

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВУЗОВСКОЙ НАУКИ

Инженер – человек изобретающий

Процесс реформирования российской высшей школы в последние годы, по сути, представляет собой пополнение учебных программ культуроведческими и другими неинженерными дисциплинами: экономическими, финансовыми, юридическими. Предлагаемое трехступенчатое образование (обычное, бакалавриат, магистратура) неотвратимо ведет к деформированию устоявшейся классической схемы высшего инженерного образования, существенно лучшего, чем в США, и лучшего инженерного образования в мире.

Однако остановимся на одной из концептуальных проблем инженерного образования: Каким должен быть инженер грядущего века? Какие требования к нему нужно предъявлять в свете быстрого и значительного усложнения технологий и техники, социально-экономических изменений в отдельных странах и мировой экономико-политической системе?

Отметим, что *инженер*, как творец новой сложной техники, принципиально *не может быть узким специалистом*. Его деятельность связана с междисциплинарным характером работы. Инженер XXI века должен в совершенстве владеть информационными технологиями, в области которых происходят значительные изменения из-за нарастающей мощи компьютерных систем. Он должен глубоко понимать экологические проблемы не только с точки зрения уже нанесенного ущерба окружающей среде, но и с точки зрения прогнозирования последствий деятельности инженерного сообщества, он должен владеть основами современной методологии науки, чтобы правильно расставлять приоритеты в своей инженерной деятельности. Он должен владеть еще и исследовательскими навыками. Логика развития общества показывает, что инженеры в XXI веке должны будут более широко вовлечены в управление наукой и технологиями, решением различных социально-экономических проблем. Для этого инженер должен отвечать своему изначальному назначению.

Цель данной статьи – показать, что современное инженерное образование не включает в себя все компоненты изначального понятия инженер, и предложить пути решения возникшей проблемы..

Подготавливая инженера в вузах, ему, как правило, дают определенную образовательным стандартом сумму знаний для решения *стандартных задач* и самые общие представления о методологии развития научных и технических знаний. Тогда как **Инженер** (фр. *ingénieur*, от лат. *ingenium* — способность, *изобретательность*) по определению –

изобретающий — специалист с высшим техническим образованием¹, создатель информации об архитектуре материального средства достижения цели или способа изготовления этого средства (*продукта*) и осуществляющего руководство и контроль за изготовлением продукта. При этом *деятельность* инженера должна включать:

1. Умение правильно *выбирать и ставить цель* (*задание*),
2. Умение *решать творческие* (изобретательские (в широком смысле слова, в любой области человеческой деятельности)) задачи,
3. Умение *разрабатывать* информацию о продукте,
4. Умение *разрабатывать* информацию о способах производства продукта (*технологии*),
5. Умение руководить и контролировать за *процессом производства продукта*.

6. Как известно, преподаватели технических дисциплин, готовящих инженеров, должны обеспечить приобретение студентами компетенций трех видов: профессиональных, социальных и личностных². Из трех компетенций особенно важны для формирования инженера - профессиональная и личностная.

К профессиональным компетенциям, относят весь комплекс технических знаний и умений, необходимых будущему специалисту для работы в отрасли.

К личностным компетенциям, относят: умение принимать решение, быть ответственным при принятии решений (учитывать национальные интересы своей страны, интересы компании, законные интересы жителей других стран и пр.), умение не бояться нового (новых знаний, новых технологий, новой работы, нового места жительства и пр.), умение достойно вести себя в случае неудачи. Воспитание в себе **качества творческой личности**: наличие Достойной цели; наличие технологии выбора цели; комплекс реальных рабочих планов достижения цели и регулярный контроль за выполнением этих планов; высокая работоспособность в выполнении намеченных планов; хорошая техника решения задач;

¹ Большой толковый словарь русского языка. –С.-П. «НОРИНГ». - С. 393

² Курс повышения квалификации преподавателей технических университетов и инженерных вузов «ИНЖЕНЕРНАЯ ПЕДАГОГИКА» (учебное пособие). Под общей редакцией: О. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.phil. DDDR.h.c. А. МЕЛЕЦИНЕКА, Ректора МАДИ (ГТУ), член-корр. РАН, доктора технических наук, профессора,

В. Приходько. - Центр ПК ППС УМУ. Белгород.

способность отстаивать свои идеи - "умение держать удар"; результативность.³

Если задачам вузовской педагогики, отраженным в пунктах 3-5, уделяют основное внимание при подготовке инженера, например: оптимизации проектного решения (в т. ч. вариантное проектирование), оптимизации технологии и т.п., то разработке принципиально новых решений (в т. ч. изобретений, пункты 1-2) в вузе практически не учат. Как известно, **творчество**⁴ – деятельность, порождающая нечто качественно новое и отличающаяся неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью.

