

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.Э. БАУМАНА**

И.С. Потапцев, Г.П. Павлихин, Н.Н. Бушуев, В.В. Бушуева

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА
РЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ
В ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Под редакцией проф. В.А. Городничева

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Москва 2015
«Этносоциум»

УДК 32(075)
ББК 66
ISBN 978-5-904336-30-1

Рецензенты:

Герди В.Н. канд. тех. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана
Ларина Г.Е., д-р биол. наук, профессор Государственного университета по землеустройству (ГУЗ);

И.С. Потапцев, Г.П. Павлихин,

Н.Н. Бушуев, В.В. Бушуева, - Использование зарубежного опыта решения технических задач в инженерной подготовке студентов: учебно-методическое пособие - Международный издательский центр «Этносоциум», 2015. - 156 с.

Сегодня в технологии обучения будущих инженеров недостаточно практических форм работы со студентами. Учебно-методическое пособие посвящается вопросам формирования практических, творческих навыков инженерной деятельности. Эта задача решается на основе использования зарубежного опыта решения технических задач. Особое внимание уделяется студенческим креативным группам, методам активизации творческой деятельности в данных группах. Формы работы со студентами также включают согласованность, единство требований не только к надежности, качеству технических систем, но и их экологической безопасности.

Учебное пособие основано на экспериментальном материале, полученном в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для преподавателей технических кафедр, аспирантов, магистров, студентов.

© Потапцев И.С., Павлихин Г.П., Бушуев Н.Н., Бушуева В.В., 2015
© Международный издательский центр «Этносоциум», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
 Глава 1. Техника и техническое творчество	
1.1. Техника и ее структура.....	10
1.2. Инженерное, техническое, научное и научно-техническое творчество.....	19
1.3. Основные направления технического творчества в инженерном образовании.....	25
1.4. Идеальная техническая система. Идеальные решения.....	30
 Глава 2. Креативные группы и их значение в формировании творческих практических навыков инженерной деятельности у студентов	
2.1. Анализ форм организации и работы креативных групп на промышленных предприятиях Франции.....	41
2.2. Организация и работа студенческих креативных групп с учетом профиля кафедры «Экология и промышленная безопасность».....	53
2.3. Студенческие креативные группы, их особенности работы на кафедре «Элементы приборных устройств».....	74
2.4. Методические рекомендации по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем.....	76

Глава 3. Методы активизации поиска инженерных идей и решений. Зарубежный и отечественный опыт

3.1. Некоторые особенности зарубежных и отечественных методов активизации поиска инженерных идей и решений, их достоинства и недостатки.....	94
3.2. Мозговой штурм.....	104
3.3. Синектика.....	114
3.4. Метод контрольных вопросов.....	121
3.5. Построение дерева целей-средств.....	126
3.6. Морфологический анализ.....	132
3.7. Техническое противоречие (противоречие в развивающейся технической системе).....	139
3.8. Основные приемы разрешения противоречий.....	141
3.9. Вепольный анализ.....	144
Заключение.....	152
Список литературы.....	154

*«Скажи мне, и я забуду.
Покажи мне, и я вспомню.
Вовлеки меня в процесс, и я пойму.
Отойди, и я буду действовать!»
(Китайская пословица)*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время социальный заказ во всех сферах деятельности направлен на творческих, инициативных специалистов, способных создавать новую технику. Техника как никогда решает самые важные проблемы человечества в целом, является основой современной цивилизации. Сегодня продукция изобретательных умов определяет будущее страны, а не только нефть, газ. Обострились также противоречия между требованиями, предъявляемыми к инженеру, и его реальными возможностями. И если особых разногласий по вопросу, что должен знать, уметь инженер (чему учить?) почти нет или несущественные, то технология обучения будущего инженера (как учить?) вызывает серьезные споры, и мнения не только расходятся, но часто и противоположны.

Как показывает практика, на уровне только теории студент не может хорошо владеть материалом, а молодой специалист тем более «все забыл». Сегодня в учебном процессе еще недостаточно практических аспектов. Учить студентов навыкам поиска инженерных идей и решений, процедурам технического творчества в инженерной деятельности только по лекциям нельзя. Знания не должны быть пассивными, необходимы практические направления работы со студентами.

В данном учебно-методическом пособии, которое предназначено для преподавателей технических специальностей, аспирантов, магистров, студентов рассматриваются именно практические формы работы со студентами. Здесь используется опыт зарубежной практики решения технических задач на промышленных предприятиях, отечественные и зарубежные методы активизации технического творчества и др. Изложенные в учебно-методическом пособии зарубежные

формы и методы решения технических задач переработаны и скорректированы с учетом студенческой среды и специфики решаемых проблем. Определенной новизной данного учебно-методического пособия являются студенческие креативные группы, работа которых направлена на формирование практических навыков инженерной деятельности.

Работа в студенческих креативных группах проводится преподавателем на основе применения методов активизации творческой деятельности. Методы активизации могут быть использованы по выбору преподавателей в зависимости от сложности решаемых технических задач. В креативных группах используются как зарубежные, так и отечественные методы активизации поиска инженерных идей и решений, технического творчества. Разработка данных проблем, то есть методов активизации творческой деятельности, ведется во всем мире, в том числе и в нашей стране. Как зарубежные, так и отечественные методы активизации поиска инженерных идей и решений, технического творчества созданы, разработаны изобретателями – практиками на основе анализа большого практического материала и направлены на решение нестандартных технических задач.

Методы активизации в отечественной и зарубежной практике в определенной степени противоположны. В зарубежных методиках все внимание сосредоточено на психологических аспектах, на психологии изобретательства, в качестве основного принципа поиска выступает метод проб и ошибок в его различных модификациях. В отечественной практике считают, что в первую очередь нужно изучать не психику изобретателя, а законы развития материальных, технических систем. Знание закономерностей дает возможность резко сузить поле поиска, заменить «угадывание» научным подходом. Основой разработки методов поиска инженерных идей и решений являлся уникальный, имеющийся только в технике, техническом творчестве патентный фонд. Изучение и анализ большого количества (десятки тысяч) патентов, авторских свидетельств, изучение истории и логики развития технических систем

позволило создать методологию технического творчества, теорию решения изобретательских задач, которая в дальнейшем совершенствовалась, развивалась. Другими словами, на основе анализа десятков тысяч патентных разработок различной степени сложности, выявлены типовые приемы совершенствования функционально-конструктивных связей технического объекта. Их применение позволяло улучшить конструкцию в целом. Данный перечень методов технического творчества является своеобразным справочником инженера-изобретателя. Разумеется, их нельзя представлять как определенный набор «готовых рецептов». Но они могут выступать в качестве методологии, методов поиска инженерных идей и решений.

В данной работе, разумеется, не все методы инженерной практики рассматриваются, заинтересованные преподаватели, студенты могут самостоятельно их проанализировать, они достаточно полно изложены в методической литературе, которая указана в «Списке литературы» [1, 2, 3]. В работе рассмотрены лишь некоторые методы этой большой программы, которые вызывают наибольший интерес у студентов.

Следует отметить, что и зарубежные и отечественные методы технического творчества имеют как свои достоинства, так и недостатки. Например, генерировать нестандартные, новые технические идеи лучше позволяют зарубежные методики, а совершенствовать техническую систему – отечественные. Не абсолютизируя их, в качестве рекомендации следует предложить использовать и те и другие в зависимости от степени сложности решаемой проблемы, ее специфики, а также учитывать особенности, состав творческого коллектива

Особый интерес, значимость для формирования практических навыков инженерной деятельности представляют «Методические рекомендации по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем». Их использование в работе креативных групп позволяет реализовать принцип единства, согласованности требований не только к надежности, качеству технических систем, но и их экологической безопасности. Более того

эффективность данных методических рекомендаций заключается также и в том, что здесь легче применять игровые варианты, а игровых форм, видов сегодня в практике много, около двухсот [4]. Применение различных игровых вариаций позволяет анализировать, воспринимать аргументы друг друга, а также системно подходить к решению технических задач. Следует отметить, что «Методические рекомендации по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем» являются переработанным, сокращенным вариантом зарубежного опыта конструирования технических систем.

Привлекательность студенческих креативных групп заключается также и в том, что здесь может продуцировать творческие технические идеи каждый студент, а не только с какими-то особыми талантами, способностями. Креативные группы не устраняют индивидуальное творчество, а, наоборот, здесь происходит усиление интеллектуальных возможностей каждого участника, то есть, как бы синтезируются индивидуальные особенности в единый процесс. И поэтому важной задачей данного учебно-методического пособия - привлечь внимание к этому новому направлению работы со студентами. Студенческие креативные группы являются не только методом формированию практических навыков технического творчества в инженерной деятельности, но и определенной формой активизации учебного процесса. И действительно, определенное количество элементов в работе креативных групп можно применять и при проведении практических занятий со студентами.

Анализ современной отечественной литературы показывает, что зарубежный опыт работы креативных групп не нашел своего применения в отечественной практике, уделяется внимание лишь психологическим аспектам креативности [5]. Незначительные вариации некоторых зарубежных методик нашли в экономике [6]. Возможно, это связано с отсутствием переводов зарубежной литературы по данному вопросу, разработкой соответствующих методик, учитывающих специфику нашего производства и др. Кстати, слово

«креативность» широко употребляется в нашем лексиконе, часто даже не совсем верно, а конкретных теоретических, как показывает анализ литературы, да и практических методов, форм работы нет. В зарубежной практике креативные группы охватывают все сферы деятельности, в том числе и университеты, ведь бесплатные мозги студентов значимый фактор. Государственные структуры, бизнес, университеты на Западе уделяют значительное внимание инновационным разработкам студентов. Как правило, молодежь более гибкая и открытая для творчества, активная, в отличие от уже консервативных представителей старшего поколения. Более того, студенты не требуют огромных гонораров за свои творческие идеи. И поэтому гранты для студенческих программ считаются очень выгодными инвестициями.

Авторы данной работы понимают всю сложность, новизну организации студенческих креативных групп, но экспериментальные, эмпирические многолетние наработки позволяют сделать определенные выводы относительно этого направления. В данной работе эта проблема будет рассматриваться с позиций специфики технического университета, а также профиля двух кафедр: «Экология и промышленная безопасность» и «Элементы приборных устройств».

Необходимо также отметить, что некоторые задачи, примеры, которые рассматриваются в качестве иллюстрации тех или иных технических ситуаций, концепций в данном учебном пособии сознательно упрощены, чтобы усилить иллюстративный, доказательный характер тех или иных методов активизации. И это верно, ведь учебный материал должен быть понятным и доступным.

И в заключение следует отметить, что разработкой только учебных пособий не исчерпывается программа подготовки инженера-практика. Это комплексная проблема. И требуется дальнейшая серьезная работа и не только в методическом плане, но и в организационном, информационном и других направлениях.

Глава 1

ТЕХНИКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО

1.1. Техника и ее структура

Техника (от греч. *technē* – искусство, мастерство, умение) это искусственно созданные на основе познания и использования объективных законов природы, выраженных в законах науки, технические средства деятельности людей по реализации их интересов и целей. На ранних стадиях развития техники воплощение в технических средствах природных закономерностей, законов было стихийным, чисто эмпирически находились те или иные решения, например, потенциальная энергия упругих ветвей реализовалась в появлении такого орудия как лук и т.д. С появлением теоретических знаний развитие техники осуществляется целенаправленно.

Как известно, разработка, конструирование всех технических систем осуществляется на основе использования законов науки (законов природы). Дело в том, что законы науки (природы) на основе которых создаются технические системы, **нельзя изменить, то есть ослабить, усилить, создать, уничтожить. Законы науки (природы) проявляют свое действие только в определенных условиях.** Но ведь при разработке технических систем почти всегда возникает потребность ослабить действие того или иного закона науки (природы), устранить нежелательные явления, которые связаны с его проявлением, то есть регулировать проявление того или иного закона науки (природы). И процесс регулирования осуществляется либо на основе **изменения условий**, так как закон действует только в определенных условиях, либо на основе **взаимодействия законов науки**, которые лежат в основе функционирования технической системы.

Применение взаимодействия законов в технических системах это сложнейшая творческая деятельность и один из значительных принципов технического творчества. Напри-

мер, подводная лодка должна и опускаться и подниматься. И здесь действие закона всемирного тяготения ослабляется архимедовой силой, то есть их взаимодействием. Подобных примеров можно привести множество, так как почти все технические системы работают на этом принципе, то есть на взаимодействии законов. Другими словами, все технические конструкции воплощают либо тот или иной закон науки (природы), либо их взаимодействие. Это очень важное методологическое положение для инженерной деятельности, и, к сожалению, данные методологические принципы технической деятельности не всегда принимаются во внимание инженерами, а некоторым они даже вообще не известны.

При работе технических систем имеет значение и такое положение, как системное взаимодействие технических систем. Например, на заре развития электротехники инженеры столкнулись с таким явлением: станок, предположим, токарный по техническим условиям должен работать несколько лет, и он столько бы и работал, если бы в цехе был единственный. Но, когда начали работать несколько станков одновременно, то через час работы они все вышли из строя. То есть системное качество наглядно проявилось.

