и глубина анализа)
- сравнивать между собой различные данные
- оформить результаты эксперимента
- обсуждать полученные результаты.

Автор. Но необходимо четко понимать, что есть эрудиция и умение и что такое **творческое мышление**, т. к. по телевидению часто называют «умниками» тех, кто проявляет только знание фактов в той или иной области (например, истории). Конечно, хорошо, когда в человеке сочетаются творчество и эрудиция, но переполнение памяти фактами может стать психологическим препятствием для преодоления традиций в поиске новых технических решений. Необходимо овладение системным подходом, законами развития систем, умением принимать решения и оценивать их последствия.

Из воспоминаний автора

Надеюсь, этот опыт будет полезным и для нынешних студентов.

Я поступил в институт в первый послевоенный, 1946, год, сдав экстерном экзамен за 10-й класс, чтобы наверстать упущенный во время войны год в эвакуации. Наша студенческая группа была сформирована наполовину из демобилизованных солдат и частично из пришедших со школьной скамьи. Все стремились учиться, чтобы лучше вписаться в мирную жизнь, наверстать упущенное. Мы дружили и помогали бывшим солдатам вспомнить школьные знания.

Конспекты лекций писали все: кто на старых конторских книгах, кто в самодельных тетрадах. Учебников было мало. Перед экзаменами собирались у меня дома три-четыре человека и составляли план, согласно которому решали, сколько страниц в день надо освоить, полдня оставляли на повторение. Конспекты читали вслух по очереди. Таким образом как бы восстанавливалась лекция в нашем изложении. Трудные места обсуждали сообща, с привлечением для этого материала учебников, записывали и формулировали вопросы к консультациям. Важные места в конспекте подчеркивались и выделялись. Особое внимание уделялось тем терминам и понятиям, на которых базировался изучаемый курс. На этом старались построить ответ на экзамене. Отдельные места лекций пересказывали по очереди, следующий дополнял и пояснял ответ предыдущего. Главное, чего мы добивались, – это понимания, учились говорить на языке науки, к зубрежкам не прибегали. Для понимания и запоминания старались отыскать какой-то пример или аналог из обычной жизни. По ходу работы на отдельном листе делали короткие пометки, помогающие воспроизвести главное. Отмечалось и то, что непонятно. Этот лист затем служил как бы путеводной нитью и вносил определенную уверен-

ность в своих действиях: что знаю и что не понятно. Шпаргалки, как правило, не были нужны, хотя трудный вопрос иногда записывался на миниатюрных листочках (но он практически не использовался, так как записанное хорошо запоминалось). Старались оставить полдня (или вечер) перед экзаменом для повторения. Повторение заключалось в том, что листали конспект, обращая внимание на подчеркнутые места. Я обычно делал такой быстрый повтор вечером перед сном. Позднее я узнал, что это прекрасный прием управления своей мыслительной деятельностью и памятью. Подсознание получало заряд и работало. Весь курс целиком представлялся в виде некоторой цельной системы знаний, среди которых базовое место занимали определенные принципы и закономерности.

Рано утром перед экзаменом я иногда за 5-10 минут пролистывал конспект и свой «памятный листочек». На экзамен шел в боевом настроении, часто напевая гимн «Варяг». Выработался определенный стиль ответа на экзамене. Ответ на теоретический вопрос экзаменационного билета старался построить так: «Данный вопрос базируется (или имеет прямое отношение) к такому-то принципу или закону, из которого следует...». Далее я излагал этот принцип (или закон) – это был заранее подготовленный вопрос и я свободно владел темой. Затем переходил к вопросу по билету. Такая постановка и структура ответа производила хорошее впечатление на преподавателя: студент разбирается в вопросе. Меня часто останавливали и дальше шла конкретная беседа.

Мы были способны (и не боялись) рассуждать на экзамене. Этому способствовал наш стиль подготовки: мы не только впитывали в себя новые знания, но и учились тому, как добиться понимания и воспроизвести вслух новое. Это был процесс не только обучения и развития своих способностей, но и самовоспитания личности будущего творческого специалиста. Сознательное творческое обучение обязательно должно гармонично сопровождаться воспитанием личности!

Учеба приносила нам удовлетворение.

Весьма важным моментом в нашем инженерном становлении была практика. После третьего курса нам доверили запроектировать (рассчитать, начертить) и реально изготовить железобетонную балку (пролет 11,5 м) над разрушенным порталом сцены института, который мы восстанавливали. По чертежу мы вязали арматуры (сборного железобетона не было) и бетонировали. За практику я получил удостоверение мастера железобетонных работ и был весьма горд этим.

Участие в реальном деле воспитывает по-особому. На кафедре часто работают лаборантами исключенные за неуспеваемость студенты, которые привлекаются к некоторым разработкам и в итоге добиваются определенных успехов, завоеывая призовые места на конференциях. Так из тех, кто не вписался в традиционный поток, получают исследователи.

*Можно ли в наш стремительный век
учиться только умениям
без развития творческого мышления?*

Это легко проследить на нескольких идеях.

XX в. назвали атомным, человек научился расщеплять атом и в какой-то мере добывать атомную энергию, хотя термоядерным синтезом люди еще не полностью овладели.

В XXI в. начинают господствовать нанотехнологии, которые позволяют изменять микромир и создавать молекулы с любыми свойствами, получать новые материалы и объекты путем взаимодействий с отдельными атомами и другими частицами размером в одну миллиардную часть метра. Возникают возможности создания биомеханических микромашин, управлять (открывать и закрывать) микрокапсулами, направленными по кровяному руслу больного человека, управлять ориентацией электронных частиц, их зарядом для создания систем новых квантовых вычислений.

Развивается системный инжиниринг нанотехнологий.

Обратим внимание на развитие идей управления. Сначала возникла возможность автоматического управления большими объектами (машинами, самолетами и т. п.) на основе «обратной» связи. Это управление «в большом» (когда деформация объекта не учитывается). Затем эти идеи в конце XX в. были развиты «в малом» для управления деформациями механических объектов. Теперь развиваются идеи управления в микромире.

*Инженерное творчество и технические нормы.
Учить исполнять инструкции или подходить творчески.
О стереотипах в обучении и инженерной практике*

Обучение инженеров часто ограничивают знанием СНиПов, т. е. обучают знаниям правил и норм без их научного обоснования. Это простейший (элементарный) путь натаскивания знаний, позволяющих тиражировать важные, проверенные опытом результаты. Правила и

нормы надо знать, но **знать** далеко не означает **понимать**. А отсутствие глубокого понимания является часто причиной многих ошибок и неэффективных решений, сопровождающихся ложной психологической убежденностью в том, что решение соответствует СНиПу. Сфера понимания норм и правил должна охватывать следующее:

- прежде всего, те условия и область, к которой они относятся, т. е. очевидно, что применение за пределами этих условий и областей ошибочно;

- знание и понимание тех закономерностей и экспериментальных исследований, на основе которых эти нормы и правила возникают, т. е. если эти основополагающие факторы изменились или не имеют места, или добавились новые, то применимость СНиПов требует глубокой ревизии вплоть до полной замены. Например, в СНиПе 1985 г. на железобетонные гравитационные плотины разрешается выполнять работы по упрощенной схеме (по плоской схеме или отдельных столбов), что и было сделано для плотины Богучанской ГЭС. Однако ответственность сооружения и сложности состояния основания плотины, а также возможные сейсмические воздействия заставляют отвергнуть такой упрощенный подход;

- очевидно, что разработка и применение новых решений, например конструкций и материалов, не входит в компетенцию действующих СНиПов. Однако в нашей стране специалисты госэкспертизы, как правило, только и руководствуются ими, налагая запреты на использование новых решений, которые, конечно, не прописаны в СНиПах, т. е. новые разработки и существующие СНиПы несовместимы. Отсюда возникла проблема «внедрения инноваций» (не только техническая, но и психологическая), преодоление инерции старого. Сергею Павловичу Королеву «повезло»: СНиПов для освоения космоса не было (шутка).

Приведу два примера из своей строительной практики:

- были разработаны новые сталежелезобетонные пространственные конструкции покрытий, в которых эффективно использовались свойства каждого из составляющих материалов (металл – на растяжение, бетон – на сжатие). Есть СНиПы на металлические и на железобетонные конструкции, а единого СНиПа на новые сталежелезобетонные конструкции нет. И вот пришлось доказывать право на существование таких комбинированных конструкций не только теоретически, но и экспериментально;

▪ на бывшей городской свалке было решено построить несколько зданий промбазы. Учитывая слабые свойства грунтов и неопределенность их состава, были разработаны и применены поверхностные сплошные пространственные фундаментные платформы, обладающие большой изгибной жесткостью, малочувствительные к неравномерным осадкам основания. Требуемые по СНиПу инженерно-геологические изыскания с отрывкой шурфов на свалке выполнять, очевидно, бессмысленно, но экспертиза требовала. Построенные здания успешно эксплуатируются уже несколько лет, а другое здание на традиционном фундаменте стало аварийным. Так применение новых фундаментных решений преодолело в сложных условиях грунтов традиционные требования геологических изысканий.