Творчество предполагает устранение противоречий в решаемых задачах, которые не могут быть устранены известными для любого инженера способами. Например, в учебном плане предусмотрен факультатив «Основы научно-технического творчества». Однако для его ведения нет специально подготовленных преподавателей, поэтому результат от введения такой дисциплины будет практически нулевой. Преподаватель дисциплины «Основы научно-технического творчества» должен владеть методологией решения творческих задач, знать и уметь пользоваться различными эвристическими методиками (мозговым штурмом, методом фокальных объектов, синектикой, морфологическим анализом и др.) и отечественной теорией решения изобретательских задач (ТРИЗ), а также иметь опыт решения реальных изобретательских задач [1-15]. Например, в нашем филиале несколько лет читалась такая дисциплина, но затем была заменена дисциплиной «Основы нанотехнологий». Это прикладная наука, с которой, на данном этапе ее внедрения в вузовскую науку, можно ознакомиться самостоятельно. Для развития изобретательских навыков и способностей она мало что дает, при условии, что для еще и в крупных вузах нет еще соответствующих лабораторий.

Актуальность проблемы усугубляется еще и тем, что развитие воображения, фантазии идет интенсивно, согласно исследованиям психолога Рибо, до 15 лет, затем возможны три пути развития фантазии: сохранение ее на достигнутом уровне, снижение или деградация и безграничное ее повышение при ее тренировке. Психологи утверждают, что 98 % рождающихся людей имеют способность к различным видам деятельности. Однако по результатам серии исследований, проведенных учеными нашей страны и США в порядке подготовки к конференции "Профессиональная непригодность и функциональная безграмотность": установлено, что 37 % шестилеток проявляют нестандартное мышление, творческие способности, к

семилетнему возрасту процент таких детей падает до 17 %, а среди взрослых людей встречается лишь 2 % творчески одаренных личностей. Опыт работы со школьниками (Малая академия наук при КИЦМе (г.Красноярск) и доме Детского творчества (г. Минеральные Воды)), с инженерами-производственниками и научными работниками (школа изобретательского творчества (при ГС ВОИР, г. Минеральные Воды) и университете технического творчества при Доме Техники (г.Красноярск) и Красноярском инженерно-строительном институте (КИСИ), а также со школьными учителями воспитателями детских садов (семинары) показал, что ни в детских садах, ни в школе, ни в вузе *творчеству не учат*. **Вся система среднего и высшего образования** в большей степени направлена на формирование у специалиста определенного уровня знаний и практических навыков, а с введением ЕГЭ – к «натаскиванию» школьников на удачное отгадывание ответов. Не случайно система ЕГЭ была устранена еще в 1935г. Постановлением Совнаркома. Вторичный ее приход только усугубляет проблему. Но главное, она не направлена на **формирование творческой личности**.

Здесь абсолютно прав американский исследователь Д.Дуглас, заявляющий: «Отличник - еще не гарантия творческой личности». Выйдя из школы он продолжает свое образование дальше, но его опять же не учат методам творчества, методам достижения цели.

Опыт работы с различными категориями обучающихся показал, что практически всем возрастным группам, независимо от образовательного ценза, присущи следующие черты:

1. Неумение правильно ставить задачу;
2. Неумение выбирать и ставить цель;
3. Невысокий уровень фантазии и, как следствие, сильная психологическая инерция, запреты на нестандартный подход и т.д., создающие сильный психологический барьер при встрече с нестандартной задачей;
4. Незнание или неумение оперировать информацией о предмете исследования и неумение устанавливать междисциплинарные связи;
5. Несистемное представление о предмете исследования.

Таким образом, в условиях современного информационного состояния общества каждый его член, чтобы не оказаться вне его, должен:

1. *Знать и уметь пользоваться методами и методологией творческого мышления для решения нестандартных задач, которым необходимо учить уже со школьной скамьи.*
2. *Иметь все знания об окружающем мире в доступной для понимания и пользования форме.*
3. *Поддерживать и развивать фантазию и системное мышление в течение всей жизни.*

³ Альтшулер Г.С., Верткин И.М. Как стать гением. /Жизненная стратегия творческой личности/. – Минск: Беларусь. 1994. – 480 с.

⁴ Советский энциклопедический словарь. – М.: «Советская энциклопедия», 1988. - С. 1314.

4. *Учиться всю жизнь, т.е. уметь самостоятельно непрерывно пополнять свои знания и практические навыки.*

Следовательно, нужны такие программы и такой подход к обучению, который позволял бы учащимся системно воспринимать мир и сам процесс обучения, вызывая желание учиться всю жизнь, начиная с детского возраста. В ряде средних и высших учебных заведениях решение отмеченных выше задач достигается на факультативных курсах, включающих ТРИЗ и упражнения по развитию творческого воображения (РТВ), установлению междисциплинарных связей. Однако здесь нет системы, поэтому результат незначительный.

Иначе говоря, в современных условиях необходима такая структура образования, такие программы, такая методология обучения, которые позволяли бы переходить от картины мира в виде «калейдоскопа» знаний к системе знаний, создающих «мозаичную», объединительную картину. Этому должны также способствовать принципы методологической педагогики [16-18].