Другое важное методологическое положение развития техники связано со структурой. Вся технику, все ее многообразие, процесс развития можно выразить тремя составляющими: **материалы – энергия – знание**. И уровень развития техники определяется содержанием этих трех составных элементов. В каждую историческую эпоху их соотношение, значимость менялись, например, в космической технике долго и трудно решалась проблема создания новых материалов. Поэтому нельзя однозначно определять какой элемент в процессе развития техники более значимый, какой менее. Сегодня большое значение в некоторых отраслях техники придается такой составляющей, как энергия. Необходимо обратить внимание, что несоответствие в

развитии данных трех составных компонентов в технике (материалы-энергия-знание), часто затрудняет решение актуальных технических задач и тормозит процесс развития техники в целом.

Определенное методологическое значение связано и с уровнями техники. Среди многообразных видов техники главное, ведущее место принадлежит технике материального производства или производственной технике, которая разделяется на три уровня: отдельное техническое средство, отрасль техники, совокупная техника. Закономерности каждого из них различны, имеют свою специфику.

Первичным элементом совокупной техники или техники в целом является отдельное техническое средство. Оно имеет все признаки, входящие в определение «техника», т.е. вещественно, искусственно создано, воплощает определенную природную закономерность, является проводником взаимосвязи человека с природой.

Развитие отдельного технического средства протекает в двух направлениях: процесс совершенствования и создание нового технического устройства. В научной литературе данные процессы выражаются через понятия качественные и количественные изменения. Совершенствование формы, взаимодействия, структуры и т.д. - количественные изменения. Качественные - связаны с изменением принципа действия, функциональных параметров. Качественные изменения разрешают противоречия, которые возникают в технических системах в процессе работы, совершенствования технической системы.

Патентные организации ориентированы и на качественные и на количественные изменения. Если рассмотреть все заявки, поступающие в патентный фонд, то 85% - направлены на количественные преобразования. Остальные - на качественные, причем среди них лишь 1,5% технических решений являются принципиально новыми, 0,9%

- не имеют аналогов, а остальные качественные – имеют более простую форму совершенствования. Следует отметить, что только в технике имеется такое уникальное явление как **патентный фонд**, облегчающий работу по анализу и поиску закономерностей развития техники, технического творчества. И только в технике разработана методология развития и совершенствования технических систем.

Степень значимости качественных изменений зависит от оценки базовых научно-технических принципов. Более значимыми являются те, которые ориентированы на современные научные достижения, именно они позволяют открыть новые направления техники. Далее, известные принципы, которые использовались в смежных отраслях, наконец, традиционные, стандартные решения, но в различных взаимодействиях, сочетаниях.

Такова общая схема, позволяющая патентным организациям оценить значимость, новизну технических решений на уровне отдельного технического средства. Как показывает практика, с экономической точки зрения следует осторожно подходить к внедрению в производство качественных и количественных изменений. Новая техника вначале может уступать в плане экономичности старой, но учет потенциальных возможностей, быстрый рост техники оправдывает необходимость перехода к принципиально новому виду.

Количественные изменения не менее значимы, чем качественные[9]. Из истории техники можно привести множество примеров, когда количественные изменения какого-либо отдельного технического устройства давали колоссальный эффект в различных отраслях промышленности. В качестве примера можно привести нововведение Дизеля. Он сконструировал двигатель, позволяющий использовать вместо бензина более тяжелые продукты переработки нефти. Применив принцип компрессионной зажигалки, который основан на том, что сильно сжатый воздух нагревается

и воспламеняет горючий материал, Дизель создал практичный, несложный в управлении двигатель внутреннего сгорания, эффективность которого выросла почти в два раза.

Вначале дизельные двигатели использовались на военных судах в Великобритании. Это резко увеличило скорость судов, радиус действия, маневренность, что обеспечило преимущество в сражениях на море с Германией в первой мировой войне. В дальнейшем дизельные двигатели стали использоваться не только на военных судах, но и на других. В экономическом плане отпала необходимость в дорогих угольных бункерах, специализированных портах, сотен тысяч тонн угля, большого количества грузчиков и т. д. Широкое применение дизельные двигатели нашли в транспортной технике и в ряде других отраслей.

Количественные изменения отдельного технического устройства имеют определенный предел. Конструкцию в рамках данного принципа действия нельзя бесконечно совершенствовать [7]. Этот процесс можно представить графически (рис. 1):

На графике выделяются три периода: 1 - медленный рост совершенствования системы, 2 - быстрое развитие, 3 - резкое замедление совершенствования, ста-



Рис.1. Процесс совершенствования технической системы.

билизация. Далее, требуется переход к новой технической конструкции, то есть к качественным изменениям.

Качественные изменения любого технического устройства, как правило, связаны с изменением **прин-**

ципа действия. Это центральное понятие в технике. В его основе лежит использование определенной природной закономерности, которая выступает в конкретном виде в тех или иных технических конструкциях. Например, третий закон Ньютона лежит в основе работы реактивного двигателя. Следует отметить, что в теоретическом виде законы наук сложно, да и просто невозможно использовать в технике. Необходимо определенное осмысление их в плане применения в технических устройствах, то есть нужно разработать техническую идею, а это самостоятельный, очень сложный творческий процесс, который выражается в научно-техническом творчестве. Нельзя путать, смешивать научное, техническое и научно-техническое творчество. Это совершенно различные и самостоятельные виды деятельности и требуют применения отличных друг от друга процедур и различной методологии.

Результативность качественных изменений находится в зависимости от правильного выбора тех или иных принципов действия. Это можно проиллюстрировать на примере самолетостроения [8]. Одним из важнейших показателей, характеризующих развитие самолета, его совершенство является скорость. Она у первых самолетов была 4 - 5 м/сек. К 1914 г. – стала 100-150 км/час. Далее скорость продолжала расти и к середине 20-х г. была более 300 км/час. На этом процесс увеличения скорости замедлился, что требовало новых решений. И в середине 30-х г. произошел скачок в изменении скорости. Она стала 800 км/час. Это было связано с переходом от бипланов к монопланам. Затем последовал опять ряд улучшений конструкции, но в рамках одного и того же принципа действия. Новый скачок в развитии самолета был связан с более глубокими изменениями – переходом к турбореактивным двигателям.

Качественные и количественные изменения могут быть связаны не только с процессом изменения техниче-

ской конструкции, но и с ее конкретными условиями работы. Например, многие технические устройства, нормально работавшие поодиночке, выходят из строя при совместной работе. Это объясняется резонансными явлениями, которые выводят из строя узлы машин. Здесь проявилось системное свойство, которое в различных случаях может быть как положительным, так и отрицательным в технике.

Качественные и количественные изменения в технике осуществляются на основе разрешения противоречий. Противоречия возникают при несоответствии между функционально значимыми характеристиками конструкции в процессе ее совершенствования. То есть при улучшении одних свойств системы наблюдается ухудшение других. Например, смена двигателя на более мощный дает выигрыш в скорости, но утяжеляет конструкцию, увеличивает потребность в горючем и т.д. Такое положение наблюдается в любой технической системе при ее совершенствовании. Способы разрешения противоречий связаны с определенными стадиями модернизации технических систем. Их всего пять:

1. Процесс совершенствования не связан с устранением противоречий, здесь идет доработка различных частей механизма, их согласование;

2. Включает мелкие изобретения, полученные в результате устранения противоречий способами традиционными, стандартными для данной отрасли, при этом меняя, как правило, лишь один элемент технической системы;

3. Характеризуется преодолением противоречий способами, известными в рамках одной науки (химии, физики и т.д.). Полностью меняется один из элементов системы;

4. Создание новой технической системы, в которой полностью разрешены противоречия старой, но она функции выполняет прежние. Противоречия снимаются методами других наук. Например, физическая задача решается

путем химических методов;

5. Изобретение принципиально новой конструкции, которая обязана своим появлением открытию в науке, технике. Это даже может привести к появлению новой отрасли. Например, изобретение радио способствовало созданию радиотехники.

В практике происходит, как правило, сочетание, по крайней мере, двух соседних уровней процесса совершенствования, поэтому такое деление условно. Процесс развития технических систем, обычно, ограничивается первыми двумя, максимум тремя уровнями, дальше не идет. Для дальнейшего совершенствования, создания принципиально новой техники требуются специалисты с высоким профессиональным уровнем. Таких специалистов мало. Это положение в значительной степени можно компенсировать использованием креативных групп, что и делается в зарубежной практике.

Качественные и количественные изменения на уровне отрасли имеют более сложный и опосредованный характер. Отрасль техники это определенное единство технических средств, технический комплекс, предназначенный для производства определенной продукции. Качественные и количественные изменения отрасли зависят: от технических средств, входящих в ее состав, способа связи между ними, что обеспечивает строго определенное их взаимодействие, направленное на достижение конкретной цели. Но следует иметь в виду, что одни и те же технические средства могут входить в различные отрасли техники (электродвигатели, насосы и т.д.). Они могут применяться в машиностроении, сельском хозяйстве. Помимо сходных технических средств любая отрасль имеет и специфические, что в значительной степени определяет ее особенности.

История техники, в определенном плане, история появления и развития отраслей. Каждая из них, претерпевая качественные и количественные изменения, продолжает

сохранять специфику. Меняется и процесс их взаимодействия. В те или иные исторические периоды они могут занимать различное положение, оказывая влияние на развитие других отраслей (военная техника). Вопрос о взаимодействии и взаимосвязи отраслей изучен недостаточно, как в плане информационной стороны данной проблемы, так и организационной. На практике часто эти процессы осуществляются стихийно, что существенно тормозит экономические показатели, например, изобретения, достижения в одной отрасли долго и трудно внедряются в другую.

Качественные и количественные изменения отрасли часто связаны с появлением принципиально нового отдельного технического средства. Иногда это приводит не только к качественным изменениям существующей отрасли, но и к возникновению совершенно новой, например, изобретение реактивного двигателя дало качественный скачок и в авиационной технике, и о знаменовало появление космической отрасли, или изобретение радио ознаменовало появление радиотехнической отрасли и т.д.

О качественном изменении отрасли можно говорить и тогда, когда меняется соотношение, взаимодействие между отраслями, происходит выдвижение на первый план производства какой-либо отрасли, например, вычислительной техники.

Качественные изменения в технике в целом или в совокупной технике связаны с изменением целого, системы «человек – техника». Здесь можно выделить два состояния:

- 1) техника служит усилению физических и интеллектуальных возможностей;
- 2) полностью выполняет все функции, человек не участвует непосредственно в процессе производства.

Но человек никогда не исключается из производства вообще. Между двумя стадиями существует несколько промежуточных этапов, которые выражают качественные изменения. Например, автоматизация, ее нельзя назвать

«высшей формой механизации», это совершенно другое качество. Переход от механизации к автоматизации связан с возникновением новой стадии в технике, в ее функциях, да и структура будет другая.

Количественные изменения в совокупной технике связаны с усилением составных элементов ее структуры. Качественные и количественные характеристики связаны между собой.

Итак, любые изменения всех трех уровней техники (отдельное техническое средство, отрасль техники, совокупная техника) оказывают влияние друг на друга. Поэтому инженер, изменяя то или иное звено любого уровня техники, оказывает воздействие и на развитие остальных.

1.2. Инженерное, техническое, научное и научно-техническое творчество

Понятие «инженер» начинает широко использоваться лишь в XVIII веке. Это связано с определенным уровнем развития техники (машинное производство). Инженер в отличие от мастера в своей деятельности опирается на теоретические знания, научные методы. Результат его деятельности предполагает не единичное изделие, а серийное. Мастер «одиночка» заменяется коллективом с определенной структурой, где существует разделение функций, новых технических решений.

В современной научной литературе понятие «техническое творчество» употребляется лишь в том случае, когда речь идет о разработке технических систем. В остальных случаях используется понятие «инженерное творчество», которое значительно шире по содержанию. Это объясняется тем, что современная инженерная деятельность включает много видов работ: инженер-исполнитель, инженер-организатор, инженер-конструктор, инженер-технолог, инженер-проект-

тировщик и др. Но, основным направлением деятельности инженера является создание, совершенствование, развитие технических систем, технологий, поиск новых технических идей и решений. И в этом плане понятия «инженерное творчество» и «техническое творчество» совпадают.

Техническое творчество является исторически первым видом творчества. Не без основания оно считается источником, основой других видов деятельности. В техническом творчестве в центре внимания — решение практических задач, материальное воплощение в технических устройствах закономерностей, свойств, явлений природы, выраженных через законы науки. Техническое творчество это процесс создания новых материальных средств, повышающих эффективность производства.

Научное творчество это вид деятельности, ведущий к созданию принципиально новых, социально значимых знаний. В научном творчестве важное место отводится созданию научных систем. Понятие научная система весьма широкое, это и теория, и идея, и гипотеза и т.д. Но научное творчество не исчерпывается созданием научных систем, сюда входит и поисковая работа, которая направлена на установление связей между явлениями, научными фактами, их систематизацией, анализом, синтезом и др.

В техническом творчестве в отличие от научного творчества всегда имеется значительное множество решений той или иной технической проблемы. Далее, исходя из экономичности, эффективности, размеров и других требований останавливаются на определенной конструкции. В техническом творчестве не бывает ситуаций, когда появляются два одинаковых изобретения, общим может быть лишь принцип действия того или иного технического устройства, но не само устройство. Например, телефон изобрел Грейам Белл в 1876 году, но на два часа опоздал с заявкой на телефон другой изобретатель – Элиша Грей. А через год де-

сять выдающихся изобретателей того времени в суде отстаивали право называться создателем телефона. Разумеется, все эти конструкции отличались друг от друга, общим был лишь принцип действия. И в этом плане именно неповторимость присуща результатам технического творчества.