*Прежде чем «начать спор»,
договоримся о понятиях.*
Вольтер

Семинар 10. ДЕЙСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ. НАУЧИТЬ ПРАВИЛЬНО ГОВОРИТЬ И МЫСЛИТЬ

Действенное (активное) определение понятий является ключевой целью образования. Философы и психологи традиционно считают это своей прерогативой, давая многообразные определения понятия.

1. Несколько определений понятий, известных в литературе:

- Понятие – есть мысленное отражение в форме непосредственного единства общих существенных признаков предметов (Формальная логика. Л., 1977).

- Понятие – это форма мышления, в которой отражаются существенные и отличительные признаки отдельного предмета или класса однородных предметов (Гетманова, А. Д. Логика / А. Д. Гетманова. М., 1986).

- Понятие – это мысль, в которой обобщены в класс и выделены из некоторого множества предметы по системе признаков, общих для этих выделенных предметов и отличающие их от других предметов исходного множества. (Ивлев, Ю. В. Логика / Ю. В. Ивлев. М., 1994).

Определения из области психологии:

- Понятие – отражение объективно существенного в вещах и явлениях. (Платонов, К. К. Психология / К. К. Платонов, Г. Г. Голубев, 1977).

- Понятие – одна из логических форм мышления, высший уровень обобщения, характерный для словесно-логического мышления. (Психология. Словарь; под общ. ред. М. Г. Петровского., М. А. Ярошевского, 1990).

- Понятие – это основная единица мышления существенных свойств, связей и отношений объективной реальности. Во-первых, в понятиях отражаются не конкретные свойства предметов (как в ощущениях) и даже не сами предметы в целом (как в образах восприятия), а определенные классы предметов, родственных по тому или иному признаку, обобщением которых и является понятие. Во-вторых, этот признак не всегда доступен даже систематическому непосредственному наблюдению, но может быть выделен при активном взаимодействии человека с познаваемым объектом, которое требует практических или теоретических средств. В-третьих, в данном воздействии человека открываются отношения между вещами и тем самым их существенные свойства, которые и являются содержанием понятия (Петухов, В. В. Психология мышления. М., 1987).

Справка из энциклопедического словаря:

Определение (филос.) – это установление смысла термина (слова) с помощью знакомых терминов или путем уже осмысленных, или явного формулирования равенства.

Понятие (филос.) – форма мышления, отражающая существенные свойства, связи и отношения параметров и явлений. Основная логическая функция – выделение общего, которая достигается посредством отвлечения от всех особенностей отдельных предметов данного класса; (лог.) – мысль, в которой обобщаются и выделяются предметы некоторого класса по определенным, общим и в совокупности специфическим для них признакам.

Эти формулировки верны, но отражают, если можно так выразиться, общий философский подход, который трудно использовать для практического обучения и применения в конкретных задачах. Вместо пассивного описательного подхода требуется активный, требующий мыслительных действий системный подход (можно сказать, основанный на практической диалектике).

Понятие рассматривается как некоторая система, в которой целостный набор элементов выполняют **ключевые слова**, выражающие общие и специфические признаки данного понятия, а связи между ключевыми словами расставлены так, чтобы достигалось указанное желаемое назначение данного понятия (рис. 21).

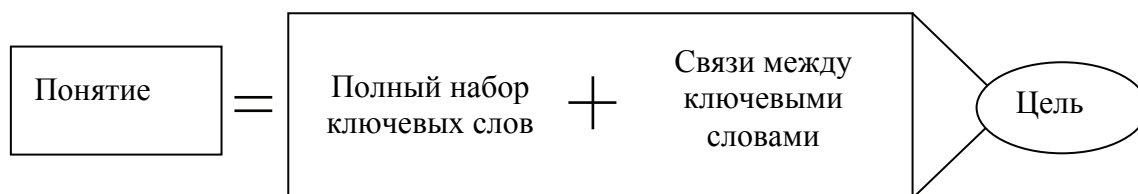


Рис. 21. Функционально-структурная схема определения понятий

Таким образом, активное (не описательно пассивное) определение понятия полностью укладывается в некоторую систему.

Без глубокого осознания нельзя системно определить: содержательно то или иное понятие и его предназначение (цель). С другой стороны, смысловому содержанию понятия требуется придать соответствующую содержанию форму (или в некоторых случаях формы), которая выражается через полный набор ключевых слов, связанных между собой так, чтобы распознавалась цель. В этом конкретность знания. Ключевые слова представляют собой некоторые подсистемы, из которых состоит данная система (понятие). **Неполнота набора ключевых слов нарушает целостность системы (понятия). Значит, если пропускается одно или несколько ключевых слов и не указывается связь между ними, то нет и знания должного понятия, допускается ошибка.**

Семинар 11. СПОР КАК СИСТЕМА

Как убедить оппонента в споре

Как найти убедительные доводы в споре? Их поиск – это тоже своеобразное решение. **Умение вести спор** – древнейшее искусство, которому посвящена большая литература. Здесь мы ограничимся лишь отдельными замечаниями:

- не теряйте тезис, который характеризует объект спора.

Часто в процессе (пылу) спора забывают, о чем спор, дискуссия разветвляется и т. д. Поэтому повторение тезиса, т. е. того, что оспаривается или доказывается, является хорошим моментом, организующим спор, ускоряющим его течение и подчеркивающим его логичность;

- есть ли контрпример, опровергающий спорный тезис? Пусть даже не общий, а частный контрпример – это часто решающий фактор в споре. Почему-то более убедительным аргументом нередко служат не столько положительные доводы, сколько обнаруженные ошибки в рассуждениях оппонента;

- проверьте положения спорного тезиса на соответствие основным физическим (естественнонаучным) принципам и другим законам;

- нельзя ли логически довести суждения оппонента до абсурда? При этом можно рассуждать так: если принять доводы соперника, то в конечном счете придем к результатам, которые противоречат известным фактам и законам;

- часто оппонент хватается за несущественные факты или какие-то сопутствующие факты и уводит спор в сторону. Иногда это делается умело, чтобы избежать нежелательных моментов, а часто по неведению или неумению вести спор.

Методы оппонента

Есть путь честного делового научного спора, где действуют законы логики, диалектики, материализма, научных обобщений, эксперимента, признаваемые обеими сторонами.

Другие пути связаны с нарушением одной из сторон данных методов. Здесь используют различные приемы. Приведем типичные примеры.

Как уйти от ответа, если время ограничено

Американский президент Рейган в интервью советским журналистам перед Женевской встречей цинично признался (облекая это в кокетливую форму), что тянул время, многословно отвечая на письменные вопросы, чтобы корреспонденты не успели задать волнующие их существенные устные вопросы. (Время, отведенное для интервью, ограничено).

Подобным образом поступают иногда выступающие на собраниях, используя отведенное им время (говорят много, красиво, но не по существу).

Утопить вопрос в мелочах, чтобы про него забыли

Это известный прием школьников и студентов, когда они просят рассказать что-то, не относящееся к теме занятий. При этом проявляются повышенное внимание и активность, чтобы как можно больше затянуть время и сорвать опрос или контрольную.

Или другой пример. При присуждении премий в области образования Минвуз в 1997 г. полностью игнорировал работы в области техники, не выделил приоритетные направления, не дал никаких рекомендаций по их развитию и т. д. Иными словами, Минвуз просто распределил деньги, не исполнив руководящей роли. Когда авторы одной из перспективных технических разработок указали на это, то в ответ получили письмо с дипломатической уверткой и реверансом в сторону авторов. Вместо ответа по сути (о ней в Минвузе забыли) авторов похвалили, указав, что их работы могут быть представлены к Государственной премии.

Безумие «путаницы»

В миниатюре Аркадия Райкина искусственные деятели ловко запутывают ответ, многократно телеграфируя несусветную чушь, закручивая дело все больше и больше. Ждущий ответа забывал про него и приходил в ярость, наступало безумие «путаницы».

Дети тоже иногда прибегают к уловке сознательно или интуитивно, когда им делают замечание. Если в замечании взрослого есть какая-либо неточная деталь о данном факте, причем мелкая или несущественная по сути замечания, то реакция детей в первую очередь будет обращена на эту деталь (а не существо). И вам будут говорить горячо и активно, не замечая главного.