В этой связи возникает **необходимость** анализа и обобщения педагогического опыта **обучения студентов методологии научного и технического творчества** [19, 20]. Это основа основ. Знание и владение методологией позволит значительно сократить сроки обучения, как школе, так и в вузе. Поэтому любые инновационные технологии должны преломляться через призму методологии познания.

Задачами творческой составляющей инженерного образования являются: формирование навыков и творческого мышления у студентов и приобщение последних к техническому и научному творчеству с помощью современных методов, в частности, основанных на отечественной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ)⁵ и применяемых при решении конкретных проблемных задач в технике и науке готовых знаний; необходимость развития системного мышления, фантазии, использования знаний законов развития систем, использование физических, химических, геометрических и биологических эффектов при переходе от идеи решения к конструктивному исполнению. Таким образом реально преодолевается разрыв между теоретическими знаниями, которые получают студенты в школе и в вузе, и применением их на практике. Результативность такого подхода особенно эффективно будет проявляться при сочетании

⁵ Основы ТРИЗ заложены в 1956 г. отечественным исследователем Г.С.Альтшуллером. С 1970 года в СССР обучение становится непрерывным. В 1971 г. создается Азербайджанский общественный институт изобретательского творчества при ЦК ЛКСМ Азербайджана, где преподавал сам основатель ТРИЗ. К распаду СССР было более 400 школ изобретательства (в т.ч. и в г. Минеральные Воды) и университетов технического творчества. Аналогичные школы организованы в различных странах. В США при НАСА организован университет им. Г.С.Альтшуллера. Выпущено большое количество книг. В интернете созданы соответствующие сайты.

теоретического обучения с решением учебных задач и выполнением практических разработок, например, на производстве, в экспериментальных студенческих конструкторских бюро, при проведении исследований по выбранной теме. А главное - в **формировании нового стиля мышления**, направленного не только на приобретение готовых знаний, но и на самостоятельную генерацию новых знаний, умение видеть, ставить и решать проблемные задачи в своей области деятельности.

В результате решения поставленных задач студент должен знать и уметь:

- основы известных методов и теории решения изобретательских и научных задач;
- законы развития технических и научных систем;
- прогнозировать развитие технических (нетехнических) систем на основе законов развития систем.
- пользоваться различными методами и инструментами для решения творческих задач в любой области человеческой деятельности;
- иметь навыки по непрерывному развитию творческого воображения, системного мышления;
- пользоваться и применять знания, полученные в школе или вузе;
- правильно выбирать цель и направление своей научной или практической работы.

При этом, изучение каждой теоретической темы должно быть обязательно закреплено решением учебных и практических задач.

Известны два подхода к решению проблем научного и технического творчества: 1. Совершенствование классического метода проб и ошибок (за счет его интенсификации) [21-24]; 2. Познание и использование законов развития научных и технических систем с целью планомерного развития последних. Первый путь – путь в тупик. По первому пути пошли создатели, так называемых неалгоритмических методов: мозговой штурм, метод фокальных объектов (МФО), синектика, метод психоинтеллектуальной генерации и др., а также составление различных списков и эвристик, подобных списку А. Осборна, Ю. Шрейдера и т.д. Второй – путь создания научной методологии решения творческих научных и технических задач, т.е. путь **выявления объективных законов**, по которым одно научное представление заменяется другим [19-20] или одна техническая система заменяется другой [1-4]. По этому пути пошло развитие отечественной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

От метода проб и ошибок к точной науке

Накоплен огромный опыт применения различных приемов и методик решения творческих задач в науке и технике. Он показал

эффективность отечественной ТРИЗ перед другими известными методами.

Универсальность методологии ТРИЗ проявляется в том, что она может быть применена в любой области человеческой деятельности, где возникают творческие задачи содержащие противоречие. В отличие от математики, являющейся инструментом, и не более, для решения задач, которые могут быть представлены в формализованном виде, ТРИЗ позволяет решать задачи, не поддающиеся формализации.

Основной постулат ТРИЗ гласит: ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РАЗВИВАЮТСЯ ЗАКОНОМЕРНО, ЭТИ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОЖНО ПОЗНАТЬ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ ПЛАНОМЕРНОГО РЕШЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ БЕЗ НАДЕЖД НА ОСЕНЕНИЕ, ОЗАРЕНИЕ И СЧАСТЛИВУЮ СЛУЧАЙНОСТЬ [1-4].

Способность к изобретательству можно развивать. Разработана теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), предлагающая огромную базу учебных задач, типовые приемы решения и множество других инструментов, необходимых для решения конкретной задачи.

Появление ТРИЗ было вызвано потребностью ускорить изобретательский процесс, исключив из него элементы случайности: внезапное и непредсказуемое озарение, слепой перебор и отбрасывание вариантов, зависимость от настроения и т. п. Кроме того, целью ТРИЗ является улучшение качества и увеличение уровня изобретений за счёт снятия психологической инерции и усиления творческого воображения.