В научном творчестве открытия тех или иных законов, явлений могут происходить одновременно в различных странах, причем по сути своей они не должны отличаться, если они действительно отражают ту или иную объективно существующую закономерность или законы природы. Этот факт также как и в технике объясняется объективным ходом развития науки, и не случайно многие законы и эффекты в физике носят двойное название. Например, закон Бойля-Мариотта, закон Ломоносова–Лавуазье, эффект Нернста-Эттингсхаузена, законы наследственности Г. Менделя, забытые и впоследствии заново открытые независимо друг от друга и практически одновременно Г. де Фризом, К. Корренсом и Э. Чермаком, даже теория относительности была почти одновременно опубликована Альбертом Эйнштейном и Анри Пуанкаре. Подобных примеров можно привести множество. Более того, как в науке, так и в технике значительный эффект, серьезные научные и технические достижения осуществляются на основе переноса тех или иных принципов исследования, закономерностей из одной области в другую, новую. Но, к сожалению, взаимодействие и взаимосвязь различных областей, как в науке, так и в технике еще недостаточно осуществляется

В техническом творчестве не имеет особого значения случайность. Почти не наблюдается ситуаций, когда ошибки приводят к изобретениям. В научном творчестве, абсолютно противоположная картина. Именно случай часто приводит к тем или иным открытиям и даже ошибки становятся открытиями. Ложный шаг не раз приводил к открытию новых дорог. Анализируя роль случая в научном творчестве, сле-

дует помнить широко известное положение, что «открытие происходит не тогда, когда падает зрелое яблоко, а когда оно падает на зрелую голову, или - многие имели ванну, но гениально ее принял только один». И в этом плане можно продолжить мысль, что в науке роль случая высоко ценится, благодаря этому существует тезис, что «отрицательный результат – тоже результат». В науке это вполне приемлемо и считается нормальным. В технике данный тезис полностью исключен, нельзя, истратив время и средства на разработку неудачной конструкции, оправдать потери, заявив, что «отрицательный результат – тоже результат».

В техническом творчестве почти не бывает повторных изобретений, разделенных столетиями. В научной деятельности такое наблюдается достаточно часто. Можно привести множество примеров из истории астрономии, математики, химии, физики за период XVIII-XIX века

Процесс прогнозирования результатов технического творчества осуществляется значительно точнее, чем в научной деятельности. Это объясняется тем, что систематизация и взаимодействие знаний в технической области имеет более закономерный вид, здесь в меньшей степени отмечается наличие случайностей и неожиданностей в отличие от научного творчества.

Сочетание научного и технического творчества наиболее четко проявляется в ходе проведения эксперимента. Эксперимент является одинаково важным звеном, как в науке, так и в технике. Построение экспериментальной процедуры носит конкретно-исторический характер, отражает определенный уровень развития науки и техники.

Взаимодействие и взаимосвязь научного и технического творчества в определенной степени происходит в научно-техническом творчестве [9]. Под научно-техническим творчеством большинство авторов имеют в виду такую разновидность творческой деятельности, в которой совме-

щаются процедуры научного исследования и инженерного проектирования. Иногда с научно-техническим творчеством отождествляется теоретический уровень технического творчества. Это не верно. Научно-техническое творчество представляет собой самостоятельный вид, который имеет свои цели, форму деятельности, результаты. Взаимодействие, интеграция двух видов творчества не ведет к утрате самостоятельности каждого из них. Как уже отмечалось выше, естественнонаучные знания в теоретической форме не могут быть использованы непосредственно изобретателем, в технике. Существует лишь абстрактная возможность их практического применения. Необходима иная система научных данных, их логическая связь, где были бы выделены принципы, имеющие практическую значимость, раскрыта техническая направленность тех или иных научных положений. Это чрезвычайно сложная, творческая, самостоятельная исследовательская работа. Другими словами, в технике используется не научная, а техническая идея, то есть способ применения того или иного научного открытия. В этом проявляется форма взаимодействия научного и технического творчества.

Итак, анализ различий научного и технического творчества, приведенный даже в таком общем виде, позволяют сделать вывод, что методологии научного и технического творчества значительно различаются. Более того, если в технике существует преимущество, то есть методы конструирования, совершенствования технических систем, возникающие на разных этапах развития техники, уживаются и используются в дальнейшем, то в науке этого не наблюдается, нет преимущества в методологии различных эпох.

Как в техническом, так и в научном творчестве спорным является значимость. Многие технические изобретения и научные открытия были преждевременными, и их значимость оценивалась через десятилетия, а то и столе-

тия. Подобных примеров можно привести множество. Это объясняется тем, что появление как открытий в науке, так и изобретений в технике связано с тремя моментами:

- появление любого научного или технического достижения зависит от общего уровня развития науки и техники в целом, то есть должно быть подготовлено всем предшествующим ходом развития;

- социальные условия, социальный заказ являются вторым фактором появления нововведений;

- и самым важным звеном, на наш взгляд, является личность ученого, изобретателя, способного уловить потребность в том или ином открытии, изобретении и реализовать ее.

Разумеется, что вышеперечисленные составляющие творческой деятельности неоднозначно влияют на процесс творчества [10]. В различные исторические эпохи их значение, взаимодействие может меняться. Этим объясняется запаздывание или преждевременное появление открытий, изобретений.

В техническом творчестве в большей степени, чем в научном творчестве проявляется влияние социального заказа. Особенно это наглядно прослеживается в военной технике, где социальные условия, социальный заказ резко активизируют ее развитие. Подобная тенденция наблюдается почти во всех областях техники. В качестве примера можно привести изобретения книгопечатания. В Древнем Риме существовала игра подвижными буквами, которой пользовались для обучения детей чтению. Широко распространено было отпечатывание твердых предметов, клейм в воске, глине. Был и механический пресс в виноделии. Все структурные элементы технического изобретения налицо, но не было потребности в обществе, социального заказа. Изобретение книгопечатания произошло лишь в XV веке. Данный пример можно, конечно, по-разному трактовать, поэтому абсо-

лютизировать роль социальных условий следует осторожно.

Но в истории развития науки и техники часто бывает, что и объективный ход знания, и социальные условия еще не гарантируют появления открытия и «нет изобретения без изобретателя». Нельзя забывать роль, значение творческой личности ученого, изобретателя в появлении того или иного открытия или изобретения. И это уже самостоятельная область исследования.

1.3. Основные направления технического творчества в инженерном образовании

В настоящее время, как отмечалось выше, социальный заказ направлен на творческих специалистов, способных создавать новую технику. При современных темпах развития науки и техники, частой смене технологий и производственных процессов, наличии информационных технологий требуется постоянный профессиональный рост. Старые знания и навыки быстро меняются, требуются новые нестандартные, альтернативные решения, новое применение функционирования того или иного технического объекта. В условиях инновационной экономики проблема подготовки инженеров с ориентацией на творческие навыки является значимой, что обуславливает внедрение в учебный процесс элементов технического творчества и форм его организации, причем таким образом, чтобы техническое творчество проходило через все звенья подготовки будущего инженера с учетом современных условий и возможностей. И в этом плане важной является задача - систематизировать, представить в единой структуре, взаимосвязи, преемственности разрозненные, отдельные виды направлений по техническому творчеству и форм его организации, охватывающие все стадии подготовки будущего инженера. Такой

подход, т. е. целостное представление всех звеньев в единой системе, в методическом плане имеет определенную новизну [11]. В научной и методической литературе подобная общая систематизация технического творчества и форм его организации отсутствует, рассматриваются лишь те или иные отдельные звенья и не всегда во взаимосвязи и взаимодействии. Значение предлагаемого целостного представления, объединяющего все основные виды работ технического творчества, заключается в координирующей, ориентирующей функции.

Основные виды деятельности технического творчества и его структуру можно представить схемой. В данной схеме, приведенной на рис. 2, обобщен опыт инженерной деятельности, а также учтены наиболее значимые моменты учебного процесса в техническом университете. Несомненно, схему можно уточнять, дополнять, корректировать в соответствии со спецификой различных отраслей, т. е. совершенствовать.

Наиболее значимые структурные звенья общей схемы, представленной на рис.2, рассмотрены более подробно на рис. 3 и 4.

Следует отметить, что содержание каждого элемента данной схемы определяется конкретной направленностью, отраслевой спецификой рассматриваемых проблем. Показательна в качестве примера в этом отношении работа [12], рассматривающая процесс проектирования, связанный со спецификой кафедры «Лазерные и оптико-электронные системы» МГТУ им. Н.Э Баумана.

Особый интерес при работе со студентами представляют формы организации технического творчества. На рис. 4 более подробно и наглядно приведены различные формы организации технического творчества. В частности, рассмотрены наиболее значимые, на взгляд авторов, три направления: учебный процесс, работы вне учебного плана

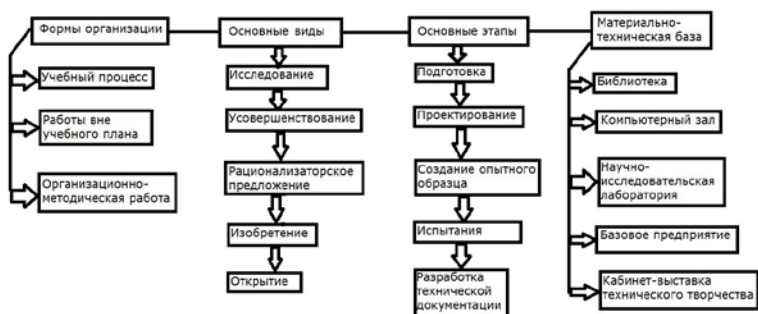


Рис. 2. Структура и формы организации технического творчества

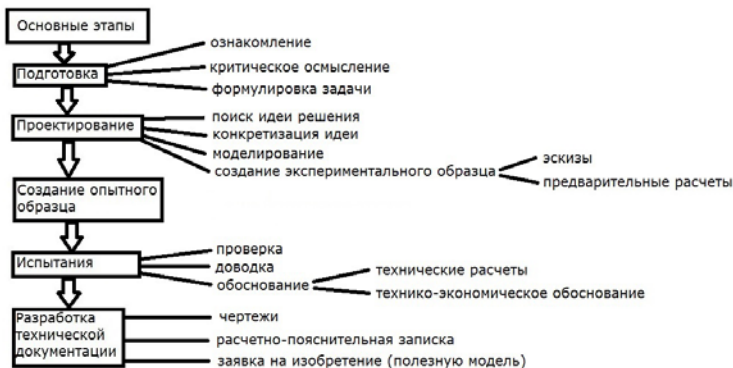


Рис.3. Основные этапы технического творчества



Рис. 4. Формы организации технического творчества

и организационно-методическая работа.

Таким образом, структура технического творчества и формы его организации отражают основные направления работы, выполняемые в техническом университете.

В приведенной структуре (рис.4) техническое творчество и его формы организации связаны между собой и представляют единую, целостную систему. Рассмотреть содержание всех составных элементов даже в общем виде в рамках одной работы не представляется возможным. Поэтому остановимся лишь на отдельных звеньях организации технического творчества (рис.4), в частности, рассмотрим некоторые аспекты методической работы по техническому творчеству.

В идеальном варианте методическая работа в техническом университете – это наличие методического фонда, как общего, в данном случае, факультетского, так и кафедрального с ориентацией на техническое творчество. В настоящее время многие преподаватели отмечают, что методических разработок, указаний, методик так много, что их и не нужно разрабатывать, их только следует собрать, систематизировать, продумать их единство, взаимосвязь и взаимодействие. Однако это достаточно сложная работа и далека до своего завершения, хотя в МГТУ им. Н.Э. Баумана имеются интересные разработки в этом направлении [13, 14]. Более того, если такую систематизацию проводить, то следует учитывать многие факторы. Например, междисциплинарный подход, который, несомненно, имеет творческий характер. Для реализации междисциплинарного подхода сначала нужно собрать обобщающий материал. Это сложная задача, как в организационном плане, так и в методическом. Более того, необходимо создание междисциплинарной методологии между различными техническими дисциплинами, разработка методических и учебных пособий, скоординированных между собой с позиций различных областей знания, с ориентацией на практическую деятельность. В этом случае

учебные пособия принимают стройную логическую систему в соответствии с творческим подходом.

Важным моментом является также то, что блок междисциплинарных знаний следует расширять не только специальными техническими дисциплинами, но и другими и, в частности, следует уделять значительное внимание экологической проблематике, которая охватывает большинство инженерных специальностей. Как известно, по своей сути экология является интегрирующей наукой. Это целостная система знаний из различных областей, которая определяется структурой самой экологии. Понимание связи базируется не только на технических, но и на природных явлениях, их определенном соотношении [15]. Экологическая безопасность чрезвычайно трудно внедряется в практику производственной деятельности. Экологическая направленность для будущего инженера в условиях новой техники и технологий приобретает особую значимость [16].

С позиций междисциплинарного подхода разрабатываются и авторские программы, спецкурсы, которые должны охватывать новые тенденции в различных областях знаний, дополнять и расширять программу той или иной дисциплины. В таком варианте их творческий характер также очевиден.

Учебный процесс с междисциплинарной направленностью стимулирует студентов самостоятельно искать недостающую информацию, то есть формирует навыки самообразования, что значительно расширяет их общий и профессиональный кругозор [17].