Или вот что пишет один из известных фельетонистов, отстаивая право одного уважаемого человека: «Какая бумажная незатейливость! Вы просите пришить пуговицу, а Вам отвечают, что не имеют законного основания починить Ваш велосипед... Но ведь законы пишутся не ради законов, а ради людей. Есть формула закона, а есть суть закона. Нельзя ради буквы закона переступить через его суть. А суть любого нашего закона в том, чтобы помочь человеку. Формальные мотивы дают возможность, например, отказать. Но (!) те же самые мотивы дают возможность не отказать. В зависимости от того, как и кто «параграфы» читает. Если ты ищешь возможность отказать, ты ее сможешь найти. А если ты ищешь возможность помочь человеку, то ты найдешь ее обязательно.

Игра в возвышенное, многоплановое с целью принижения значения частного, конкретного, часто критического вопроса

Известный случай из жизни. Молодой ученый на собрании заметил, что отношение к сотрудникам института определяется лишь учеными званиями и степенями, а не человеческим фактором. Ответ ректора содержал крупномасштабный яркий взгляд (на уровне министра) о стоящих перед институтом задачах. Из этого присутствующие должны были сделать вывод, насколько несущественно замечание молодого ученого на фоне грандиозных проблем.

Запутать вопрос, создавая видимость «работы по правилам»

Суть спора в том, чтобы специально так «повернуть» закон в сторону своих интересов, чтобы юридические службы, которым «подкинули» факт нарушения закона, не заботясь о глубоком анализе причин, незамедлительно приняли решение о восстановлении (соблюдении) закона. Тогда суть действительного преступления (проступка) покрывается туманом видимого соблюдения закона и появляются козыри. В действительности блюстители закона попались на удочку и блюдут закон не ради главного, а ради побочного факта. Иногда вместо ответа по существу переводят разговор на личность, выдвигая претензии типа «Кто ты такой, что можешь судить об этом?», или «Ишь чего захотел!», или обвиняют в корысти и т. п.

Как отвечать на экзамене

Отвечая на экзаменационный вопрос, обычно рассказывают все, что знают, особенно подробно освещая то, что больше всего знают, и скрывая то, что знают плохо (мало).

Так поступают необстрелянные (неопытные) новички. Надо все делать наоборот, т. е. рассказать то, что знаешь меньше, и лишь слегка коснуться известного материала (даже допустить неточность): преподаватель обязательно задаст дополнительный вопрос по этой части.

Из чего складывается незнание

Автор исходит из того, что студентов, которые ничего не знают, не существует, как нет и студентов, которые ничего не поняли на лекции. Один из преподавателей поступал так: он подходил к доске и, указывая на одну из букв, спрашивал, что это за буква. После общего смеха выяснялось, что студент все же что-то понял, но не может отве-

титель. Лектор задавал вопросы до тех пор, пока студент не ответил, что ему конкретно не ясно. Таким образом, студент сам нашел ответ на свой вопрос. Искусство преподавателя и состоит в том, чтобы обнаружить, какие связи (мосты) в знаниях потеряны у студента.

Недавно в беседе с одним из студентов, у которого сломалась его МикроЭВМ, выяснилось, что оборванной связью явилось неумение правильно разделить одно число на другое, а в беседе с другим, выполнявшим инженерный расчет, – незнание того, что является плечом силы при подсчете момента относительно некоторого полюса. Когда связи восстановлены, система начинает работать.

Умейте эффективно аргументировать

Известный русский математик, кораблестроитель, талантливейший инженер академик А. Н. Крылов был обвинен в разглашении военной тайны (опубликовании чертежей корабельной пушки) и должен был держать ответ перед царской комиссией.

А. Н. Крылов знал, что в составе этой комиссии был его однокашник по гимназии генерал N. А. Н. Крылов построил свой доклад следующим образом. Сначала он признал факт, что чертежи пушки стали известны за границей, а затем, обращаясь к однокашнику генералу N, заметил, что существуют многочисленные способы проникновения в тайны. Он напомнил ему, что гимназисты заранее узнавали тексты предстоящих контрольных (как бы учителя их не скрывали). А однажды, когда их было очень сложно узнать, работник типографии Прошка, улучив момент, когда надзиратель вышел, сел на шрифт контрольных работ, получился оттиск, с которого все снимали копию. Разразился гомерический хохот, а сконфуженный генерал N не знал, куда деться. Все забыли о сути вопроса А. Н. Крылова.

Об искусстве спора, диспута, полемики, дискуссии, лекции

Данные формы общения отличаются друг от друга организацией, структурой, композицией, механизмом обмена аргументацией, целями (обмен мнениями, обучение, передача информации, обзор и т. п.), но по существу между ними есть много общего.

Может быть, кому-либо покажется странным, но спор, диспут, полемику, дискуссию и лекцию целесообразно рассматривать как некоторые системы, т. е. видеть в этих процессах целостный набор элементов (участников), объединенных (связанных) между собой прямыми и обратными связями так, чтобы достигались желаемое функционирование и

поставленная цель. Нарушение и отсутствие каких-либо элементов и связей не позволит достичь желаемого результата. Здесь имеются в виду, конечно, научно организованные спор, диспут, полемика, лекция, в которых все участвующие соблюдают правила культурного общения.

Среди законов развития подобных систем прежде всего отметим психологические, риторические и объективные специфические законы, соответствующие теме (предмету, тезису) спора, диспута, полемики, дискуссии, лекции.

Методы принятия решений для достижения желаемого результата, естественно, многообразны, и выбор их зависит от места, времени, цели и сути (темы) и, конечно, от лица, принимающего решения. Некоторые из методов принятия решения обособились в отдельные дисциплины и часто граничат с искусством. Укажем на такие из них, как логика, риторика, ораторское искусство, аргументация, эвристика, инверсология и др.

Если в логике (элементарной, традиционной, классической, математической) достаточно строго определены законы рассуждения (логики) и ее часто определяют как науку о законах правильного мышления, то многие другие методы содержат лишь наборы полезных рекомендаций и советов, и обучение им происходит на полезных примерах. Целостные наборы таких примеров могут учить не меньше, чем теоремы, т. к. содержат в себе в неявном виде основные закономерности, правила и советы, которые трудно поддаются формализации. Так, например, для изучения риторики предлагается постановка дыхания, произношения, артикуляции, а главное, – длительная упорная тренировка речи и мышления, овладение советами, осмысление примеров великих мастеров-ораторов.

Труднодостижимы законы эвристики и инверсологии, т. к. они по сути являются запредельными исключениями (отклонениями) от логики.

Можно много дискутировать о том, какой должна быть лекция, но научить читать лекцию очень трудно. Часто обучение лекторов подменяют тем, что рекомендуют структуру лекции (план лекции, выступление, ход, завершение) в то время как это противоречит функционально-структурному подходу, т. к. в заданную структуру часто нельзя «вдохнуть» желаемую функцию.

Изложенная концепция (системный подход – законы развития – принятия решения) позволяет глубже осмыслить проблемы спора, диспута, полемики, дискуссии, лекции и способствовать их качественной реализации.

Действительно, рассматривая, например, лекцию (информационно-познавательный процесс) или доклад как замкнутую систему, необходимо выделить в ней такие элементы:

- место (особенности помещения: акустика, наличие эха, размещение слушателей и лектора, освещение, вентиляция, температура окружающего воздуха, шумы, посторонние отвлекающие проявления среды и т. п.);

- состояние и подготовка слушателей, их заинтересованность, условия для их активного участия;

- осуществление обратной связи слушатель-лектор, доступность (доходчивость) зрительной и звуковой информации для задних и боковых рядов;

- время и длительность лекции;

- содержание лекции, ее план, построение, динамика развития и заключение, запланирован ли контакт с аудиторией, вопросы для обратной связи слушатель-лектор, возможность конспектирования и контроль понимания; нужна ли именно эта лекция, ее связь с другими лекциями и т. п.;

- внешность лектора, его манеры, дикция, ораторские способности, атмосфера общения в аудитории.

Без этого лекция как активный информационно-познавательный процесс часто превращается в ущербную пассивную одностороннюю процедуру. Другое дело, когда талант лектора способен создать вместе со слушателями в аудитории творческую атмосферу «рождения идеи» (метода, закона).

Некоторые советы Д. Карнеги ораторам

- **Секреты хорошего выступления:**

- ощущение контакта с аудиторией: отвечайте как бы на вопросы аудитории, избегайте формальной атмосферы. Находитесь как бы рядом со слушателями;

- естественная манера говорить, разговорный тон и непосредственность;

- вложите душу в то, что говорите (выступление опирается на подлинную красоту внутренней жизни оратора).