Таким образом ТРИЗ дает возможность научить практически каждого инженера изобретательским приемам и сделать изобретательство важной компонентой инженерной деятельности, а также вооружить современной технологией творчества, имеющей мощный инструментарий для решения сложных проблем.

Основные функции и области применения ТРИЗ:

1. Решение изобретательских задач любой сложности и направленности;
2. Прогнозирование развития технических систем;
3. Пробуждение, тренировка и грамотное использование природных способностей человека в изобретательской деятельности (прежде всего образного воображения и системного мышления);
4. Совершенствование коллективов (в т.ч. творческих) по направлению к их идеалу (когда задачи выполняются, но на это не требуются никаких затрат).

ТРИЗ не является строгой научной теорией, но представляет собой обобщённый опыт изобретательства и изучения законов развития науки и техники.

В результате своего развития ТРИЗ вышла за рамки решения изобретательских задач в технической области, и сегодня используется также в нетехнических областях (бизнес, искусство, литература, педагогика, политика и др.) [5-14, 16-17, 19-20].

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ТРИЗ



Структура ТРИЗ

1. Законы развития технических систем

Впервые сформулированные Г. С. Альтшуллером в книге «Творчество как точная наука» (М.: «Советское радио», 1979,) восемь законов, которые были сгруппированы в три условные блока [2]:

- Статика — законы 1-3, определяющие условия возникновения и формирования ТС;
- Кинематика — законы 4-6 определяют закономерности развития вне зависимости от воздействия физических факторов. Важны для периода начала роста и расцвета развития ТС;
- Динамика — законы 7-8 определяют закономерности развития ТС от воздействия конкретных физических факторов. Важны для завершающего этапа развития и перехода к новой системе.

ТРИЗ включает следующие законы:

1. *Закон полноты частей системы.*
2. *Закон «энергетической проводимости» системы.*
3. *Закон согласования ритмики частей системы.*
4. *Закон увеличения степени идеальности системы.*
5. *Закон неравномерности развития частей системы.*
6. *Закон перехода в надсистему.*
7. *Закон перехода с макроуровня на микроуровень.*
8. *Закон увеличения степени полезности.*
9. *Закон увеличения степени динамичности систем*

Существует и другая классификация: [5] законы синтеза, законы развития и функционирования и законы саморазвития систем. При этом системы проходят следующие стадии развития: **синтеза системы – адаптации к окружающей среде – саморазвития.**

На этапе синтеза проявляются законы 1-2 и закон совместимости организаций взаимодействующих систем (как его частный случай - закон согласования), на этапе адаптации: закон увеличения степени динамичности системы и ряд механизмов адаптации, закон вычерпывания ресурсов развития, закон усложнения организации системы; на этапе саморазвития – законы 4-5 [5].

Законы развития систем:

1. **ЗАКОН ПОЛНОТЫ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ:** *Для надежного функционирования технической системы, она должна состоять как минимум ИЗ 4-х ЧАСТЕЙ:* источника энергии (двигателя) - **ИЭ**, преобразователя (передатчика) преобразователя (передатчика) энергии - **Тр**, рабочего органа («реализатора») поставленной функции цели - **РО** и органа управления – **ОУ**.

Функциональное назначение частей:

- Часть I – **источник энергии** (служит для питания системы энергией (в виде потоков энергии (Э), вещества (В) или информации (И)); часто в его качестве служит двигатель);

- Часть II – **преобразователь** (передатчик, трансмиссия) **энергии** (преобразовывает вид энергии (например, тепловую в механическую) или тип движения (например, возвратно-поступательное движение во вращательное);

- Часть III – **Рабочий орган** («Реализатор функции цели») (обрабатывает, преобразовывает, воздействует, разрушает и т.д., объект, являющийся **ИЗДЕЛИЕМ** (для

обработки которого создана данная система), измеряет параметры изделия;

- Часть IV – **блок управления** (управляет потоками энергии, вещества и информации, проходящей через все части системы, т.е. управляет работой всех частей системы).

2. **ЗАКОН ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ** (закон ЛИБИХА): необходимым условием принципиальной жизнеспособности системы является проход энергии через все ее части.

Через систему проходят потоки энергии (Э), вещества (В) и информации (И), которые обеспечивают функциональную деятельность системы для создания готового продукта (конечного результата или конечной цели). При этом часть потоков система использует для реализации функции цели (работы), а часть - в виде неиспользованной энергии выделяется в окружающую среду.

3. **ЗАКОН СОГЛАСОВАНИЯ ИЛИ РАССОГЛАСОВАНИЯ РИТМИКИ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ (СОВМЕСТИМОСТИ ИЛИ НЕСОВМЕСТИМОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЧАСТЕЙ ИЛИ ИХ ОРГАНИЗАЦИЙ):** необходимым условием принципиальной жизнеспособности системы является согласование или рассогласование ритмики всех частей системы (совместимости или несовместимости ритмики, физических свойств, организаций и т.п. взаимодействующих частей).