В раздел методической работы входят и методы активизации технического творчества. В отечественной и зарубежной практике накоплен значительный опыт в этом направлении. Методы активизации технического творчества как отечественные, так и зарубежные разработаны изобретателями-практиками на основе анализа большого практического материала и направлены на решение нестандартных задач.

Эти вопросы будут рассмотрены в следующих разделах.

1.4. Идеальная техническая система.

Идеальные решения

Принцип идеальности в технике, при конструировании технических систем имеет важное методологическое значение. В математике есть такой метод, когда математические задачи решают методом от противного. Суть метода заключается в том, что решать задачу начинают с конца. Другими словами, вначале определяют конечный результат, то есть ответ, далее, уяснив его, «прокладывают» дорогу к началу, таким образом, осуществляют решение задачи. Желательно было бы многие технические задачи решать аналогичным способом, образом. Но как же узнать ответ?

Действительно, при решении технических задач ответ неизвестен, но можно пойти дальше: представить идеал разрабатываемого устройства - идеальный конечный результат (ИКР), идеальную техническую систему. Под идеальной технической системой понимают получение полезного результата, выполнение определенных функций без каких бы то ни было затрат, или с минимальными затратами, т.е. реализация функции в чистом виде, функция выполняется, а специально созданной технической системы нет, а если и имеется, то с минимальными затратами на ее создание. На практике это часто осуществляется, например, функции данной технической системы выполняет либо другая система, либо элемент системы и т.д.

Исследования в истории развития техники показывают, что одной из важнейших закономерностей, присущих всем объектам техники в их историческом развитии, следует считать закономерность направленную на уменьшение затрат получаемого результата. Доведенная до своего логического завершения эта закономерность позволяет построить специфическую модель технического объекта — иде-

альную техническую систему.

Разумеется, в полном смысле этого слова, идеальное решение получить почти невозможно, но это эталон, к которому следует стремиться. Сама постановка вопроса стимулирует поиск резервов, что в большинстве случаев приводит к возможности существенного результата. Степень приближения полученного решения к идеальному конечному результату (ИКР) определяет качество решения, его оптимальный вариант. И развитие технической системы осуществляется как повышение степени идеальности, т.е. рост отношения суммы выполняемых системой полезных функций $\Sigma\Phi_{п}$ к сумме факторов затрат за выполнение этих функций $\Sigma\Phi_{р}$ (материальных и энергетических затрат, вредных функций и факторов, связанных с получением полезных). Далее, сравнивая реальное решение с ИКРом, определяем технические противоречия. Таким образом, ИКР – инструмент не только для оценки качества решения технических задач, но и необходимый для выявления технического противоречия.

$$И = \frac{\Sigma \Phi_{п}}{\Sigma \Phi_{р}} \rightarrow \infty$$

В настоящее время принципов повышения эффективности (идеальности) технических систем разработано значительное количество, более подробно остановимся лишь на некоторых. Следует отметить, что принципы повышения идеальности очень сложно классифицировать. Часто бывает трудно отделить их друг от друга, то есть, выделить тот или иной принцип повышения идеальности технической системы в чистом виде. Они, как правило, применяются во взаимодействии, во взаимосвязи, поэтому в приводимых примерах вся совокупность их не анализируется, а лишь уделяется внимание определяющему, на наш взгляд, принципу.

Основные принципы эффективности (идеальности):

- 1) необходимо получать полезный результат от дей-

ствия или средства без самого действия или средства («получить даром»);

2) в каждый момент времени и в каждой точке пространства технической системы должны быть только те свойства и взаимодействия, которые необходимы для получения полезного результата («ничего лишнего»);

3) необходимо максимально использовать имеющиеся свойства и взаимодействия элементов системы и ее окружения, устранить потери и отходы («из лишнего – максимальную пользу»);

4) необходимо доводить до минимума затраты времени на получение полезного результата («получить сразу, мгновенно»).

Разумеется, все четыре принципа связаны друг с другом, и деление идет чисто условно, часто элементы одного и другого наблюдаются в технических системах при их совершенствовании.

Реализация первого принципа возможна за счет использования энергетических или других ресурсов технических систем, которые являются своего рода энергетическими отходами, то есть уже не применяется и не являются значимыми для функционирования технических систем. И они выходят в окружающую среду или в среду соседних систем. Например, в зарубежной практике в ряде университетов торговые залы обогреваются теплом, выделяемым холодильниками, в которых хранятся продукты. В Японии успешно применяется использование энергии ветра для обогрева парников, а ветер там, особенно вдоль побережья, имеет постоянную направленность. Разработан способ получения кровельного материала из изношенных шин. В авторском свидетельстве (№ 1364 274) предлагается применять отходы целлюлозно-бумажной промышленности для консервирования зеленых кормов. Сегодня довольно успешно ведутся работы по использованию возобновляемых видов энергии, то есть применения альтернативных

источников энергии: солнечной, ветра, земного тепла и т.д. В условиях возрастающего дефицита на природные ресурсы актуальность такого подхода очевидна.

Повышение степени эффективности (идеальности) технической системы, как правило, вначале реализуется через использование имеющихся в самой технической системе различных ресурсов (вещества, энергии, информации, пространства и т.д.). Далее, уже за счет свертывания, развертывания системы, повышения динамичности и многих других принципов.

Пример 1. При строительстве плотин используют саморазгружающиеся баржи. У них вдоль бортов расположены большие цистерны. При разгрузке открывают кран, и вода заполняет одну из цистерн, баржа наклоняется и груз – щебень, камни – высыпается в воду. Ставшую легкой баржу возвращает в исходное положение тяжелый чугунный киль. Но вот для строительства Асуанской плотины в Египте потребовались баржи значительно большего водоизмещения. Для возвращения их в нормальное положение нужен более тяжелый киль. Значит, часть полезного водоизмещения будет потрачена на то, чтобы возить свой собственный киль! Как быть? Идет перебор вариантов по методу проб и ошибок, а теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) предлагает другой путь! Нужно представить каким был бы идеальный киль у баржи (ничего не весит, ничего не стоит, никому не мешает, не потребляет энергии, а работа выполняется)! Что вернет баржу в нормальное положение? Вода, ну, конечно, киль из воды. Просто большая емкость вместо киля. Когда баржа находится в воде, емкость полная, но вода в воде ничего не весит (закон Архимеда). А когда переворачивается, водяной киль оказывается в воздухе, вес воды работает – возвращает баржу в нормальное положение. Как ни странно, но разработчик с помощью метода проб и ошибок (МПиО) работал над этой задачей целый год. А на основе простого правила – идеальности, студенты решают эту задачу за несколько минут.

Пример 2. Месояхское месторождение природного газа, многие годы питавшее энергией Норильск и его металлургический комбинат, со временем потеряло силу: упало давление в подземных пластах. Скважины пришлось законсервировать, хотя по подсчетам специалистов в недрах осталось не меньше половины запасов газа. Оставлять в недрах такое богатство нельзя, но и откачивать газ специальными насосами невыгодно, т.к. обходится весьма дорого. Было предложено откачивать газ, вращая двигатели, которые работали бы на том же газе, но и это оказалось дорогое. Задача была решена разработчиками, сумевшими использовать для откачки газа энергию другого месторождения. Газоносные пласты Месояха подсоединили через эжекторную станцию к трубопроводу, по которому с большой скоростью идет газ Соленинского месторождения. Этот скоростной поток и служит откачивающей средой. Таким образом, удастся извлекать ежегодно сотни миллионов кубометров газа.

Пример 3. У массивной стальной шестерни привода экскаватора стерлись верхушки зубьев, всего на 1-2 мм, но шестерня диаметром в несколько метров, уже будет не пригодна к работе. Как быть? Нужно зуб немного расплющить. Действительно, нам не хватает совсем немного металла, а в самой шестерне его много. Металл – наш ресурс вещества. Просто его нужно «перегнать» из одного места в другое. Близкое к идеальному решению можно получить, если не вводить «со стороны» энергию, вещество, а использовать то, что в системе есть, но не применяется, ее ресурсы. Для этого требуется изобретательская зоркость, чтобы разглядеть нужный ресурс и найти выход.

Пример 4. Танкеры привозят нефть и перекачивают ее на нефтеперегонный завод, стоящий на берегу. Для хранения нефти заводу нужны огромные резервуары. Где взять для них место? Все свободное пространство занято заводскими строениями.

Ответ был подсказан случаем, произошедшим во вре-

мя Сталинградской битвы. В Волге затонула баржа с бензином. Поднять ее было практически невозможно из-за обстрелов. И тогда водолазы протянули к ней под водой трубу и спокойно качали топливо под носом у немцев.

И по сей день в качестве резервуара используют затопленный старый танкер. Этот процесс имеет и более усовершенствованную форму. Танкер сам перерабатывает нефть, пока везет – и не нужны хранилища.

Второй принцип ориентирует на создание технических систем, лишенных избыточности. В соответствии с ним происходит разрешение технических противоречий в пространстве и времени. Реализация этого принципа достигается за счет специализации частей системы в пространстве и времени, что приводит к возрастанию числа и неоднородности элементов технической системы и взаимодействий между ними. Например, крыло современного сверхзвукового истребителя состоит из керамических, титановых, дюралевых и углепластиковых деталей, каждая из которых меняется, повышается степень динамичности, которая может быть разного уровня.

Повышение динамичности в технике определяется как увеличение способности технической системы к целенаправленным изменениям, обеспечивающим улучшение приспособления системы к меняющейся среде (адаптации), к условиям функционирования. То есть повышение эффективности (идеальности) в технике может идти также и за счет повышения динамичности и за счет управляемости технических систем.

Реализация второго принципа эффективности (идеальности) требует также согласования временных и пространственных ритмов отдельных частей системы. В развитии технических систем согласование заключается в приведении основных параметров системы в соответствие друг с другом, чтобы функционирование системы было оптимальным. Согласованию и рассогласованию подлежит

все: ритмика, формы, размеры, материалы и т.д.

Пример 1. В цехе для сборки электронных схем необходимо хорошее освещение. В нем установлены лампы дневного света. Они экономичны, дают достаточно света, но мерцают с частотой 50 Гц и поэтому глаза у рабочих устают, снижается зрение. Высокочастотное световое излучение не оказывает влияние на глаза, но изменить частоту тока в сети нельзя. Решение проблемы. Как правило, в светильнике имеется несколько ламп (две и более) и их светимость при помощи несложной схемы в светильнике можно заставить колебаться в противофазе. Чем больше ламп в осветительном приборе, тем равномернее будет освещение.

Пример 2. Мост может разрушиться из-за идущих в ногу солдат.

Пример 3. Известен и другой случай – разрушение одного из первых чугунных мостов. Когда стали расследовать причины катастрофы, обнаружили, что у многих заклепок почти полностью срезаны головки. Оказалось, что во время строительства моста при ударе по заклепкам чугунные конструкции иногда трескались. Проблему решили просто: подложили под головки заклепок медные шайбы, как подушку. Чугун больше не трескался. Но во влажном воздухе медь и сталь заклепки образовали электрохимическую пару. И сталь постепенно стала разрушаться. Теперь каждый конструктор знает о такой опасности и тщательно подбирает материалы, которым предстоит «работать» рядом. Не только ритмика, но и материалы должны быть согласованы. Но если материалы не согласованы – это не всегда плохо, так как ту же электрохимическую коррозию можно превратить и в защитника.

Пример 4. В корпусе корабля закрепляют кусок цинкала – сплав цинка и алюминия. Он образует со сталью электрохимическую пару, в которой сам разрушается. И пока он не разрушится полностью, а на это нужны годы, сталь не ржавеет. Цинкаль становится защитником стали.

Пример 5. Почему всегда стараются сделать обтекаемой форму корабля, самолета? Это согласование формы. Его цель – достижение минимального сопротивления движению. Но когда исчерпаны все резервы согласования, наступает очередь рассогласования. На носу современного судна можно увидеть странное утолщение, его называют «бульб». На первый взгляд, «бульб» вреден – он создает дополнительное сопротивление. Но оказывается, что размеры бульба рассчитаны так, что создаваемые им волны взаимодействуют с волнами от корпуса корабля, ослабляя друг друга. И в результате суммарное сопротивление корабля оказывается меньше, а скорость выше.

Первоначально процесс согласования идет с помощью специально вводимых согласующих элементов: коробка скоростей в автомобиле, шлюзы в каналах и т.д. Но закон повышения идеальности требует, чтобы согласование происходило само – и функции эти берут на себя другие элементы системы, а согласующие исчезают или начинают выполнять дополнительные полезные функции. На более высоком уровне развития систем появляется самосогласование. Например, станок, сам выбирающий наилучший режим своей работы, самозатачивающиеся в процессе работы лезвия. Системы становятся изменяемыми, они приспособляются к работе с постоянно меняющимися условиями.

Сегодня есть самолеты с полностью гибкими крыльями, принимающие нужную форму в данный момент. При конструировании самолета возникают противоречия: если самолет обладает высокой устойчивостью, то есть хорошо сохраняет свое положение в пространстве, он безопасен, но не маневрируем, это хорошо для учебного самолета, но плохо для истребителя. А чем скорость выше, тем устойчивее он в движении. А если устойчивость низкая, маневренность высокая, то малейшая ошибка в пилотировании или при посадке может привести к катастрофе. Устойчивость тем выше, чем дальше расположе-

ны две точки в самолете - точка приложения сил и центр тяжести. Но сейчас есть самолеты, у которых устойчивости в обычном понимании вообще нет – предоставленный самому себе такой самолет моментально потеряет курс. Но автопилот все время чуть-чуть шевелит рули управления, возвращая самолет на прежний курс. Это тоже динамическая устойчивость.