- **Приемы:**

- делайте акцент на важные слова и подчиняйте им неважные;

- меняйте тон голоса и тембр речи;

- сделайте паузу до и после сообщения важных мыслей;
- не подражайте другим (но учиться у других надо);
- практикуйтесь;
- оратор своей речью, жестами и поведением должен как бы излучать энергию, которая обладает магическими свойствами. Энергия – жизненная сила, живость, энтузиазм. Не делайте ничего, что снизило бы Вашу энергию;
- уважение к оратору вызывает и его внешний вид, одежда и пр.;
- оратор должен быть приятным человеком, аудитория должна одобрять его еще до его речи;
- улыбайтесь;
- соберите слушателей вместе. Говорить в пустом зале трудно, поэтому надо пересадить людей кучно. Действует эффект толпы. Человек в толпе ведет себя иначе, чем если бы он был один, он становится частью толпы, теряет свою индивидуальность и на него легче воздействовать, чем если бы он был один;
- воздух в зале должен быть чистым;
- лицо оратора должно быть освещено, чтобы слушатели могли его видеть;
- в аудитории – ничего и никого лишнего (например, реакция слушателей на появление кошки); жесты! – нелепые ужимки;
- личность оратора весьма важна для ораторского искусства (для толпы важно, кто говорит). Не выступайте, когда утомлены; ешьте умеренно перед выступлением; одевайтесь опрятно, изящно; улыбайтесь.

- **Как начать выступление**

- надо планировать последовательность своего выступления.
- С чего начать, чего хотите добиться. Предвидеть – значит, управлять;
- не начинайте с извинений;
 - остерегайтесь вначале рассказать посторонний анекдот;
 - возбудите любопытство;
 - можно начать с какого-то рассказа (басни), раскрывающего тему;
 - можно начать с конкретной ситуации;
 - используйте какой-то предмет;
 - задайте вопрос;
 - начните с цитаты;
 - свяжите тему разговора с жизненными потребностями слушателей;
 - используйте притягательную силу потрясающих фактов.

- ***Как заканчивать выступление***

- некоторые ораторы не могут добраться до конца своего выступления. Иногда просто исчерпывают регламент;
- резюмируйте основные положения выступления;
- используйте призыв к действию;
- примените краткий искренний комплимент слушателям;
- используйте юмористическую концовку;
- используйте концовку с поэтической строкой;
- используйте силу цитаты из Библии;
- кульминация – популярная и веселая концовка;
- ищите, экспериментируйте, пока не подберете хорошую концовку и хорошее начало! Свяжите их вместе гармонично.

- ***Как сделать ясным смысл выступления***

- используйте сравнения;
- избегайте специальных терминов;
- используйте визуализацию;
- повторяйте идею разными словами;
- используйте общие категории и частные примеры;
- контрасты возбуждают интерес;
- старайтесь точно сказать то, что вы имеете в виду;
- избегайте избитых фраз, выражайтесь свежими, оригинальными словами.

Управляемые конструкции – новая идея

Американские ученые утверждают, что управляемые конструкции зародились всего два-три десятилетия назад. Приводятся ссылки на работы конкретных ученых, пишутся обзоры и делаются доклады на международных конференциях (например, в США: Пасадена, 1994).

Заметим: изменяемые управляемые конструкции типа парусов, капканов, дверей, форточек известны с незапамятных времен. Правда, в них еще не применяли управление напряжениями и деформациями, подобно тому, как это надо делать в современной ракете, прямолинейная форма которой упруго искривляется в полете, из-за чего она не может попасть в цель.

Но есть и пример с бочкой. Известно, что еще древние умельцы-бондари делали бочку бочкообразной. С какой целью бочке придавали такую сложную форму?

Ведь значительно проще изготавливать отдельные дощечки плоскими, ровными, не искривленными и придавать бочке цилиндриче-

скую форму? Дело в том, что такую бочку нельзя будет эксплуатировать. Рассыхаясь, она будет давать течь, и обручи здесь не помогут. Только при бочкообразной форме можно, натягивая обручи, создавать уплотнение и тем самым управлять напряженным и деформированным состоянием конструкции. Бондарь перерабатывает, вкладывает большой труд, но создает управляемую систему.

Стремясь к дешевизне и сиюминутной выгоде, часто упрощают создаваемые конструкции настолько, что лишают их «рулей» (управляемых параметров). Со временем такие неуправляемые конструкции становятся традиционными, но с большими ограничениями. И возврат от них к управляемым конструкциям уже с использованием современных средств техники и управления воспринимается как нечто совершенно необычное и непонятное. Это имело место даже в Институте проблем управления РАН на Всероссийской конференции по нейрокомпьютерам в Москве в феврале 1998 г.

Нейросетевой подход к управлению - новая идея

Автору пришлось разочаровать одного крупного ученого, который утверждал, что история создания и развития нейросетей началась в XX веке.

Можно ли с помощью старых средств и устройств создать нечто новое, признаваемое изобретением?

Да. Известно, что если с помощью некоторых средств, способов, устройств можно создать комбинацию (синтез) с новым положительным эффектом, новым качеством, новой областью применения, то это устройство или способ можно представлять как изобретение.

Трудно представить себе, чтобы новые знания добывались без использования известных старых средств, материалов, приборов, методов и т. п. Когда удастся проследить истоки и взаимосвязь, многое проясняется и осмысливается глубже. Например, такие устройства, как преобразователи, усилители, аккумуляторы и т. п., известны из современной теории управления, электроники, электротехники, но мало кто задумывается над тем, что все эти понятия зародились и содержатся в древнейшей из наук – механике. Действительно, достаточно указать на такие устройства, как рычаг, блок, полиспасть, балка, арка и др., как на преобразователи и усилители, на парус, маховик – как на аккумуляторы энергии и т. п.

Отсюда следует, что с помощью этих старых устройств можно создавать, например, современные управляемые конструкции на основе механических приспособлений.

Се м и н а р 12. ТВОРЧЕСТВО И КОМПЬЮТЕРЫ. КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Виртуальный диалог с главным научным сотрудником Института проблем управления РАН, доктором технических наук, профессором, членом Нью-Йоркской академии наук Э. А. Трахтенгерцем.

План

1. Проблемы взаимодействия человека и компьютера в творческом процессе.
2. Как распределяются функции между человеком и компьютером. Это равные партнеры?
3. Слияние человека с машиной.
4. Компьютер. Это инструмент в руках человека?

Автор: Эдуард Анатольевич, Вы известный специалист в области системного программирования, автор книг «Компьютерная поддержка принятия решений» (М., 1999) и «Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений» (М., 2001) и др. Приведу краткое содержание этих интересных книг:

В первой книге освещается методика поддержки принятия решений, позволяющая лицу, принимающему решение, сочетать собственные субъективные предпочтения с компьютерным анализом ситуации в процессе выработки решений.

Рассматриваются методы поддержки принятия решений, позволяющие облегчить методологические трудности и снизить психологический барьер эксперта или руководителя при общении с вычислительной машиной в процессе принятия решений.

Эти методы дают возможность генерировать большое число возможных вариантов решений, ранжировать сгенерированные варианты решений, использовать формализованные процедуры согласо-

ния при принятии коллективных решений, прогнозировать **последствия принимаемых решений**, выбрать лучший вариант, приводящий к решению проблемы.

Сделана попытка наряду с математической формулировкой задач и их решением дать неформальные, содержательные разъяснения предлагаемых методов, которые проиллюстрированы многочисленными примерами.

Во второй книге сделана попытка показать, как можно научить компьютерные системы поддержке принятия решений, учитывать субъективные интересы руководителей и сделать их «личными друзьями» менеджеров, осуществляя настройку системы на их персональные предпочтения.

В ней рассматриваются: связь субъективных оценок и индивидуальности руководителя; влияние субъективных оценок и предпочтений руководителя на результаты компьютерного анализа ситуации, генерацию вариантов решений и окончательный выбор управленческого решения (сценария действия); методы, позволяющие принять субъективные оценки руководителя в качестве исходных данных формального анализа для выработки решения, учитывающего интересы руководителя.

Сделана попытка наряду с математической формулировкой предлагаемых методов учета субъективных интересов руководителей дать неформальное, содержательное их разъяснение.

Автор: Задача поддержки принятия решения, как и сама проблема принятия решения, начинается не с поиска принятия решения, а значительно раньше: с возникновения потребности и образования самой проблемы, т. е. с зарождения проблемы, ее обоснованности и постановки. Пренебрежение или неучет этого важного системообразующего фактора ведет к ущербности принятия решений. К сожалению, ряд авторов, занимающихся вопросами принятия решений, грешат таким подходом. А ведь анализ истоков (корней) зарождения проблемы, рассмотрение альтернатив и обоснований (включая вопрос о том, надо ли решать данную проблему) как определенная стратегия во многом влияет на тактику принятия решений. В этом состоит важнейший фактор системного подхода в творчестве. Вы в своей книге открыто не используете системный подход? Почему?

Эдуард Анатольевич Трахтенгерц. Книга посвящена компьютерной поддержке принятия решений, достаточно объемной и сложной. Рассмотрение системного подхода к принятию решений сильно расширило бы мою задачу.