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Развитие систем проходит **три стадии: синтез системы, адаптация к окружающей и внутренней среде, саморазвитие.**

Стадия I – Синтез систем, включает два этапа:

Поиск **состава** и **рациональной структуры** (расположения частей системы по линии, на (в) плоскости или пространстве), а также наиболее рациональный проход потоков (Э, В и И) ко всем частям системы. Например: свая – стержень, плоская система или пространственная? Если свая является стержнем, то она представляется в виде протяженного элемента (ж/б свая, грунтонабивная свая и т.п.); если свая плоская, то она может быть представлена в виде стенки, панели и т.п.; если свая представляет собой пространственную систему, то все составляющие ее стволы-опоры расположены в пространстве (кустовая, козловая свая и т.д.) так, чтобы рационально распределить нагрузку по всем составляющим.

Стадия II – Адаптация системы к природной и техногенной средам, включает этап **динамизации системы.**

Это самая длительная стадия в развитии технических систем. После синтеза система приспособляется к той среде, к тем внешним и внутренним воздействиям, в которых она применяется. Здесь максимально проявляется механизм динамизации системы: жесткие связи в системе между отдельными частями, которые подвергаются воздействиям природной или техногенной сред, заменяются или превращаются в

гибкие, подвижные, шарнирные и т.д. На этом этапе части системы развиваются **неравномерно** – в первую очередь развиваются те части и те системы, которые подвергаются разрушающему воздействию окружающей среды. В этом случае одновременно протекают два процесса: **усложнения и идеализации** (упрощения) системы. Ресурс развития системы определяется следующими иерархическими уровнями: макро-, мезо- и микро-состояниями. В процессе развития системы эти ресурсы по мере их использования, система переходит с одного уровня на другой по определенным закономерностям, например, по линиям: моно-би-поли-сложные системы; система 1 – система 2 – система 3...; моно-би-поли-сложные вещества. **Исчерпав ресурсы развития** на одном уровне (системы, надсистемы или подсистемы, макро, мезо или микро-уровне), система переходит к развитию на другом уровне по определенным закономерностям.

Стадия III. САМООРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

На данной стадии развития вводится обратная связь, выполнение основных функций ТС передается ее элементам, система становится самоуправляемой, самообучающейся, но принятие решений остается за человеком. На этом уровне пока находится немного ТС. Но на данной стадии наступает этап эволюции систем, на котором проявляются следующие законы: законы увеличения степени идеальности и сложности организации системы, закон увеличения степени вепольности и системности, закон перехода в надсистему (включение в качестве подсистемы в надсистему на последней стадии разворачивания системы) и развитие уже на уровне подсистемы надсистемы; сворачивание системы («поглощение» подсистемами систем) вплоть до ее вырождения в полевые структуры.

Здесь следует сразу оговориться, что законы отражают развитие ТС как единого целого, так и её частей. Поэтому 4-х этапное рассмотрение развития должно относиться конкретно или к самой системе в целом или к её части.

2. Информационный фонд ТРИЗ

Он состоит из:

- **приёмов** устранения противоречий и таблицы их применения;
- **системы стандартов на решение изобретательских задач** (типовые решения определённого класса задач);
- **технологических эффектов** (физических, химических, биологических, математических, в частности, наиболее разработанных из них в настоящее время — геометрических) и таблицы их использования;
- **ресурсов природы и техники** и способов их использования.

СИСТЕМА ПРИЁМОВ

Анализ многих тысяч изобретений позволил выявить, что при всём многообразии технических противоречий большинство из них решается 40 основными приёмами.

Работа по составлению списка таких приёмов была начата Г. С. Альтшуллером ещё на ранних этапах

становления теории решения изобретательских задач. Для их выявления понадобился анализ более 40 тысяч авторских свидетельств и патентов. Приёмы эти и сейчас представляют для изобретателей большую эвристическую ценность. Их знание во многом позволяет облегчить поиск ответа.

Но эти приёмы показывают лишь направление и область, где могут быть сильные решения. Конкретный же вариант решения они не выдают. Эта работа остаётся за человеком.

Система приёмов, используемая в ТРИЗ, включает **простые и парные (прием-антиприем)**.

Простые приёмы позволяют разрешать технические противоречия. Среди простых приёмов наиболее популярны **40 основных приёмов**.

Парные приёмы состоят из приёма и антиприёма (например: дробление – объединение), с их помощью можно разрешать физические противоречия, так как при этом рассматривают два противоположных действия, состояния, свойства.

СТАНДАРТЫ НА РЕШЕНИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Стандарты на решение изобретательских задач представляют собой комплекс приёмов, использующих физические или другие эффекты для устранения противоречий. Это своего рода формулы, по которым решаются задачи. Для описания структуры этих приёмов Альтшуллером Г, Фликштейн И. и Гаджиевым Ч. был создан **вещественно-полевой (вепольный) анализ** [25].