Итак, стремление к идеалу — общая тенденция развития технических систем, причем это многогранный процесс и охватывает все стороны совершенствования технической системы, и даже ее габариты, вес, компактность, например, ламповый телевизор, приемник. Их полезные функции значительно увеличиваются и работают они на микросхеме. Турбогенератор раньше при мощности в 100 тысяч киловатт был значительно тяжелей, чем сегодня и энергии вырабатывал меньше. Подобных примеров можно привести множество.

Рассмотренные выше варианты повышения степени идеальности технической системы, свидетельствуют о том, что вначале, как правило, они реализуется через использование имеющихся в самой технической системе различных ресурсов (вещества, энергии, информации, пространства и т.д.), далее, за счет свертывания, развертывания системы, повышения динамичности и многих других принципов.

Третий принцип эффективности (идеальности) ориентирует на максимальное использование всех резервов системы. Он применяется наиболее часто, поскольку совершенно не избыточных систем не бывает. Третий принцип тесно связан с первым, который можно рассматривать как применение третьего на уровне надсистемы. Основные формы реализации этого принципа эффективности (идеальности) таковы:

а) использовать неполезные выходы подсистем и элементов (отходы);

б) использовать скрытые (побочные) свойства частей технической системы, в том числе довести степень загрузки-

ки частей системы до максимума;

в) вместо введения в систему новых элементов использовать видоизменения имеющихся элементов или внешней среды за счет введения добавок, воздействия полями, изменения формы и т. п.;

г) максимально использовать пространство за счет увеличения числа измерений (в частности, осуществить переход «точка – линия - поверхность-объем) и обратную сторону поверхности в объектах;

д) максимально использовать время за счет повышения непрерывности процессов, холостых и промежуточных ходов и пауз;

е) снижать потери энергии, в частности, за счет уменьшения числа преобразований энергии в системе.

В целом реализация третьего принципа идеальности ведет к повышению универсальности элементов системы. Например, авторское свидетельство № 1364508 , где в качестве маховика, установленного на валу электродвигателя, который получает питание от аккумуляторной батареи, используются сами аккумуляторы.

Четвертый принцип эффективности (идеальности) достаточно сложно классифицировать, трудно отделить от других, то есть, выделить в чистом виде. Как отмечалось выше, принципы идеальности применяются во взаимодействии, во взаимосвязи, поэтому в приводимых примерах вся совокупность их не анализируется. Основной путь реализации четвертого принципа - интенсификация процессов, то есть сокращение числа операций и совмещение их в пространстве и во времени. Если совмещение в пространстве невозможно, то оно осуществляется во времени, что равносильно переходу от последовательных операций к параллельным операциям, то есть от циклических процессов к непрерывным.

Широкое применение при реализации данного принципа находят процессы развертывания и одновременно

свертывание. Процесс развертывания системы заключается в ее усложнении, но при опережающем росте суммы полезных функций относительно факторов расплаты. В результате реальные системы имеют многоуровневое иерархическое строение. В технике человек усложняет системы сознательно, рассчитывая, что объединение ранее независимых элементов в систему позволит получить новые (системные) свойства, которыми не обладал ни один из исходных элементов в отдельности. На основе принципов синергетики показано, что в природе такое усложнение происходит самопроизвольно за счет взаимодействия элементов при прохождении через нелинейные системы энергетических или вещественных потоков.

Практически одновременно с развертыванием начинается свертывание, поначалу частичное: само объединение элементов в систему, как правило, ведет к некоторому упрощению, унификации этих элементов. Но с определенного момента свертывание приобретает преимущественный характер за счет новых подходов, идей. Так в технике появление микро-технологий позволило свернуть в одном кристалле сложнейшие электронные схемы, включающие миллионы элементов.

Итак, применение принципов эффективности (идеальности), стремление максимизировать эффект, получить пользу от любых условий функционирования системы – это необходимый фактор в инженерной деятельности. И даже сама направленность, формулировка ИКР имеет важное методологическое значение и требует определенного творческого подхода, который направлен на реальное устранение нежелательных эффектов при сохранении положительных требований. Сравнивая на любой стадии развития технической системы реальное решение с ИКРом, определяем техническое противоречие. Более подробно техническое противоречие и способы его разрешения будут рассмотрены в других разделах данной работы. Таким образом, ИКР – инструмент, необходимый для выявления про-

творчества и для оценки качества решения технических задач.

Глава 2.

КРЕАТИВНЫЕ ГРУППЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ТВОРЧЕСКИХ НАВЫКОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ

2.1. Анализ форм организации и работы креативных групп на промышленных предприятиях Франции

Современное производство в условиях инновационной экономики требует регулярного, каждодневного и эффективного процесса технического творчества, решения нестандартных технических задач. Индивидуальная инженерная деятельность имеет свои закономерности. Инженер, даже очень талантливый, не может регулярно, постоянно генерировать новые технические идеи, сегодня нет условий для работы одиночек-творцов, некогда ждать, когда изобретателя посетит вдохновение, не могут это и большие коллективы, так как здесь требуется определенное время на организацию, согласование, разработку и т.д. И эту проблему успешно решают творческие группы, или, как их называют в зарубежной практике, креативные группы, и они здесь получили широкое применение. В настоящее время креативные группы работают не только в промышленности, но и в других сферах. То есть креативность становится обычным явлением в зарубежной деятельности. Креативность – это слово происходит от буквального перевода с английского языка глагола «to create» и обозначает – творить, создавать, а слово «creation» - творчество.

Креативные группы впервые возникли во Франции в 70-х годах на промышленных предприятиях. В их задачу входило решение тех или иных проблем, которые возникали в процессе функционирования данного предприятия. Сегодня существует множество методик по подбору, орга-

низации и работы креативных групп.

Методические приемы, принципы организации креативных групп впервые были разработаны Ги Азнаром [18], который был генеральным директором СИНАПСа, одного из первого французского общества креативности, задачей которого было развитие и организация креативности на предприятиях Франции. Креативное общество СИНАПС осуществило около двух тысяч сеансов креативности, на основе анализа которых, были эмпирически выведены определенные закономерности, методические приемы как индивидуального, так и коллективного инженерного творчества, а также формы организации креативных групп. В дальнейшем это направление было дополнено работами, разработками специалистов других сфер деятельности. Появилось множество методик работы и организации креативных групп, существенно расширилась их специализация применительно к конкретным задачам, условиям работы.

Несмотря на многообразие различных форм организации и работы креативных групп (в плане специализации, составу участников, результатам, целям и т.д.) всем им присущи определенные общие базовые методические принципы, изложенные в работе Ги Азнара. И в этом плане следует придерживаться и анализировать работу, принципы креативных групп основоположника этого направления, то есть Ги Азнара.

Ограничения в плане объема работы не позволяют подробно, всесторонне проанализировать работу креативных групп. В нашу задачу входит лишь обзор наиболее общих моментов организации и работы креативных групп [19].

Следует подчеркнуть эмпирическую направленность методических приемов работы креативных групп. Но критерием целесообразности, истинности тех или иных практических приемов поиска новых идей и решений является их результативность, достижение поставленной цели, получение оптимального варианта решения конкретных за-

дач в короткие сроки.

Креативные группы не устраняют индивидуальное творчество, а наоборот, происходит усиление интеллектуальных возможностей каждого участника, здесь как бы соединяются, синтезируются индивидуальные особенности в единый процесс, в результате чего царит особое интеллектуальное напряжение. Привлекательность креативных групп заключается также и в том, что здесь может продуцировать идеи решения технических задач каждый участник, а не только с какими-то особыми талантами, способностями.

Центральная идея Ги Азнара заключается в том, что при поиске инженерных идей и решений новая идея возникает на основе взаимодействия различных знаний, на стыке информации из различных областей. На основе нескольких тысяч экспериментов работы креативных групп Ги Азнар сделал вывод, что творческие процедуры связаны с генерацией, переработкой, взаимодействием различных знаний. «Думать можно только о том, что знаешь», чем шире круг интересов и разнообразней по составу группа, тем продуктивней она будет работать. Поэтому подбор группы осуществляется из представителей различных сфер деятельности. Более того, каждый участник должен быть многогранным, обладать широкой эрудицией, кругозором. Принцип различия пронизывает и все другие элементы системы подбора группы. Разнообразие образования, интересов должны сочетаться в группе с разнообразием темпераментов, половых различий, возрастных, статуса и т.д. Следует добавить, что набор группы необходимо осуществлять, исходя из понимания группы как целого, органического единства, а не простой суммы качеств ее отдельных членов. Поэтому, исходя из этой структуры, важным является вопрос о том, может ли в нее входить тот или иной индивид, то есть оценивать его не только по личным качествам, уровню, профессионализму, интеллекту и т.д., но и

по тому, сможет ли он успешно функционировать именно в данной группе. Другими словами, группа должна представлять не механический набор солистов, пусть даже и талантливых, а гармоничный, «спаянный» коллектив, где возникает определенная атмосфера творчества, так называемое «силовое поле», результирующая сила, действующая на всех членов группы, приводя к единству мотивации, желания, возможности и другие характеристики участников. Это приводит динамическую систему к равновесию, что не допускает распада группы. Естественно, встает вопрос, как это различие привести к единству в плане дальнейшей работы, и здесь большое значение имеет процесс обучения работать слажено, группу нужно учить работать, причем определенное время. Это является недостатком данного принципа организации, но эффективность очень высокая, поэтому перекрывает все временные затраты на обучение.

В процессе формирования группы Ги Азнар исходит также из системы известного американского психолога Хэмпфила. Согласно его теории, в самом начале при подборе группы нужно устранить возможность ложных мотиваций. Это значит, что креативная группа должна четко знать и понять, что от нее ждут. Как показывает опыт, процесс творчества интересует всех, но мотивы могут быть различны. Одни хотят участвовать из любопытства, другие – для обогащения знания, развития своей личности, третьи хотят присутствовать, находится в творческом, интересном коллективе, для самоутверждения и т.д. Но все это не входит в задачу группы. Она формируется исключительно только для того, чтобы осуществлять поиски новых решений и обязательно достичь успеха. Участники со слабой мотивацией при определенном напряжении, трудностях растормаживаются, а это значительно снижает эффект работы группы (см. рис.5).

1-я кривая графика характеризует работу наиболее

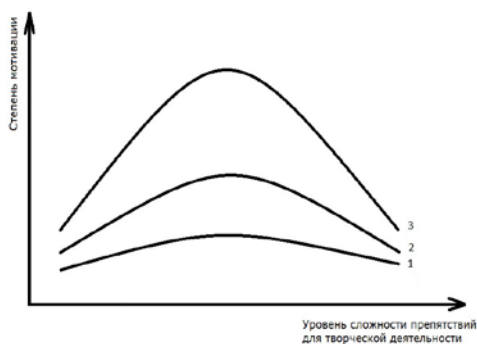


Рис.5. Значение мотивации.

творческих индивидов. Но, дело в том, что творческие личности, как правило, очень чувствительны к условиям, к обстановке. Это создает определенную заторможенность, скованность, что не способствует процессу генерации идей, выдвижению смелых проектов. 2-я кривая выражает деятельность индивида, который способен к преодолению определенной совокупности препятствий, различных тормозящих факторов для креативности. 3-я кривая характеризует сильную мотивацию к творчеству, индивидуальную энергию, инициативу. Эта кривая наиболее важная из трех кривых. Индивид, который теоретически обладает большими творческими способностями, но имея слабую мотивацию, будучи помещен в сковывающие условия, ничего не создаст. И, наоборот, индивид, имеющий сильную мотивацию и помещенный в такие же условия, устойчив к препятствиям и дает высокие показатели воображения, создания, инициативы. Поэтому при наборе группы следует учитывать данные особенности и ориентироваться на индивидов с наибольшей мотивацией к творчеству.

Важным критерием является количество участников группы. Группа с числом партнеров свыше 10 имеет тенденцию к разделению на подгруппы, возникает соблазн отвлекаться от решения проблем, присутствовать, но не работать. В ходе многочисленных экспериментов наибольшего результата достигает группа из 5-6 человек. Здесь имеет значение фактор участия. В работе группы все должны «присутствовать», несмотря на возможное молчание, то есть все должны думать над поиском идеи. Если кто-то из

членов группы не участвует, задумался о своих проблемах и т.д. это влияет, в первую очередь, на психологический климат, что снижает энтузиазм группы в целом. Итак, оптимальный численный вариант, то есть 5-6 человек, усиливает слитность группы, дает возможность высказаться каждому, что очень важно для продуктивной работы. Более того численные ограничения связаны с определенными свойствами мышления человека, его памяти, способности восприятия, переработки одновременной информации и т.д.