Автор: Но без этого читателя вводят в некоторое заблуждение. Ведь известно много примеров, когда решение находится не в той системе, в которой пытаются (часто безуспешно) найти решение. И компьютер здесь не поможет, ибо он способен только на шаблонные логические операции. Вспомните, например, известные книги Эдварда де Боно. Например, проблема выбора системы, в которой может быть рациональное решение, как и сбор и анализ достаточности исходной информации. Эти и другие факторы, влияющие на выбор и достоверность искомого решения, неподвластны компьютеру. Без указания на эти ограничения постановка проблемы принятия решений, включая и инструментальную компьютерную поддержку, ущербна.

Эдуард Анатольевич Трахтенгерц. В моей схеме генерации решений вначале предусматривается получение исходных данных и составление «когнитивной карты», используемой для «Экспертной системы» и разработки возможных «сценариев» (последовательности операций). Когнитивная карта предназначена для выявления структуры причинных связей между элементами системы, в этом проявляется системность подхода.

Автор: Да, это элемент системного подхода, но относящийся к определенной уже выбранной системе, в которой ищется решение, но без анализа и обоснования ее выбора. В этом разрыв, пробел, потеря связей с надсистемой, возможно, содержащей другие функциональные пути.

Схема творческого процесса в части I монографии «Сюрпризы творчества» [1] и содержит следующие этапы:

- выявление потребности;
- формулировка возникшей проблемы;
- выбор системы, с которой эта проблема может быть решена;
- функционально-структурный системный подход, опирающийся на закономерности развития данной системы;
- выявление основного противоречия функционирования системы;
- преодоление противоречия;
- решение на функциональном уровне, которому соответствует многообразие структурных вариантов;
- принятие решений (в том числе с компьютерной поддержкой) путем перебора структурных вариантов с учетом всех ограничений и критериев;
- оценка принятого решения и возможных последствий;

- если оценка неудовлетворительная, то алгоритм повторяется, но уже на основе другой системы.

Как следует из алгоритма, компьютерная поддержка имеет место лишь на восьмом этапе! А где же связь с другими этапами?

Таким образом, напрашиваются следующие выводы:

1. Нельзя рассматривать часть (здесь – принятие решений) без связи с целой проблемой. Принятие решений – завершающий этап творческого процесса познания. Разумно ли рассматривать принятие решений, включая вопрос компьютерной поддержки, вне связи с системным алгоритмом рационального творчества (см. гл. 1, ч. I монографии «Сюрпризы творчества»). Не приводит ли это к искажению роли компьютера и ошибочной оценке последствий принимаемого решения?

2. Потеряна цикличность процесса принятия решений. Выбор модели и методы принятия решений из разнообразного набора не спасают положение и не заменяют необходимость системного подхода с учетом закономерностей развития системы.

Автор: В Вашей книге использован способ компьютерной поддержки для принятия решений, который связан с обязательной формализацией задачи, включая экспертные оценки, субъективные факторы. Так?

Эдуард Анатольевич Трахтенгерц. Верно.

Автор: Но ведь есть много не поддающихся формализации проблем, определяемых простым набором примеров (обучающей выборкой), которая используется, например, в нейросетевой технологии, в том числе для принятия решений.

Эдуард Анатольевич Трахтенгерц. Я рассматриваю нейросетевую технологию, но, возможно, недостаточно, т. к. она находится еще в развитии.

Автор: Я согласен с Вашей оценкой развития прикладной нейротехнологии, но считаю, что у нейросетевых технологий есть большие перспективы, в частности, по нейропрогнозированию, нейроуправлению и оптимизации. Но здесь уместно указать на несистемность применения нейросетевых подходов в работах ряда авторов, в частности на отсутствие анализа и связи нейросетевых решений с обучающей выборкой, сбором и зависимостью их от исходной и полноценной информации (отсюда возникает неоправданная абсолютизация полученных нейросетевых решений, т. е. ошибочная оценка). Я придаю большое значение построению **пошагового нейросетевого процесса с доучиванием на основе**

получаемой дополнительной информации. Это важные черты интеллектуализации процесса познания. **Модель в процессе познания эволюционирует, совершенствуется, доучивается на основе поступающей информации.** В Ваших же книгах, как и других авторов, модель остается неизменной в течение всего периода процесса принятия решения. Это существенный недостаток.

Эдуард Анатольевич Трахтенгерц. В заключении книги отмечается, что «неожиданные, принципиальные, новые, новаторские решения ...вычислительная машина породит пока не в состоянии...», что вычислительной машине доступны «решения, основанные на типовых сценариях, на аналогиях, на основе комбинаций известных частных решений».

Автор: С такими замечаниями можно было бы согласиться, но здесь скрывается «ловушка» для пользователя компьютерами, слепо верящего в их могущество: ведь нередко задача, кажущаяся типовой, получает эффективное решение при нетрадиционном нешаблонном новаторском подходе! Избежать этого можно, если использовать описанный здесь системный подход!

Видно, и у Вас, автора книги, остаются какие-то сомнения в эффективности компьютерной поддержки, иначе чем объяснить выбранный Вами эпиграф знаменитого Т. Саати, который Вы приводите в заключение: «Исследование операций представляет собой искусство давать плохие ответы на практические вопросы, на которые даются еще худшие ответы другими методами». Этот остроумный афоризм Т.Саати, по-моему, верен лишь тогда, когда исследование операций (метод принятия решений) рассматривают как некоторую независимую проблему, вне связи (в отрыве) с указанным выше системным подходом, являющимся головной частью для заключительного этапа – принятия решений, даже с компьютерной поддержкой!

Автор: В итоге нашей виртуальной беседы хочу отметить, что в Ваших весьма интересных книгах, насыщенных материалами и примерами, есть много оригинального и интересного, но их построение, конечно, отражает Ваше субъективное видение проблемы. Вы, как и многие другие авторы, традиционно рассматриваете проблему принятия решений в отрыве от общей проблемы – творчества. С этим недостатком я не могу согласиться. Это первое.

Второе. Безусловно, субъективность (человеческий фактор) играет важную роль в постановке и оценке принятия решений. Но цель – приспособить субъективность к возможностям компьютерной под-

держки или, наоборот, компьютерная поддержка субъективности может подталкивать субъекты к ложной психологической оценке непогрешимости компьютерного решения вопреки объективности из-за отсутствия связи с творческим системным подходом, к потере возможности новых нетрадиционных решений.

Искусство творческих решений, применения практической диалектики, реализуемой в системном подходе, никогда не заменит даже самый совершенный компьютер, который всегда будет только мощным инструментом в руках человека – его создателя.

Компьютерная поддержка может помочь выбору лучшего варианта в рамках (области) действия выбранной (запрограммированной) модели, но не может выйти за пределы ограничений данной модели. Надо четко понимать эту ограниченность и не тешить себя иллюзиями. Системный подход к принятию решений остается за человеком.

Семинар 13. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К МЕТОДУ РАСЧЛЕНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ

Исходные данные: сложные конструкции часто расчленяют на отдельные части, стремясь упростить задачу расчета; метод расчленения известен из дисциплины сопротивление материалов.

Цель: определить условия применимости и точность метода расчленения; познакомиться с возможностями определения условий применимости (точности) применяемых упрощающих гипотез и уточнения расчета.

Рассмотреть и проанализировать примеры:

1. Определение усилий в статически определимых фермах.
2. Расчет системы (здание+фундамент) путем расчленения, в котором верхнее строение рассчитывается при идеализированных опорных связях, а фундамент – на статическую нагрузку от верхнего строения.

В чем здесь противоречие и как его устранить, используя в том числе существующие компьютерные программы?

Подсказка: Условия сопряжения контактирующих частей должны содержать не только уравнения статики, но и уравнения неразрывности деформации.

Семинар 14. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ

Исходные данные: методы математической оптимизации (по учебным пособиям кафедры), методика практической оптимизации.

Цели: уяснить ограничения (упрощения) и область применимости математических методов оптимизации; понять многоцикловой процесс практической оптимизации, включая роль экспериментальных исследований (вопросы «доводки» конструктивных решений), а также использования результатов компьютерного моделирования.

Семинар 15. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ

Задача: преодоление разобщенности узких специалистов.

Цель: знакомство с творческой методологией, принципами и критериями оценки.

Семинар 16. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТОРСКИХ РАЗРАБОТОК

1. ТЭП только по строительной части?
2. Экспериментальная глобальная оценка с учетом долговременной эксплуатации (всего жизненного цикла), включая надежность и безопасность.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

К части 1. Глава 2

1. Ленин, В. И. Философские тетради / В. И. Ленин. Полн. 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. Самарин. М. : Мысль, 1988. 143 с.
13. Саймон, Герберт. Наука об искусственном / Г. Саймон. М. : Мир, 1972. 216 с.
14. Фролов, И. Т. Итоги и перспективы исследований философских и социальных проблем науки и техники / И. Т. Фролов // Вопр. филос. 1984. № 4. С. 56–65.
15. Мелещенко, Ю. С. Техника и закономерности ее развития / Ю. С. Мелещенко // Вопр. филос. 1985. № 8. С. 16-24.
16. Половинкин, А. И. Законы строения и развития техники / А. И. Половинкин. Волгоград : Волгоград. политехн. ин-т, 1985. 202 с.

17. Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества / А. И. Половинкин. М. : Машиностроение, 1988. 322 с.

18. Законы развития и прогнозирования технических систем : метод. рекомендации / сост. Б. Л. Злотин, А. И. Зусман. Кишинев: Картя Молдовеняске, 1989. 114 с.

19. Половинкин, А. И. Методы инженерного творчества : учеб. пособие / А. И. Половинкин. Волгоград : Волгоград. политехн. 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.

К части 1. Глава 3

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. : Москов. 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. Деловые игры. Принятие решений : метод. указания к курсам строительная механика и строительные конструкции / сост. Н. П. Абовский. 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 : науч.-метод. пособие / А. Ф. Эсаулов. М. : Высш. шк., 1982. 223 с.

32. Справочник по функционально-стоимостному анализу. 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 : Макслас, 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. : Сов. 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. Розен : 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 : учеб. пособие / А. В. Чус, В. Н. Демченко. Киев : Вища шк., 1983. 184 с.
52. Абовский, Н. П. Современный взгляд на научную инженерную и учебную деятельность / Н. П. Абовский, А. Я. Воловик. Красноярск : Стройиздат. 1988. 68 с.

Дополнительная литература

53. Абовский, Н. П. Системный подход в научно-техническом творчестве / Н. П. Абовский, А. Я. Воловик. Красноярск : Стройиздат, 1990.

54. Гвишиане, Д. М. Диалектика и системный анализ / Д. М. Гришиане. Диалектико-материалистическое основание системных исследований. М. : Наука, 1986. С.54.

55. Канторович, Л. В. Системный анализ и некоторые проблемы научно-технического прогресса / Л. В. Канторович. Диалектика и системный анализ. М. : Наука, 1986. С. 158–166.

56. Ларичев, О. И. Диалектика и системный анализ / О. И. Ларичев. Диалектико-материалистическое основание системных исследований. М.: Наука, 1986. С. 219–237.

57. Материалистическая диалектика как общая теория развития. М. : Наука, 1987, 559 с.

58. Белозерцев, В. И. Диалектический материализм и технознание / В. И. Белозерцев. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1980.

59. Фролов, И. Т. Человек, наука, гуманизм / И. Т. Фролов // Коммунист. 1988. № 11. С. 74–86.

60. Сборник философско-методологические проблемы технических наук / сост. и автор предисл. М. М. Гусев. М. : Москов. рабочий, 1986. 264 с.

61. Горохов, В. Г. Современные комплексные научно-технические дисциплины / В. Г. Горохов // Вопр. филос. 1982. № 7. С. 133–144.

62. Шеменев, Г. Н. Философия и технические науки / Г. Н. Шеменев. М. : Высш. шк., 1979. С. 3-7.

63. Сазонов, Я. В. Философские проблемы технических наук / Я. В. Сазонов. М. : Изд-во МГУ, 1981.

64. Денисов, А. А. Теория больших систем / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. Л. : Энергоиздат, 1982. 282 с.

65. Капица, П. Будущее науки / П. Капица // Наука и жизнь. 1960. № 3.

66. Бабат, Г. Сбывшееся и несбывшееся / Г. Бабат // Пути в неизвестное. 1962.

67. Баталин, В. П. Капитальное строительство: проблемы и пути перестройки / В. П. Баталин // Коммунист. 1988. № 9.

68. Крупченко, В. Р. Управление строительством : учебник для вузов / В. Р. Крупченко. М. : Стройиздат, 1986. 343 с.

69. Гусаков, А. А. Системотехника в строительстве / А. А. Гусаков. М. : Стройиздат, 1983. 440 с.
70. Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П. К. Анохин. М. : АН СССР, 1971.
71. Керов, И. П. Системный подход в управлении строительством (основные понятия). М. : ЦМИПКС, 1984. 44 с.
72. Дикман, Л. Г. Организация и планирование строительного производства. Управление строительными предприятиями с основами АСУ : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. / Л. Г. Дикман. М. : Высш. шк., 1988. 560 с.
73. Гмошинский, В. Г. Инженерное прогнозирование технологии строительства / В. Г. Гмошинский. М. : Стройиздат, 1988. 294 с.
74. Абовский, Н. П. Организационно-техническое проектирование инвестиционного процесса строительства объектов комплектно-блочным методом в районах Урала и Сибири : сб. науч. тр. КрасноярскпромстройНИИпроекта / Н. П. Абовский, В. А. Богданов. Красноярск, 1988. С. 5–15.
75. Левченко, В. И. Научно-технический прогресс и интенсификация в строительном комплексе : учеб. пособие / В. И. Левченко, Н. С. Летников, Д. Л. Брейтус. Киев : УМК ВО, 1988. 84 с.
76. Абовский, Н. П. Анализ применения и некоторые рекомендации по развитию пространственных большепролетных конструкций в Красноярском крае : межвуз. темат. сб. науч. тр. / Н. П. Абовский, А. М. Рудаков, К. Г. Абрамович. Красноярск : Краснояр. политехн. ин-т, 1986. С. 88–97.
77. Abovskij, N. P. Montovanë spriahnytë ocelobeto nove priestorovë konstruktie unifikovanych prvkov / N. P. Abovskij, S. N. Abovskaja // Pozenmi stavby, № 4, 1987.
78. Абовская, С. Н. Сборные сталежелезобетонные пространственные фермы из унифицированных элементов для серии пролетов : учеб. пособие / С. Н. Абовская. Красноярск : КИСИ, 1988. С. 32.
79. Регулирование, синтез, оптимизация. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости : 3-е изд. ; под ред Н. П. Абовского. М. : Стройиздат, 1991.
80. Кудрявцев, А. В. Обзор методов создания новых технических решений: конспект лекций / А. В. Кудрявцев. М. : ВНИИПИ, 1988. 52 с.

81. Эсаулов, А. Ф. Диалектика технической мысли (закономерности технического творчества) / А. Ф. Эсаулов. Красноярск : Краснояр. ун-т, 1989.

82. Абовская, С. Н. Новые пространственные сталежелезобетонные конструкции и покрытия / С. Н. Абовская. Красноярск: Стройиздат. Краснояр. отд-ние, 1992. 240 с.

83. Abovskaaya, S. N. Space large span steel-reinforced concrete roofs structures /S. N Abovskaaja. Proceedings International Congress ICSS-98, Moscow-1998.

К части 2. Глава 2

84. Абовский, Н. П. Управляемые конструкции : учеб. пособие с грифом СИБРУМЦ / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 1998. 433 с.

85. Abovskiy, N. Energy principle in application for the controlled structures. Книга трудов конгресса International ICSS Congress on Spatial Structures in new and Renovation Prejects of Buldings and Costurations. М., Россия, 1998.

86. Пат. 2068918. Российская Федерация. Способ управления строительными конструкциями / Абовский Н. П.; заявл. 15.06.93; опубл. 10.11.96, Бюл. № 31.

87. Пат. 2090693. Российская Федерация. Плотина / Абовский Н. П.; заявл. 13.05.94; опубл. 20.12.95, Бюл. № 35.

88. Пат. 2087622. Российская Федерация. Сейсмостойкое здание, сооружение / Абовский Н. П.; заявл. 18.05.94; опубл. 10.11.97, Бюл. № 23.

89. Пат. 2090486. Российская Федерация. Кран с системой автоматического управления / Абовский Н. П., Доронин С. В. и др.; заявл. 1.11.94; опубл.22.05.07, Бюл. № 26.

90. Пат. 2090486. Устройство автоматического управления деформированием высокой башни / Абовский Н. П.; заявл. 19.01.96; опубл. 22.03.07, Бюл. № 6.

91. Пат. 2120515. Российская Федерация. Устройство защиты моста от бокового ветра / Абовский Н. П.; заявл. 18.09.96; опубл. 2.02.99, Бюл. № 29.

92 Абовский, Н. П. Конструктивная сейсмобезопасность / Н. П. Абовский, Н. И. Марчук, О. М. Максимова, В. И. Палагушкин, В. Г. Сибгатулин и др. : препринт ; под ред. проф. Н. П. Абовского. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2009. 186 с.

93. Абовский, Н. П. Активное формообразование архитектурно-строительных конструкций зданий и сооружений из унифицированных строительных элементов для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмических районах : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2004. 241 с.

94. Абовский, Н. П. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями : учеб. пособие; 3-е изд. перераб. и доп. ; под ред. Н. П. Абовского / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, В. И. Савченков, А. П. Деруга, Н. И. Марчук и др. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2008. 407 с.