Система стандартов состоит из классов, подклассов и конкретных стандартов. Эта система включает 76 стандартов. С помощью этой системы можно не только решать, но выявлять новые задачи и прогнозировать развитие технических систем.

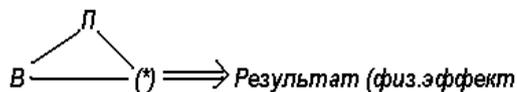
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Технологический эффект — это преобразование одних технологических воздействий в другие. Могут требовать привлечения других эффектов — физических, химических и т. п.

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Известно около пяти тысяч физических эффектов и явлений. В разных областях техники могут применяться различные группы физических эффектов, но есть и общеупотребительные. Их примерно 300—500.

Физическая структура

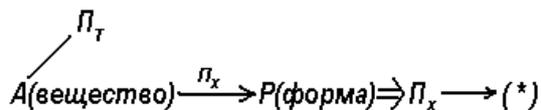


2. ХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Когда действие происходит на уровне молекул и атомов, которые взаимодействуют друг с другом, то тогда удобнее вести речь о **химических структурах и эффектах**.

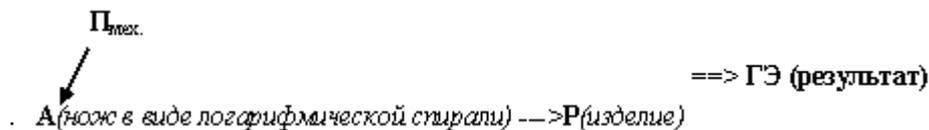
Химические эффекты — это подкласс физических эффектов, при котором изменяется только молекулярная структура веществ, а набор полей ограничен в основном полями концентрации, скорости и тепла. Ограничившись лишь химическими эффектами, зачастую можно ускорить поиск приемлемого решения.

Химический эффект: Физическая структура



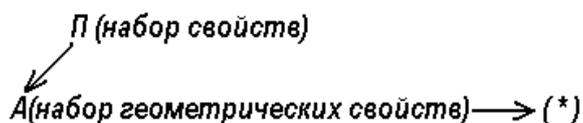
3. Геометрические эффекты

Когда мы имеем дело с геометрией объекта (А) - его формой, размерами, структурой, то на этом уровне



Формула вещественно-полевой структуры, используемой в этом эффекте, будет иметь такой вид:

ФИЗИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА



Если к этой структуре вместо (*) добавить, например, любой совместимый с ней объект O_1 и изменить поле $P_{\text{мех}}$ на другое, но совместимое с А, то мы получим формулу **геометрического эффекта (ГЭ)**. Его

удобнее говорить о **геометрических структурах** или **эффектах (ГЭ)**.

Так, для повышения эффективности перемешивания, А.А.Попов и А.И.Савенков мешалку для вязких и пастообразных материалов выполнили в виде двух вращающихся (Пмех.) спиралей - O_1 и O_2 - вставленных одна в другую. Они не только перемешивают и продвигают смесь вперед, но и очищают друг друга от перемешиваемого материала (А.С. N1065222).

Или, нож, в виде логарифмической спирали

так называют потому, что в данной структуре решающую роль играет организация вещества "А" на уровне геометрии.

4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Биологические эффекты — это эффекты, производимые биологическими объектами (животными, растениями, микробами и т. п.). Применение биологических эффектов в технике позволяет не только расширить возможности технических систем, но и

получать результаты, не нанося вреда природе. С помощью биологических эффектов можно выполнять различные операции: обнаружение, преобразование, генерирование, поглощение вещества и поля и другие операции.

5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Среди математических эффектов наиболее разработанными являются геометрические. **Геометрические эффекты** — это использование геометрических форм для различных технологических

преобразований. Широко известно применение треугольника, например, использование клина или скользящих друг по другу двух треугольников.

РЕСУРСЫ

Вещественно-полевые ресурсы (ВПР) — это ресурсы, которые можно использовать при решении

задач или развитии системы. Использование ресурсов увеличивает идеальность системы.

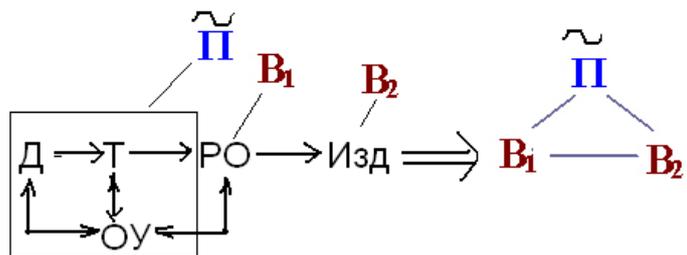
2. Алгоритм решения изобретательских задач — АРИЗ

Алгоритм решения изобретательских задач (**АРИЗ**) — созданная Г.С. Альтшуллером комплексная пошаговая программа **алгоритмического** типа (последовательность действий), предназначенная для выявления и разрешения противоречий, то есть для анализа и решения изобретательских задач (около 85

шагов). АРИЗ основан на **законах развития технических систем (ЗРТС)**. При разработке последних модификаций алгоритма (АРИЗ-77, АРИЗ-82, АРИЗ-85) учтены замечания и рекомендации многих специалистов по **ТРИЗ**.