Следующей характеристикой группы является ее гетерогенность. Как отмечалось выше, креативные группы должны включать людей, различающихся образованием, профессиональной деятельностью, интересами и т.д. Чем разнообразней группа, тем она будет более работоспособной и имеет больше шансов найти нестандартное, оригинальное решение проблемы. Профессиональное разнообразие желательно дополнить разнообразием и в области интересов, темпераментов. Многие считают. Что если подобрать в группе людей сходных по характеру, то можно избежать конфликтов. В действительности же наблюдается, что в группе лучше сочетаются интроверты и экстраверты, аналитические умы и умы синтезирующего склада. Пределом разнообразия может быть время формирования группы, которое необходимо, чтобы группа объединилась и нашла общий язык, участники поняли друг друга. В группе должны работать мужчины и женщины, во всяком случае, хотя бы одна женщина, это обусловлено тем, что она обладает иными полями ассоциаций и выполняет в группе некую символическую функцию, необходимую для эмоционального напряжения в группе. В плане возраста четких рекомендаций нет.

В процессе формирования креативной группы следует обратить внимание на такое явление, которое отражается понятием стратификация, то есть статусное различие. Это характеризует состав группы с позиций «иерархической

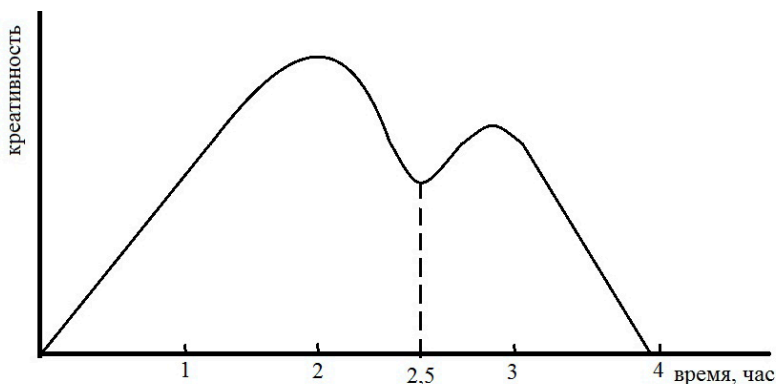


Рис.6. Время работы.

лестницы». Статусное разнообразие группы положительно влияет на решение проблем, но, с другой стороны, возникает соблазн выяснения отношений – начальник беспокоится за свой авторитет, молодой сотрудник заботится о том, какое впечатление он производит, соперничающие коллеги и т.д. Все это отрицательно влияет на психологический климат работы группы. Короче говоря, различия в статусе желательны, но они не должны мешать работе. После сеанса креативности каждый участник возвращается к своим обычным функциям, обязанностям на предприятии, и группа как таковая больше не существует до следующего сеанса.

Любая креативная группа должна иметь определенный ритм работы. Как показывают экспериментальные данные, наиболее интересные идеи высказываются через два часа после начала работы, затем их количество уменьшается, наступает усталость, создается впечатление, что все уже сказано, но через некоторое время происходит некоторый подъем творчества, далее идет спад. Такой ритм работы можно изобразить графически (см. рис. 6).

График показывает работу одного сеанса креативной группы, что касается периодичности сеансов, то, как показывает практика, продуктивно группа может работать лишь три часа в неделю. В конце занятия возникает ощущение

ние истощенности решений по данной проблеме, но когда на следующем сеансе креативности группе предлагают вернуться к прошлой теме, возникают опять совершенно новые идеи, и старые принимают более продуманную форму, на следующем сеансе то же самое, то есть как снежный ком. Группа приходит к убеждению о наличии значительного резерва творчества, вырастают крылья, но этим процессом руководитель должен управлять. Группа может работать наиболее эффективно два года, далее идут повторы, топтание на месте.

Следующий критерий, характеризующий группу – проницаемость, то есть из группы нельзя убрать ни одного человека, или добавить, так как каждый в группе выполняет определенную функцию, использует те или иные технические приемы. Отсутствие хотя бы одного члена группы делает группу не работоспособной, так как это приводит к необходимости изменить положение каждого по отношению к другим, вся система группы меняется в результате этого, нарушается своего рода единство целого и части, а это заставит руководителя обучать группу заново. Замкнутость группы имеет и свои недостатки, не всегда имеется возможность участвовать в работе длительное время всем одновременно, а срыв сеанса креативности дорого обходится предприятию. В этом плане на предприятиях имеется несколько креативных групп, которые в определенной степени смягчают данную ситуацию.

Креативная группа не выбирает предмет исследования (в отличие от группы решений), она лишь занимается поиском решения определенной проблемы, ее работа связана с потребностями предприятия, именно оно делает заключение об ее эффективности. Группа даже не может выбирать и навязывать то или иное решение, она лишь выдвигает некоторое количество идей. Наиболее эффективные из них выбирает уже другая группа.

Большое значение имеет и такая характеристика группы

как гибкость. Креативную группу следует обучить «забыть» жесткие, формализованные, правила обыденного подхода, четко выраженные логические структуры, привычные рассуждения. Изобретательский дух неотделим от дерзости и часто выходит за рамки данной системы логики. Творческое мышление не может быть ограничено логической строгостью, иначе исследователь оказывается в тупике, в ситуации змеи, кусающей свой хвост, он вольно или невольно стремится к выходу из данных логических форм, а значит, переходит к новым методам, возникают нестандартные решения. В системе Ги Азнара имеется целая серия методических приемов для чередования противоположных форм деятельности – логики и креативности, которые в тоже время взаимно дополняют друг друга, тесно связаны между собой, проникают друг в друга. Он подчеркивает, что нельзя эти два подхода использовать одновременно, а именно так и бывает чаще всего. В этом случае они блокируют, мешают друг другу, так как противоположны и предполагают совершенно различные методические приемы. Только осознание чередования фаз позволяет выявить подлинное значение каждой из них. Следует учитывать и методические трудности, которые присутствуют на любой из этих стадий. Это и сила «инерции», то есть привычный способ решения проблемы, хорошие знания в своей области тоже иногда препятствуют новому взгляду на задачу, и очень болезненно воспринимается пересмотр какой-либо устоявшейся концепции. Не следует также торопиться и с принятием решения, так как если инженер выбрал какой-либо вариант, то автоматически, психологически отменяется возможность рассмотрения других равных вариантов решений или даже лучших. Тормозящим фактором являются и «препятствия культуры». Они включают: социальное давление, направленное на адаптацию, а не изменения, подчинение индивида определенным принципам, стиль поведения в обществе, дух предприятия, коллек-

тива, давление, иерархию и множество других моментов, которые представляют определенную «культуру», блокирующую личную инициативу и творчество. В креативной группе в этом направлении создается, разумеется, на время работы определенная атмосфера, снимающая данные препятствия.

Особое значение придается критериям, которые характеризуют психологический климат креативной группы. Коллектив следует ориентировать на определенную форму общения между собой, обращая внимание на следующие моменты: быть самим собой перед другими, не позировать, не бояться ошибиться, показаться смешным, высказывать смелые идеи, быть внимательным, уметь слушать другого, слышать его, реагировать, исключить речевые фразы, обороты, высказывания, которые разрушают общение. Этому обязательно нужно учить. Правила, на первый взгляд, вроде простые, но, тем не менее, как показывает практика, они трудно внедряются. В группе каждый участник должен понимать друг друга даже тогда, когда та или иная идея только зарождается, схватывать ее, развивать дальше. Нельзя разрабатывать какие-либо проблемы на фоне пассивных зрителей. И в этом плане не должно быть чувства собственности на свои идеи. «Украсть идею» - это одно из правил, которое должно быть в процессе генерирования решений проблемы, ведь идея подготовлена всей группой, определенной атмосферой уверенности, что решение обязательно будет найдено. И, действительно, как показывает история развития техники, решение тех или иных конкретных задач обязательно всегда находится, оно существует объективно. В группе нет того беспокойного состояния, которое бывает у «творца-одиночки» в результате творческого напряжения. Роль группы и заключается в том, чтобы заменить это состояние беспокойства абсолютной верой в успех. Эта уверенность приходит быстро, так как в процессе работы возникает много рациональных идей. Это придает группе

дух победителя. Это очень важная характеристика. Отсутствие веры в успех или плохо подобранная группа значительно тормозят процесс творчества. Поэтому этот момент следует периодически контролировать и корректировать. Хорошо подобранная группа регулярно производит новое. Некоторые предприятия привыкают, что креативные группы могут решать любые проблемы, часто злоупотребляют этим, обращаются к группе за решением тех задач, которые выходят за рамки ее компетенции. Это недопустимо и неблагоприятно сказывается на работе группы.

Очень часто возникает вопрос, стимулирует ли работу группы сравнение с другой группой, то есть соревновательный момент. Как показывает практика, дух соревнования дает незначительный положительный эффект в течение короткого периода, и то если это приобретает характер игры, обычно любые сравнения тормозят работу, создают нетерпимый психологический климат.

Рассмотрим роль руководителя группы, его функции, какое должно быть руководство (авторитарное или демократическое) и на каких стадиях работы. Характеристики руководителя связаны с понятиями времени и рентабельности. Это значит, в течение какого периода группа должна дать высокие результаты – через три недели или через три месяца. Чтобы измерить отдачу от группы, американские психологи на заводе провели эксперимент, в ходе которого выяснилось, что группы с авторитарным лидером быстрее всех достигают наилучших результатов. Группы с не директивным руководством (предоставление свободы, самостоятельности) имеют самые слабые результаты, особенно вначале, зато по истечению некоторого времени они догоняют и обгоняют «авторитарные» группы. Возникает противоречие между требованиями предприятий скорейших результатов и стремлением предоставить группам возможность достичь стадии самоуправления. Это противоречие

может быть сглажено в определенной степени следующим образом. В первый период формирования и тренировки креативной группы руководитель должен быть директивным, но только исключительно на уровне технических приемов, где отрабатываются творческие моменты, но в данном случае речь идет о компетентном, опытном лидере, во всех других аспектах работы группы он является авторитарным. Например, группа быстро усваивает, какой технический прием лучше подходит в данной ситуации, но как только группа выбрала технический прием, руководитель должен действовать авторитарным образом, чтобы заставить соблюдать правила работы. В качестве технического приема, как правило, применяют методы активизации поиска инженерных идей и решений. Некоторые из них будут рассмотрены в следующих разделах данной работы. Далее, руководитель должен подготовить свой переход с авторитарного подхода к тому, чтобы группа могла обходиться без руководителя, но это только в том случае, если работа группы в целом рассчитана на длительный период. Но даже и тогда, когда группа достигла своей зрелости, руководитель не должен отсутствовать, а работать в группе как все остальные члены, и снова вернуться к своим обязанностям он может либо по просьбе группы, либо чтобы организовать обучение новому техническому приему, либо устранить возникшие препятствия в работе группы.

Определенным недостатком данной методики организации и работы креативной группы является то, что процесс обучения работы в креативной группе для руководителя и организатора требует определенных навыков, далее, требуется и определенное время обучения, примерно около двух месяцев, несколько сложен подбор участников. Но результативность работы креативной группы оправдывает все дополнительные издержки. Данная группа имеет возможность работать на всех уровнях решения проблемы –

начиная с теоретического и до практического. Имеют более продолжительный период работы. Это примерно около трех лет. Далее, обычно группа не может продуктивно работать в данном составе более двух-трех лет.

Итак, основной целью, задачей выше приведенного анализа форм организации, работы зарубежных креативных групп является использование рациональных моментов, разработка рекомендаций на основе этого материала, и их применение в работе со студентами для формирования практических навыков инженерной деятельности. Это позволит готовить инженеров, способных с университетской скамьи сразу же включаться в процесс разработки современной техники. Разумеется, полностью все позиции зарубежного опыта использовать в работе со студентами затруднительно, поэтому необходимо провести определенную корректировку и доработку с учетом конкретных задач, целей и даже профиля той или иной кафедры. Далее, отдельные положения работы креативных групп эффективны при организации дискуссий, диспутов, деловых игр и т.д.

2.2. Организация и работа студенческих креативных групп с учетом профиля кафедры «Экология и промышленная безопасность»

Эффективность студенческих креативных групп трудно переоценить. Кроме своего основного назначения - формирования практических навыков инженерной деятельности, они направлены и на творческий подход в решении технических задач. Применение креативных групп определяется конкретными требованиями, где должны учитываться специфика той или иной дисциплины, курс, аудитория, особенности самих студентов и многие другие факторы.

Как уже отмечалось выше, в качестве основы формирования студенческих креативных групп берутся методи-

ки, разработанные в зарубежной практике, в частности методика Ги Азнара, но с определенной переработкой применительно к студенческой аудитории, целям и задачам.

Существует множество различий между креативными группами, работающими на производстве, и студенческими [20]. Не перечисляя их, выделим лишь основные. Различны цели и задачи как производственных, так и студенческих креативных групп. Например, в креативных группах, работающих на производстве, результат поиска решения проблемы является **обязательным**, то в студенческих - осуществляется лишь процесс обучения практическим инженерным навыкам, творческому подходу в решении технических задач. Различен также состав, возраст, качество и количество знаний участников, их практические навыки и т.д. Все эти моменты следует учитывать и существенно корректировать методики зарубежных практик.