К части 2. Глава 3

95. Пат. Фундаменты для малоэтажного строительства 38789, 45410, 50553, 53342 55388, 64650, 69094, 59650, 73350, 2206665, 2273697, 2374394. Российская Федерация. Авторы : Н. П. Абовский и др.

96. Пат. 105637 Фундамент для малоэтажного строительства, № 2010129394. Способ возведения фундамента на пучинистых грунтах, № 2010130963. Конструкция усиления фундамента. Авторы : Н. П. Абовский и др.

97. Жаданов, В. И. Индустриальные конструкции для строительства малоэтажных зданий и сооружений: учеб. пособие. Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 270100 «Строительство» / В. И. Жаданов, Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, И. С. Инжутов, В. И. Савченков. Оренбург-Красноярск : ОГУ – СФУ, ИПК ГО, 2009. 416 с.

98. Абовский, Н. П. Опыт проектирования и строительства в сложных грунтовых условиях Красноярского края / Н. П. Абовский, В. А. Сиделев, А. П. Попович // Проектирование и строительство в Сибири. Новосибирск. 2006. № 3. С. 40-42.

К части 2. Глава 4

99. Абовский, Н. П. Регулирование. Синтез. Оптимизация. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости : учеб. пособие для вузов ; под общ. ред. проф. Н. П. Абовского / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, В. И. Савченков, А. П. Деруга. Красноярск : Краснояр. ун-т. 1985. 384 с.

100. Красовский, А. А. Справочник по теории автоматического управления ; под ред. А. А. Красовского. М. : Наука, 1987. 712 с.

101. Абовский, Н. П. Творчество: системный подход – законы развития – принятие решений / Н. П. Абовский. Сер. «Информатизация России на пороге XXI века». М. : Синтег, 1998. 312 с.
102. Абовский, Н. П. Творчество в строительстве. Системный подход, законы развития, принятие решений / Н. П. Абовский. Красноярск : Стройиздат. 1992. 293 с.
103. Абовский, Н. П. Сюрпризы творчества. Диалоги и монологи о творчестве, его природе и принципах обучения творчеству: науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2004. 353 с.
104. Абовский, Н. П. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика, теория упругости, управляемые конструкции / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, В. И. Савченков, А. П. Деруга, Н. И. Марчук и др. ; под ред. проф. Н. П. Абовского. Красноярск : ИАС СФУ, 2007. 570 с.
105. Абовский, Н. П. Управляемые конструкции. Научно-образовательный комплекс: науч. изд. / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, В. И. Савченков, А. П. Деруга, Н. И. Марчук и др. Красноярск : КрасГАСА, 2003. 198 с.
106. Абовская, С. Н. Сталежелезобетонные конструкции. Панели и здания / С. Н. Абовская ; под ред. проф. В. Д. Надеяева. Красноярск : КрасГАСА, 2001. 460 с.
107. Абовский, Н. П. Нейроуправляемые конструкции и системы: научная серия «Нейрокомпьютеры и их применение» ; под ред. проф. Н. П. Абовского / Н. П. Абовский, А. П. Деруга, О. М. Максимова, П. П. Светашков. М. : Радиотехника, 2003. 368 с.
108. Абовский, Н. П. Строительство в северных нефтегазовых районах Красноярского края : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2005. 228 с.
109. Абовская, С. Н. Полносборные большепролетные здания и сооружения из унифицированных сталежелезобетонных элементов / С. Н. Абовская, Е. М. Сергуничева, М. Е. Куликов. Красноярск : КрасГАСА, 2002. 134 с.
110. Абовский, Н. П. Активное формообразование архитектурно-строительных конструкций зданий и сооружений из унифицированных строительных элементов для строительства в особых грунтовых условиях : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2004. 241 с.
111. Абовский, Н. П. Пространственные сборные сплошные фундаментные платформы для строительства в особых грунтовых ус-

ловиях и сейсмичности: науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2004. 202 с.

112. Абовский, Н. П. Эффективная технология оперативного усиления и восстановления аварийных строительных объектов и разработка многосвязных зданий повышенной живучести на основе новых мобильных унифицированных элементов : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2004.

113. Абовский Н. П. Вариационные принципы теории упругости и теории оболочек /Н. П. Абовский, Н. П. Андреев, А. П. Деруга; под ред. проф. Н. П. Абовского. М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. 152 с.

114. Абовский, Н. П. О системном алгоритме творческого мышления / Н. П. Абовский. 8 междунар. науч.-техн. конф. Интеллектуальные системы. Искусственный интеллект- 2007. Донецк, 2007. № 4. С. 4–10.

115. Максимова, О. М. Нейропрогнозирование как эволюционный интеллектуальный процесс / О.М. Максимова. 8 международная науч.-техн. конф. Интеллектуальные системы. Искусственный интеллект-2007. Донецк, 2007. С. 623–635.

116. Абовский, Н. П. Секреты инженерного творчества. Научиться учиться : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : ИАС СФУ, 2007. 304 с.

117. Абовская, С. Н. Большепролетные пространственные сталежелезобетонные конструкции покрытий / С. Н. Абовская. Материалы 3-й конф. Ассоциации пространственных конструкций. М., 1995. С. 19–20.

118. Абовская, С. Н. Практическая оптимизация большепролетных конструкций покрытия из комбинированных материалов / С. Н. Абовская, Н. Б. Егикян. Проблемы оптимального проектирования сооружений. Новосибирск, 1997.

119. Пат. 64650. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, просадочных, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах / Абовский Н. П., Андреев Н. П., Сиделев В. А., Сапкалов В. И.; заявл. 9.01.08; опубл. 20.05.08, Бюл. № 19.

120. Пат. 73350. Российская Федерация. Комплексная система сейсмоустойчивости здания или сооружения / Абовский Н. П., Максимова О. М., Марчук Н. И., Байрамов Ф. И.; заявл. 9.01.08; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14.

121. Пат. 60569. Российская Федерация. Большепролетное здание-укрытие / Енджиевский Л. В., Драчевский С. В.; заявл. 5.07.06; опубл. 10. 01.07, Бюл № 1.

122. Абовский, Н. П. Некоторые принципы конструктивной безопасности и примеры их реализации / Н. П. Абовский, Н. П. Андреев, В. И. Палагушкин, А. П. Деруга. Сер. Известия. Строительство. Транспорт. Орел: Техн. ун-т. № 2/14, 2007, С. 146–151.

123. Абовский, Н. П. Чему учат и не учат инженеров. Учить творчеству / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2006. 139 с.

124. Жуков, В. И. Чему учат и не учат инженеров (Красноярский опыт) Материалы всерос. науч.-метод. конф. с международным участием «Повышение качества высшего профессионального образования» / В. И. Жуков, Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский. Красноярск : СФУ, 2007. С. 143–146.

125. Абовский, Н. П. Строительные проблемы освоения северных нефтегазоносных районов Красноярского края с учетом требований экологии / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский // Вестн. отд-ния строит. наук. РААСН. Курск, 2007. С. 380–386.

126. Пат. 654776. Российская Федерация. Пространственная предварительно напряженная ферма / Дмитриев П. А., Стрижаков Ю. Д., Инжутов И. С., Хороший В. И.; заявл. 12.07.90; опубл. 17.04.91, Бюл. № 12.

127. Пат. 2246598. Российская Федерация. Опорный узел предварительно напряженной рамы / Инжутов И. С., Дмитриев П. А., Деордиев С. В., Рожков А. Ф.; заявл. 17.06.04; опубл. 20.02.05, Бюл. № 5.

128. Пат. 2247813. Российская Федерация. Узловое сопряжение верхнего и нижнего поясов в пространственной предварительно напряженной блок-ферме / Инжутов И. С., Деордиев С. В., Рожков А. Ф.; заявл. 27.06.04; опубл. 10.03.05, Бюл. № 7.

К семинару 2

129. Ливанова, А. М. Ландау. М.: Знание, 1983. 240 с.

130. Карцев В. Приключения великих уравнений. Жизнь замечательных идей / В. Карцев. М.: Знание, 1971. 319 с.

131. Космодемьянский. Творческие методы / А. А. Космодемьянский, Н. Е. Жуковский. М.: Просвещение, 1969.

132. Абовский Н. П. Творчество: системный подход – законы развития – принятие решений. М. : Синтег, 1998.

К семинару 3

133. Декарт, Р. Правила для руководства ума : пер. с лат. В. И. Пикова / Р. Декарт. М. ; Л. : Гос. соц.-экон. изд-во, 1939.

134. Абовский, Н. П. Развитие системного мышления в обучении и тестировании / Н. П. Абовский, В. И. Палагушкин // *Alma-mater*. 2009. № 9, С. 32–40.

135. Абовский, Н. П. Сюрпризы творчества. Диалоги и монологи о творчестве, его природе и принципах обучения творчеству : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2004, 353 с.