3. Вещественно-полевой (вепольный) анализ

Веполь (вещество + поле) — модель взаимодействия в минимальной технической системе, в которой используется характерная символика



Здесь вещества В₁ и В₂ выполняют функции «инструмента» - рабочего органа (РО) и «изделия» - *Изд.* Веполь предназначен для выполнения, как минимум, одной функции. Разработана система правил, позволяющая формализовать любую задачу в вепольной форме и получать готовое вепольное решения, которое легко преобразуется в техническое [3; 25].

4. МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА

Методы системного анализа и синтеза включают *системный подход, анализ и синтез потребностей, функциональный анализ и синтез*. Эти инструменты позволяют создать *системную картину мира* и *прогнозировать развитие систем*.

В ТРИЗ широко используется системный подход, включающий аппарат системных исследований, специализированный для анализа и синтеза технических систем, основанный на закономерностях развития техники и для прогнозирования развития технических систем. Кроме того, системный подход используется для развития творческого мышления.

Для привлечения студентов к научной работе, необходимо на стадии обучения познакомить их с особенностями и методологией ведения научной работы [27-32].

5. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНЫЙ АНАЛИЗ

Функционально-стоимостный анализ (ФСА) — метод технико-экономического исследования систем, направленный на оптимизацию соотношения между их потребительскими свойствами (функций, ещё воспринимаемым как качество) и затратами на достижения этих свойств. Используется как методология непрерывного совершенствования продукции, услуг, производственных технологий, организационных структур. Задачей ФСА является достижение наивысших потребительских свойств продукции при одновременном снижении всех видов производственных затрат.

ФСА, используемый в ТРИЗ, значительно отличается от классического функционально-стоимостного анализа. Он был существенно переделан, специализирован и дополнен разработчиками ТРИЗ и сегодня практически представляет собой другую методологию, которая рассматривается под тем же именем.

Для развития **творческих качеств личности и коллектива** в ТРИЗ используются: *методы развития творческого воображения, теория развития творческой личности и теория развития творческих коллективов* [9-10, 26].

6. МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСКОГО ВООБРАЖЕНИЯ

Методы развития творческого воображения позволяют уменьшить психологическую инерцию при решении творческих задач. Существующая в ТРИЗ система развития творческого воображения разработана Г.Альтшуллером и П.Амнуэлем, и представляет собой набор приемов фантазирования и специальных методов [26].

7. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСКОЙ ЛИЧНОСТИ

Теория развития творческой личности включает качества творческой личности, основные концепции её развития, жизненная стратегия развития творческой личности (ЖСТЛ-3), деловая игра: «внешние обстоятельства творческая личность», идеальная творческая стратегия (концепция «максимального движения вверх»), задачник по курсу ТРТЛ, сводная картотека к ЖСТЛ-3. Авторы теории развития творческой личности (ТРТЛ) — Г. С. Альтшуллер и И. М. Верткин [10].

Заключение

а. **Инженер** грядущего должен быть **изобретателем** и профессионально **владеть методологией и инструментарием решения любых творческих задач** в своей и других областях человеческой деятельности, готовым быстро адаптироваться к изменяющемуся информационному состоянию общества.

б. В свете быстрого и значительного усложнения технологий и техники, социально-экономических изменений в отдельных странах и мировой экономико-политической системе инженер должен быть **универсалом и методологически грамотным**, чтобы легко разбираться в любых сложных проблемах.

с. Для подготовки инженеров будущего необходим переход от традиционной фактологической педагогики к **педагогике методологической**, а для этого нужна подготовка преподавателей новой формации.

д. Преподаватель, не участвующий в научной работе, изобретательстве, сам не владеющий методологией научного и технического творчества **не может научить студентов творческим методам решения актуальных задач из любой области**. Он должен вначале сам освоить эти методы, а затем учить студентов. Для этого необходимо ввести в программу

вузов предмет «основы научного и технического творчества» и учить студентов конкретным методам решения творческих задач.

Библиографический список:

1. Альтшуллер, Г. С., Шапиро Р. Б. Психология изобретательского творчества. — Вопросы психологии, 1956, № 6, с.37-49.
2. Альтшуллер, Г. С. Алгоритм изобретения. 2-е изд. — М :Московский рабочий, 1973.-296 с.
3. Альтшуллер, Г.С. Творчество как точная наука. - М.: Изд-во «Сов.радио», - 1979. - 170 с.
4. Альтшуллер, Г.С.. Найти идею. / Введение в теорию решения изобретательских задач. - 3-е изд., дополненное/. - Петрозаводск: Скандинавия, 2003. - 240 с.
5. Кондраков, И.М. От фантазии к изобретению. Кн. Для учащихся. - М.: Просвещение-Владос, 1995. - 205 с.
6. Правила игры без правил/ Сост. А. Б. Селюцкий. — Петрозаводск: Карелия, 1989. — 280 с. — (Техника — молодежь творчество).