Набор участников креативной группы можно осуществлять по методикам, которые разработал Ги Азнар, но в студенческой среде не все их моменты приемлемы, учитывая, что это учебный процесс, то можно включать всех желающих. Творчество интересует всех, «заразить» можно каждого, но мотивы различны. И на третьем, четвертом занятии происходит отсев, «творческого напряжения» выдерживает не каждый, остается «творческое меньшинство». Но и здесь следует провести анонимное анкетирование, где главным вопросом должно быть положение: «кто с кем бы хотел работать». В отобранной группе, у данных студентов, как правило, наблюдается потребность в новом. Но встречаются студенты, хотя и редко, у которых наблюдается определенное отсутствие прямых меркантильных интересов в исследовательской инновационной деятельности, их интересует сам процесс творчества. И, тем не менее, не смотря на некоторые различия в определении мотивации, интересов стимулирующих ее, у всех участников груп-

пы сама мотивация должна быть достаточно высокой. Действительно, главную роль в творческой активности играют мотивы, ценности, личностные черты. Но следует отметить, что высокая мотивация, которая иногда выражается в стремлении найти решение быстро, немедленно достичь результата, часто способствует принятию неадекватных, ложных, спекулятивных, некачественных решений, в практике этот момент следует учитывать.

Важнейшим принципом успешной работы креативных групп, считает Ги Азнар, это организация «комфортного психологического климата». Принципы создания «психологического климата» в студенческих креативных группах резко отличаются от методик Ги Азнара. Здесь возникают свои трудности. Группу нужно, в первую очередь, научить общаться в плане решаемой проблемы, каждый должен научиться слушать и слышать другого, на этой стадии работы недопустима критика, неконструктивные споры, здесь нужно научить высказывать смелые идеи, не бояться ошибиться, подхватывать и развивать высказывания других участников, то есть создавать общее поле деятельности. Далее, если Ги Азнар категорически против соревновательного момента в креативной группе, то в студенческой, особенно при помощи деловых игр, а также других форм активизации творческого процесса, получается результативно и интересно [21]. Кстати, игру как метод обучения широко использовали еще в древности. Сохранились даже определенные сведения об этих играх. Современные игровые технологии весьма разнообразны. В настоящее время их зарегистрировано около двухсот.

Следует обратить внимание на рекомендацию Ги Азнара относительно критики. К студентам это в большей степени применимо. То есть руководитель не должен критиковать студентов, читать «нотации». Это разрушает творческую атмосферу. Шутки, художественные приемы,

эксцентричные притчи, афоризмы, которые по- своему парадоксальны, и другие словесные жанры способствуют творчеству. Они, как бы стирают грань между истинным и ложным, переносном и буквальным смыслами. На первый взгляд кажутся путанными и запутанными, а на проверку оказываются точным, словесным выражением ситуации. И у каждого преподавателя имеется свой арсенал этих приемов. Например, многие студенты не всегда могут увидеть целостность того или иного явления или объекта. И вместо того, чтобы критиковать их в этом плане и говорить «а разве это не очевидно, а это почему ты не заметил» и т.д. лучше рассказать следующую древнеиндийскую притчу.

Раджа взял к себе в слуги двух мальчиков. Через некоторое время один из них обращается к Радже с вопросом. Почему они выполняют одинаковую работу, но он получает в два раза меньше своего товарища. Раджа подвел его к окну и говорит: «Видишь мост, по нему идет группа людей, пойди и узнай, куда они идут». Мальчик прибежал и отвечает: «Господин, они идут в город». Далее Раджа вновь посылает мальчика узнать, зачем они идут в город. Мальчик прибежал и говорит: «Господин, они идут на свадьбу». Пойди и узнай, когда будет свадьба, говорит Раджа. Мальчик сбегал и узнал, что свадьба будет завтра. Иди, и узнай, кто жених, продолжает Раджа. Мальчик догнал группу и узнал, кто жених. А теперь узнай, на ком он жениться. Мальчик прибежал, запыхавшись, так как еле догнал группу, узнал на ком он жениться. Потом Раджа пригласил в зал другого мальчика, подвел его к окну и попросил сбегать и узнать, куда идет группа людей, уже другая, по мосту. Мальчик сбегал и узнал, что они идут в город. Далее, Раджа попросил его сбегать и узнать, зачем они идут. Мальчик ответил: «А я уже знаю, они идут на базар». И так он отвечал на все последующие вопросы. После этого Раджа сказал мальчику, который был недоволен платой: «Вот видишь, ты бегал

пять раз, чтобы все узнать, а он сбегал только один раз».

Итак, старая истина: все охотно воспринимают Правду в косвенной форме, в виде притч, афоризмов, парадоксов.

Ги Азнар большое значение придает организации творческой атмосферы в группе, используя при этом метод «свободных ассоциаций», что позволяет продуктивно осуществлять процесс «скрещивания информации, лежащих в разных логических полях». Поэтому, считает Ги Азнар, креативная группа должна быть подобрана из представителей различных сфер деятельности. Новая идея часто возникает на стыке различного знания. Творческие процедуры связаны с генерацией, переработкой знаний, «думать можно только о том, что знаешь». Чем шире круг интересов и разнообразней по составу группа, тем продуктивней она будет работать. Принципы различия пронизывают и все другие системы подбора группы. Но это различие должно сочетаться с единством, группа понимается как целое органическое единство, а не как механический набор солистов, пусть даже и талантливых. Совместимость и набор группы осуществляется очень тщательно.

Применительно к студенческой креативной группе имеются определенные ограничения в плане различия участников, но, тем не менее, насколько позволяют условия, этот принцип должен быть реализован. Это может выражаться как различие темпераментов, интересов и т.д.

Далее, следует учитывать и менталитет наших студентов. Они не очень-то воспринимают зарубежные методики, в частности, психологической направленности, лучше использовать рациональный подход, а значит, и соответствующие формы и методы активизации творческой деятельности. И они разработаны в отечественной практике, отражают принципы развития технических систем, процесс их совершенствования, модернизации и т.д. Студентам это гораздо ближе и понятней, чем например «метод сво-

бодных ассоциаций» и другие психологические установки, применяемые в зарубежных креативных группах. Конечно, лучший вариант – определенное сочетание и тех и других методов, то есть отечественных и зарубежных. Методики как зарубежные, так и отечественные, наиболее значимые и простые в плане практического применения будут рассмотрены в следующих разделах.

Далее, в студенческой группе ограничен принцип разнородности в плане опыта работы, квалификации и др. Но и цель-то здесь совсем другая - научить студента инженерным навыкам и творческому подходу в решении технических задач, а говорить о конечном продукте творческой деятельности, который можно внедрить в производство еще рано. Хотя современный студент достаточно эрудирован, но, тем не менее, он недостаточно подготовлен к самостоятельному и творческому использованию данных знаний при решении технических проблем. Дело в том, что часто знания усвоены на уровне потребности сдачи экзамена, а не на уровне самостоятельного и творческого использования при решении технических проблем. Не секрет, что часто даже при хороших знаниях выпускник по окончании университета нередко чувствует, что знания лежат в его сознании как бы «мертвым грузом». Он не может оперировать, управлять ими, соединить их с задачами конкретной практической деятельности. Студент не всегда понимает значение тех или иных дисциплин в его будущей специальности, иногда сам определяет, что ему нужно знать, а что не нужно, а это часто бывает ошибочным. При таком подходе фонд знаний будущего специалиста формируется стихийно. В ходе работы в креативной группе у студента выстраивается определенная градация значимости знаний, формируется тип профессионального мышления, способность оперировать знаниями и возможность успешного их использования в практической деятельности. Системность знания, которая осуществляется

в креативной группе, дает определенный синергетический эффект, что необходимо для творческого процесса. Творческий подход к решению тех или иных даже учебных технических задач, как правило, характеризуется целостным видением, выявлением комплекса проблем и способов их решения, здесь необходимы варианты комбинаций, гибкости, сочетания научных и конкретно-практических моментов в процессе поиска оптимальных решений.

Встает следующий очень важный вопрос, как управлять в креативной группе знаниями, информацией, осуществлять их синтез, направлять на решение конкретных проблем? И это довольно сложная задача. В зарубежной практике, как отмечалось выше, это осуществляется на основе различных методик, как правило, психологического и организационного плана. В студенческой креативной группе, как показывает практика работы со студентами, большинство данных методов просто неприемлемы. Лишь только некоторые из них имеют широкое распространение и применение в отечественной практике и дают определенный результат. Это широко известный метод мозгового штурма, (предложенный американским психологом Алексом Осборном). Неплохо себя зарекомендовал метод синектики (У.Гордон), основанный на различных аналогиях, что дает возможность увидеть объект в нестандартном варианте. Широко применяется морфологический анализ (Ф. Цвикки), позволяющий сузить поле поиска. Интересен список контрольных вопросов (Д. Осборн и Т. Эйлоарт), повышающий эффективность морфологического анализа и т. д. Но, следует отметить, что в основе вышеперечисленных принципов активизации творческой деятельности лежит метод проб и ошибок в различных вариациях, и решать сложные задачи с позиций данных методов активизации невозможно. Но сочетая с отечественными методами поиска инженерных идей и решений можно добиться существен-

ных результатов технического творчества и решать сложные технические задачи. Такой подход имеет существенное значение в работе студенческой креативной группы.

Далее, следует подчеркнуть, что нельзя решать проблемы в студенческой креативной группе, которые выходят за рамки компетенции студентов, и что речь идет об учебном процессе, формировании навыков технического творчества в решении практических задач. В студенческой креативной группе эта задача вполне осуществима. Студенческие креативные группы имеют значительное преимущество по сравнению с индивидуальным творчеством. Следует отметить, что работа каждой креативной студенческой группы неповторима, как неповторимы и творческие личности, но абсолютизировать это положение не следует.

Итак, студенческую креативную группу нужно учить работать не только в организационном плане, создания определенного психологического климата и т.д., но и обучать методам технического творчества, используя при этом методы активизации поиска инженерных идей и решений, которые, как уже отмечалось, будут рассмотрены в следующих разделах данной работы.

Следующий момент, Ги Азнар предлагает график работы креативной группы не более трех часов в неделю. С этим вполне можно согласиться, что соответствует графику проведения учебных занятий.

Далее, встает другой важный вопрос, как учитывать при работе студенческих креативных групп профиль кафедры. Как отмечалось выше, студентов обязательно нужно обучать творческим, практическим навыкам инженерной деятельности не на абстрактном материале, а на определенном конкретном, с учетом его будущей специальности. В данном случае, например, с учетом задач, которые решает кафедра « Экология и промышленная безопасность». А это значит, что общие методы активизации творческой де-

тельности следует использовать с учетом определенной корректировки. Например, в плане экологической направленности методы активизации должны учитывать такие моменты как системный, комплексный, междисциплинарный подходы [17, 22, 23] и другие формы, учитывающие взаимосвязь и взаимодействие всех составных элементов, с учетом решения, предупреждения, прогнозирования экологических последствий в плане эксплуатации тех или иных технических систем, технологий и т.д.

Руководитель группы вначале определяется с тем или иным методом активизации. Чаще всего, как правило, выбирают метод мозгового штурма. Методы активизации поиска инженерных идей и решений как отечественные, так и зарубежные будут рассмотрены в следующих разделах. Их можно сочетать, применять в последовательности и т.д. Это зависит от навыка руководителя. Далее он выбирает ту или иную методику, разработанную применительно специфики решаемых задач, профиля кафедры.

Следует отметить, что в задачу кафедры «Экология и промышленная безопасность» входят как разработка технических задач и решений, так и их безопасность для человека и окружающей среды. И в этом случае наибольший интерес представляют, изложенные в следующем разделе, «Методические рекомендации по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем». Данные рекомендации широко используется в практике расследования, выявления скрытых дефектов технических систем, которые вовремя не может обнаружить ни отдел технического контроля, ни заказчик. Далее в методике большое внимание уделяется проблемам безопасности разрабатываемых технических систем, как для человека, так и для окружающей среды, также анализируются вопросы выявления причин аварий, экспертизы экологических проектов. И в этом плане предлагаемая методика имеет

множество направлений, касающихся как технических систем, так и экологических. В данной работе методические рекомендации не рассматриваются в полном объеме, выделены лишь некоторые аспекты, на наш взгляд, наиболее значимые в работе со студентами для развития творческого воображения, для формирования творческих практических навыков, необходимых для будущего инженера.

Впервые базовые принципы «Методических рекомендаций по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем» были разработаны концентрированными усилиями многих специалистов из различных сфер деятельности в 90-х годах XX века. Был использован и обобщен конкретный эмпирический материал. Как известно, каждая отрасль промышленности имеет определенный информационный фонд, каталог типовых явлений, дефектов, которые следует учитывать в проектировании технических систем, в технологиях. Сегодня в этом направлении отмечается создание значительного информационного фонда по авариям, экологическим нештатным ситуациям и т.д. Данная методология эффективна для, проверки надежности технических систем, выявления в технических конструкциях скрытых дефектов, брака, которые нужно своевременно предотвратить, для прогнозирования возможных дефектов в конструкциях и технологиях на стадии их проектирования, для анализа технических систем, технологий с позиций их безопасности, как для человека, так и для окружающей среды. Дело в том, что технические конструкции с низким запасом прочности, надежности, со скрытым браком, дефектом, который вовремя не может обнаружить ни отдел технического контроля, ни заказчик приводят не только к техническим нарушениям, но и экологическим. Подобных примеров можно привести множество.