136. Абовский, Н. П. Секреты инженерного творчества. Научиться учиться : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2007. 304 с.

К семинару 5

137. Абовский, Н. П. Регулирование. Синтез. Оптимизация. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости : учеб. пособие 3-е перераб. и доп. / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, В. И. Савченков, А. П. Деруга, И. И. Гетц. М. : Стройиздат, 1993. 456 с.

138. Абовский, Н. П. Управляемые конструкции : учеб. пособие. Красноярск : КрасГАСА, 1998. 433 с.

139. Абовский, Н. П. Творчество: системный подход, законы развития, принятие решений. Сер. «Информатизация России на пороге XXI века» / Н. П. Абовский. М. : Синтег, 1998. 312 с.

140. Абовский, Н. П. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями : учеб. пособие / Н. П. Абовский, Л. В. Енджиевский, В. И. Савченков, А. П. Деруга, Н. И. Марчук, Б. А. Стерехова, В. И. Палагушкин. Красноярск : КрасГАСА, 2003. 284 с.

141. Абовский, Н. П. Нейроуправляемые конструкции и системы. Сер. Нейрокомпьютеры и их применение, Кн. 13 : учеб. пособие для вузов / Н. П. Абовский, А. П. Деруга, О. М. Максимова, П. А. Светашков. М. : Радиотехника, 2003. 368 с.

142. Нейрокомпьютеры: разработка, применение : науч.-техн. журн. спецвыпуск, посвященный работам авторов – сотрудников КрасГАСА. 2001. № 9.

143. Абовский, Н. П. Активное формообразование архитектурно-строительных конструкций зданий и сооружений из унифицированных строительных элементов для строительства в особых грунтовых условиях и в сейсмических районах / Н. П. Абовский. Красноярск : КрасГАСА, 2004. 246 с.

К семинарам 6–15

144. Абовский, Н. П. Секреты инженерного творчества. Научиться учиться : науч. изд. / Н. П. Абовский. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2007. 304 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
К ЧИТАТЕЛЮ.....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	11
Часть 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРАВИЛА ДЛЯ РУКОВОДСТВА УМА. ТРИ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ ДИАЛЕКТИКИ ТВОРЧЕСТВА...	13
Глава 1. СУЩНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА.....	13
1.1. Понятие система.....	14
1.2. Зачем нужен системный подход.....	21
1.3. Функционально-структурный подход.....	27
1.4. Философская сущность системного подхода.....	35
1.5. Кто за? Кто против? Кто воздержался?.....	40
Глава 2. ЗАКОНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ.....	42
2.1. Открыть фундаментальные основы инженерного искусства.....	42
2.2. Существуют ли объективные законы развития техники?.....	46
2.3. Законы и закономерности развития антропогенных систем.....	58
Глава 3. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА.....	83
3.1. Вам нужно принять решение.....	83
3.2. Итак – принятие решений. Что это такое?.....	86
3.3. Обучали ли Вас методам принятия решений?.....	89
3.4. Как думать и над чем думать.....	90
3.5. Общие системообразующие методы принятия решений.....	91
3.6. Методы направленного поиска решения инженерных задач.....	118
Часть 2. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К НАУЧНОЙ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	130
Глава 1. СИСТЕМНЫЙ АЛГОРИТМ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ.....	130

Глава 2. ПРИНЦИПЫ, ПОРОЖДАЮЩИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКТОРСКИЕ РЕШЕНИЯ.....	135
2.1. Поиск альтернативных принципов.....	135
2.2. Принцип создания управляемых конструкций на основе управления их напряженно-деформированным состоянием...	137
2.3. Принцип энергетического подхода.....	139
2.4. Принцип строительства в сложных грунтовых условиях и сейсмических районах.....	142
Глава 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ.....	144
3.1. Принцип энергетической проводимости через элементы системы.....	145
3.2. Принцип энергетической защиты от «вредных» внешних воздействий.....	146
3.3. Принцип перераспределения энергии деформирования.....	149
3.4. Принцип преобразования части энергии внешнего воздействия для создания большего сопротивления («внешнее зло превратить в добро»)	150
3.5. Принцип предварительной энергетической зарядки системы (аккумулирования), в том числе предварительного напряжения.....	152
3.6. Автоматическое управление конструкциями за счет притока внешней энергии – САУ НДС. Энергетический принцип управления конструкциями.....	153
Глава 4. НОВЫЙ ПОДХОД К ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЮ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ.....	156
4.1. Новый принцип фундаментостроения для малоэтажных зданий на слабых грунтах.....	156
4.2. Примеры реализации предложенного принципа фундаментостроения.....	157
Глава 5. ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ.....	161
5.1. Вопросы математической и практической оптимизации конструкций.....	161
5.2. Искусство активного формообразования.....	163

5.3. Практическая оптимизация.....	165
5.4. Примеры принятия решений в условиях неопределенности.....	166
5.5. Регулирование и управление НДС конструкций....	167
5.6. Самонастраивание конструктивной системы.....	168
Часть 3. ПРАКТИКУМ НЕШАБЛОННОГО ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ.....	169
<i>Семинар</i> 1. Вводный. Загадки творчества.....	169
<i>Семинар</i> 2. Системный поход – практическая диалектика творчества.....	172
<i>Семинар</i> 3. Из истории эволюции идей от древности до наших дней.....	180
<i>Семинар</i> 4. Цели и задачи изучения дисциплины «Методология научных исследований».....	185
<i>Семинар</i> 5. Чему учат и не учат инженеров. Поднять инженерное образование на уровень современных требований.....	192
<i>Семинар</i> 6. О принятии решений в условиях неопределенности	199
<i>Семинар</i> 7. Выбор и обоснование темы научных исследований	204
<i>Семинар</i> 8. Воспитаи себя сам. Советы известных деятелей. Научиться учиться	225
<i>Семинар</i> 9. Творческие работы и умение умений. Инженерное творчество и технические нормы.....	228
<i>Семинар</i> 10. Действенное определение понятий. Научить правильно говорить и мыслить.....	236
<i>Семинар</i> 11. Спор как система.....	238
<i>Семинар</i> 12. Творчество и компьютеры. Компьютерная поддержка принятия решений.....	248
<i>Семинар</i> 13. Системный подход к методу расчленения для расчета конструкций.....	253
<i>Семинар</i> 14. Достоинства и недостатки математической и практической оптимизации конструкций.....	254
<i>Семинар</i> 15. Системный подход к формообразованию конструкций.....	254
<i>Семинар</i> 16. Системный подход и экономическая оценка эффективности конструкторских разработок.....	254
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	255

Учебное издание

Абовский Наум Петрович

**МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА
НАУЧИТЬСЯ ИССЛЕДОВАТЬ И ИЗОБРЕТАТЬ**

Учебное пособие

Редактор Н. А. Варфоломеева
Компьютерная верстка Н. Г. Дербеневой

Подписано в печать 17.10.2011. Печать плоская. Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 15,8. Тираж 150 экз. Заказ № 4027

Редакционно-издательский отдел
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел./ факс (391) 244-82-31, e-mail: rio@lan.kras.ru

Отпечатано полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел/факс (391)249-74-81, 249-73-55
E-mail: print_sfu@mail.ru; <http://lib.sfu-kras.ru>



НАУМ ПЕТРОВИЧ АБОВСКИЙ

**Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации,
Почетный член РААСН,
Почетный работник высшего образования Российской Федерации,
Академик международной Академии наук Высшей школы,
Заслуженный изобретатель Российской Федерации,
доктор технических наук, профессор**

Первый с 1963 г. заведующий кафедрой строительной механики и управления конструкциями. В течение 45 лет руководил кафедрой. Награжден высшим знаком отличия Законодательного собрания Красноярского края – знаком «Признание».

Область интересов:

- Вариационные принципы механики и численные методы расчета
- Новые пространственные композиционные конструкции
- Строительство в сложных грунтовых условиях и сейсмичности (здания замкнутого типа, пространственные фундаментные платформы и др.)
- Живучесть пространственных конструкций
- Проблемы принятия решений в условиях неопределенности
- Разработка систем автоматически управляемых конструкций
- Проблемы прикладной нейроинформатики, в том числе в задачах механики и обучаемых нейрорегулируемых конструкций как разновидности интеллектуальных систем, нейрооптимизация, нейропрогнозирование
- Философские проблемы творчества в инженерной, научной и педагогической деятельности, история творческой мысли
- Активные методы обучения инженерному творчеству. Системный подход, законы развития техники, методы принятия решений, инженерная психология

* * *

Данному учебному пособию предшествовали монографии: *«Творчество в строительстве»*, *«Творчество: Системный подход, законы развития техники, методы принятия решений»*, *«Сюрпризы творчества»*, *«Чему учат и не учат инженеров»*, *«Секреты инженерного творчества. Научиться учиться»*.