7. Нить в лабиринте/Сост. А. Б. Селюцкий. — Петрозаводск: Карелия, 1988. — 277 с. — (Техника — молодежь — творчество).
8. Шанс на приключение/Сост. А. Б. Селюцкий. — Петрозаводск: Карелия, 1991.-304 с. — (Техника — молодежь творчество).
9. Как стать еретиком/Сост. А. Б. Селюцкий. — Петрозаводск: Карелия, 1991. — 365 с. — (Техника — молодежь творчество).
10. Альтшуллер, Г. С., Верткин И. М. Как стать гением: Жизненная стратегия творческой личности. — Мн.: Беларусь, 1994. — 479 с.
11. Жуков, Р. Ф., Петров В. М. Современные методы научно-технического творчества. -Л: ИПК СП, 1980.-88 с.
12. Злотина, Э. С., Петров В. М. Методы научно-технического творчества. — Л.: ЛДНТП, 1987.-20 с.
13. Дерзкие формулы творчества/Сост. А. Б. Селюцкий. — Петрозаводск: Карелия, 1987. — 269 с. — (Техника-молодежь-творчество).
14. Петров, В. М., Злотина, Э. С. Теория решения изобретательских задач — основа прогнозирования развития технических систем. — Прага: ЧДНТО, 1989, 92 с.
15. Кондраков, И.М., Козырев, В.А. Методы решения научных и технических задач. Учебное пособие для слушателей факультативного курса «Основы научно-технического творчества». – Множительно-копировальное бюро СКФ БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2004. -106 с.
16. Кондраков, И.М. Морфология термо-, гальвано-, акусто-, и оптикомагнитных эффектов.// Сб. докл. СКФ БГТУ им. В.Г.Шухова юбилейной науч.-практ.-конф. 12-13.апр. 2004г. «Наука, экология и педагогика в технологическом университете», Минеральные Воды, 2004., с. 47-53.
17. Кондраков, И.М., Кондракова, С.О. Технология успеха при формировании целей методологической педагогики. Сб. докл. СКФ БГТУ им. В.Г.Шухова юбилейной науч.-практ.-конф. 12-13.апр. 2004г. «Наука, экология и педагогика в технологическом университете», Минеральные Воды, 2004., с. 113-119
18. Бабанский, Ю.К. Оптимизация процесса обучения. /Общедидактический аспект/. - М.: Педагогика, 1977, - 256 с.
19. Кондраков, И.М. Алгоритм открытий? - "Техника и наука", №11 – 1979 г.
20. Kondrakov, J. Algoritmizacja rozwiazan zadan odkrywczych. В сб. "Projektowanie systemy", t. V, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk. Warszawa, 1983, с. 61-75.
21. Диксон, Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1969. John R. Dixon. Design Engineering: Inventiveness, Analysis and Decision Making. McGraw-Hill Book Company/ New York St/ Louis San Francisco Toronto/ London/ Sydney. 1966.
22. Эйрес, Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. Пер. с англ. М.: Мир, 1971. — 296 с Robert U. Ayres. Technological Forecasting and Long-Range Planning. McGraw-Hill Book Company. New York, St. Louis, San Francisco, London, Sydney. 1969.
23. Джонсон, Дж. К. Инженерное и художественное проектирование. Современные методы проектного анализа. Пер. англ. М.: Мир, 1976. — 376 с J. Christopher Jones. Design Methods Seeds of Human Futures. Wiley-Interscience a John Wiley & Sons Ltd. London, New York, Sydney, Toronto. 1972.
24. Джонсон, Дж. К. Методы проектирования: Пер. с англ. — 2-к изд., доп. — М.: Мир, 1986. — 326 с J. Christopher Jones. Design Methods Seeds of Human Futures. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. New York, Toronto, Brisbane. 1982.
25. Альтшуллер, Г., Фликштейн, И., Гшаджиев, Ч. Вепольный анализ. Рукопись. Г. Баку, - 1973 г.
26. Амнуэль, П. Пособие для развития творческого воображения. Рукопись, 1971 г.
27. Кун, Т, Структура научных революций. - М.: Прогресс, 1977.
28. Кедров, Б. О творчестве в науке и технике: (Научно-популярные очерки для молодежи) – М.: Мол. гвардия, 1987. - 192 с.
29. Кузнецов, В.И. Случайность научных открытий и закономерности развития химии // Журн. Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева. -1977. - № 6. Т. 22. – С. 618-628.
30. Жук, А.Н. Творческое мышление в науке // Психологический журнал. - 1980. - Вып. I. - № 4. - С. 154-162. Природа научного открытия. Философско-методологический анализ. - М.: Наука, - 1986. -302 с.
- Ирина, В.Р., Новиков, А.А. В мире научной интуиции. - М.: Наука, - 1978. - С. 77