Центральным звеном данной методологии является «диверсионный» подход. Сущность его заключается в том,

что вместо поиска дефектов, видов брака в той или иной конструкции, технологии, решается противоположный, обратный вопрос. А именно, как создать, получить скрытые дефекты, брак, то есть испортить данную конструкцию, технологию так, чтобы не было явных, видимых признаков и чтобы технический контроль, заказчик не смогли их обнаружить. То есть идет своего рода разработка технической диверсии, отсюда и название подхода – диверсионный. В технике принцип идти от обратного применяется довольно часто и дает значимые результаты в плане совершенствования технической конструкции. У студентов такой метод, подход, да еще в игровом варианте, вызывает особый интерес, и, действительно, достаточно эффективно помогает найти уязвимые места в той или иной конструкции, технологии. И, как правило, эффект неожиданности, который часто присутствует в этом подходе, вызывает энтузиазм в работе и дает значимый результат в улучшении, совершенствовании конструкции.

Это метод далеко не новый, но имел он совершенно другое назначение, цели, то есть осуществлялся не для улучшения качества конструкции, а, наоборот. В коммерческих интересах в США, а также в других зарубежных странах, чтобы изделие функционировало только гарантийный срок и не больше, осуществлялся, применялся данный конструкторский прием, а разработчик заданного результата получал значительное вознаграждение. Сегодня этот принцип в зарубежной практике усложнился, в результате чего часто техника после истечения гарантийного срока становится неремонтнопригодной.

Возникает естественный вопрос, опасение, можно ли данную методику использовать для организации настоящих диверсий. Это исключено, во-первых, подобные организации пользуются своими методами и средствами, которые нигде не афишируются и являются секретными. Во-вторых,

как показывает практика, большинство аварий происходит не по злему умыслу, а из-за некомпетентности, небрежности и т.д. Например, авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. произошла по вине проектировщиков ядерного реактора (не учли «концевой эффект» и возможность разгона реактора на мгновенных нейтронах) и персонала АЭС, который решил провести испытания остаточного выбега турбогенератора, и отключили все системы аварийной защиты реактора. Катастрофа на АЭС Фукусима-1 в 2011 г. случилась из-за грубейших ошибок в проектировании: несмотря на имеющиеся сведения о наличии в прошлом высоких волн цунами в данном районе, проектировщики ввели в проект АЭС низкую высоту плотины. Кроме того, в проекте не была предусмотрена высоковольтная линия электропитания от внешнего источника (энергосистемы Японии), и её в авральном порядке пришлось строить уже после аварии. При землетрясении все реакторы на японских АЭС автоматически глушатся, но ядерное топливо в ректорах нужно охлаждать, и для этой цели используют дизель-генераторы. Но на АЭС Фукусима-1 они были выведены из строя волной цунами, переклестнувшей через плотину. Если бы высота плотины оказалась достаточной, они остались бы исправными, и не произошло бы разрушения сразу четырех реакторов. Также при наличии резервной линии электропитания авария не случилась бы даже в случае выхода из строя дизель-генераторов.

Итак, процесс усложнение современной техники, взаимодействие человека с ней требуют постоянного внимания к данным вопросам. И «диверсионный» подход направлен на предотвращение именно таких ситуаций.

«Диверсионный» подход также широко применяется в производстве. Дело в том, что помимо явных случаев брака на производстве в деталях и конструкциях встречаются скрытые дефекты, которые нужно уметь своевременно вы-

явить. Другая не менее важная задача – прогнозирование возможных дефектов в конструкциях и технологиях еще на стадии их проектирования.

Пример 1. На производстве обсуждался вопрос совершенствования большого автоматического выключателя, работа которого периодически давала сбой, хотя контакты казались вполне качественными, и было неясно, что именно в них нуждается в усовершенствовании. Тогда ведущий задал вопрос: «Допустим, этот контакт идеальный и мы не можем его улучшить. А как его испортить? Причем так, чтобы дефект оказался скрытым?» Были высказаны различные предложения, среди которых оказалось и такое: контакт состоит из двух частей, которые затем спаиваются твердым припоем. Если сделать так, чтобы пайка проходила только по периметру площадки соприкосновения, а не по всей поверхности, как это должно быть, то при пропуске малых токов ничего плохого не произойдет, но при больших токах (из-за возрастания сопротивления) спай начнет интенсивно греться, и при достаточно высокой температуре контакт развалится на две половинки. При этом дефект получается скрытым, и изделие проходит контроль. Неожиданно это предложение вызвало замешательство технолога, который сообщил, что именно так и происходит при пайке. Дело в том, что рабочие экономят дорогостоящий припой. Такое заявление, в свою очередь, вывело из себя инженера-исследователя, чья лаборатория длительное время исследовала причины перегрева и разрушения контактов, перепробовав множество вариантов конструкций, позволяющих избавиться от этого дефекта. А как выяснилось, что причина заключалась в скрытом производственном браке. После установления причины брака был найден простейший способ, который обеспечивал надежную пайку независимо от добросовестности оператора.

Пример 2. Эколог, используя «диверсионный» подход,

сумел выявить ряд экологических опасностей, о которых раньше никто не подозревал. Поставив задачу по придумыванию экологических диверсий, он решал ее с помощью согласования ритмики разных событий. Так, в конце месяца имеющиеся в городе химические предприятия увеличивают выпуск продукции, а значит, резко увеличивая и без того опасные выбросы вредных веществ в атмосферу. Одновременно в конце месяца набирает обороты и торговля, ее предприятия «выбрасывают товары», причем, как правило, на уличные прилавки. Получается, что количество людей на улицах резко увеличивается в дни наиболее неблагоприятной экологической обстановки, и вредное воздействие на них резко возрастает из-за согласования ритмики.

Пример 3 на согласование ритмики. В городе имеется крупная автобаза тяжелых грузовиков. «Пересменка» на автобазе начинается в 17.30 минут. Тяжелые грузовики едут через весь город в парк, и в то же время (от 17 до 18 часов) значительная часть людей, заканчивая свою работу, возвращается домой в условиях увеличенной загазованности улиц. Медики, анализируя статистику астматических приступов и др. явлений именно в это время, долго не могли понять определенную закономерность в ухудшении состояния людей. И лишь эколог, проанализировав эту ситуацию с позиций «диверсионного» подхода, нашел причину этого явления.

Это всего лишь несколько эпизодов экологического анализа, прогноза с помощью данного метода.

Итак, как уже отмечалось, в студенческих креативных группах работа с использованием «Методических рекомендаций по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем» вызывают определенный интерес, энтузиазм, и они направлены на формирование практических навыков инженерной деятельности. Но следует отметить, что в работе со студентами при разработке и анализе технически надежных и экологи-

чески безопасных систем необходимо также использовать отечественные и зарубежные методы активизации поиска инженерных идей и решений. Наиболее известные и широко применяемые методы в скорректированном и упрощенном виде приведены в данной работе. Но преподаватель может расширить их вариации.

В качестве нового существенного предложения авторами данного учебно-методического пособия выдвинуто следующее положение - работу студенческой креативной группы дополнить студенческой группой критики.. Этого момента принципиально нет в методике Ги Азнара, так как выбор оптимальных решений творческой деятельности креативных групп в зарубежной практике осуществляют совершенно другие структуры. Студенческая группа критики создается параллельно. Цель – формирование критического мышления. Если творческое мышление – это мышление, результатом которого является открытие принципиально нового решения задачи, то критическое мышление представляет собой проверку предложенных решений с целью определения области их возможного применения. Творческое мышление направлено на создание новых идей, а критическое выявляет их недостатки. Понятно, что для эффективной разработки творческих задач необходимы оба вида мышления. Но следует отличать критическое мышление, для которого конечная цель носит конструктивный характер, от деструктивной критической установки, а таких любителей только критиковать достаточно.

Набор студентов в группу критики осуществить значительно трудней. Многие студенты пассивно воспринимают новое знание, они добросовестно заучивают ту или иную информацию, у них готовые ответы на все вопросы, и таких большинство. Здесь требуются студенты, которые активны в учебном процессе, любознательны, имеют альтернативные рассуждения, свою точку зрения на анализи-

руемые проблемы, которая аргументирована, логична, они проявляют самостоятельный подход к заданиям, курсовым работам, и таких студентов, к сожалению, не так уж много.

Данные группы, то есть группы генераторов и критиков, не должны работать вместе, ибо критическое мышление часто является помехой для творческого мышления, и наоборот, совмещение этих двух стадий работы исключается полностью, они будут блокировать друг друга. Более того, нельзя афишировать, кто, какие и чьи идеи критикует. Это очень важный момент в работе креативных групп.

Следует еще остановиться на вопросе формирования критического мышления у студентов. Дело в том, что современному студенту необходимы навыки критического осмысления информации, ее оценки, практического применения, выбора. И учебный процесс должен строиться с учетом развития у студентов навыков грамотного пользования информацией. Но, к сожалению, анализ отечественной литературы по вопросам формирования критического мышления у студентов свидетельствует о том, что этому вопросу недостаточно уделяется внимание.

Как отмечалось выше, после того, как креативная генерирующая группа наработала значительное количество идей, как в плане создания того или иного объекта, так и в плане функционирования, осуществляется следующий не менее важный и сложный этап. Это критическая оценка данных идей, проектов, и на основе чего осуществляется выбор наиболее удачного варианта не только с позиций технической, экономической эффективности, но и отвечающий показателям экологической безопасности.

Здесь возникают определенные трудности психологического плана. Не всегда сочетаются экономические и экологические интересы. Соблюдение определенных норм и положений часто вступает в противоречие с экономическими интересами, вплоть до пересмотра приро-

доохранных нормативов в выгодную, но экологически небезопасную сторону. В этом плане следует напомнить высказывание В.В. Путина на совещании по проблемам соблюдения экологических требований при подготовке к Олимпиаде – 2014. Он заявил, что при определении приоритетов – деньги или экология – мы выбираем экологию, так как если баланс природы будет нарушен, то это может привести к ситуации, которую невозможно будет исправить за любые деньги. Поэтому возникает острая необходимость анализировать возможные экологические риски, так как, в конечном счете, они могут нанести значительный экономический ущерб обществу. Анализ экологических характеристик должен основываться на системном принципе, то есть с учетом всех составных элементов в их взаимодействии, взаимосвязи. Подобный анализ требует определенного навыка и осуществляется под руководством преподавателя, что позволяет рассматривать все аспекты анализируемого объекта. Но провести анализ того или иного объекта еще недостаточно, требуется еще и конструктивно найти и предложить альтернативные варианты. Можно также выбрать из предложенных группой разработки оптимальный вариант, обеспечивающий уменьшение вероятности экологических рисков, последствий.

Следует отметить, что, разумеется, данная креативная группа критики не имеет правовых, административных и других обязательств. Все ее предложения носят рекомендательный характер, которые либо утверждают, либо отвергают уже другие инстанции, несущие за это ответственность, здесь же важен, присутствует в значительной степени лишь исследовательский, научный аспект. Поэтому выводы должны быть доказательны, аргументированы. В этом плане встает следующее необходимое требование к участникам креативной группы, которое имеет очень большое значение. Они, помимо профессиональной компетентно-

сти, должны формировать навыки ответственности, соблюдать принципы профессиональной этики, этических норм. И это достаточно сложный вопрос, так как часто возникают противоречия при анализе, соотношении и выборе между экономическими и экологическими характеристиками и другими характеристиками технического объекта или технологии.

Особый интерес вызывает у студентов информация о проблемах, которые возникают при внедрении той или иной, казалось бы, экологически безопасной технологии в зарубежной практике, во всяком случае, ознакомить студентов, на наш взгляд, необходимо с данным процессом. Несмотря на то, что общие теоретические положения зарубежной и отечественной методики имеют много общего, имеются и существенные различия особенно организация и проведение эксперимента, где центральным вопросом является место проведения эксперимента с учетом требований безопасности. Как правило, вначале осуществляется поиск или разработка альтернативных и безопасных технологий. Если этот процесс не дает ощутимого экономического эффекта, возможны следующие варианты – это приобретение патентов, лицензий в данной сфере, нелегально иногда осуществляется и промышленный шпионаж. Далее, при реализации тех или иных идей, результаты лабораторных исследований и применение в реальном массовом производстве могут существенно расходиться. Другими словами, в силу ряда причин новые технологии, прекрасно работавшие в лабораторных условиях, при внедрении в производство не дают ожидаемого эффекта или приводят к авариям с разрушениями и человеческими жертвами.

В практике, по крайней мере, зарубежной, проводятся определенные эксперименты в странах «третьего мира». Местный персонал, административные структуры обычно не предупреждаются о возможной опасности, исходящей от изучаемого объекта, во всяком случае, так было раньше.

Сейчас в некоторых странах определенные структуры осведомлены о возможности последствий, и этот вопрос регулируется определенным образом. Далее, в развивающихся странах низкая квалификация работников не позволяет понять, проанализировать экспериментальный процесс, а значит, и препятствовать проведению работ. В данных условиях создаются новые креативные группы, но уже из местного персонала, привлекаются наиболее талантливые, способные, трудолюбивые, инициативные люди, но доступ ко всей технологии им запрещен. Они обладают другим видением, менталитетом, нестандартным подходом в решении тех или иных проблем, что повышает эффективность творческого поиска. И как показывает практика, находят простые способы решения. Это дешевый интеллектуальный ресурс. Многие из них работают за чисто символическое материальное вознаграждение, либо их интересует возможность обучения в университете или эмиграция в индустриально развитые страны.

После экспериментальной процедуры апробированная технология внедряется в массовое производство в промышленно развитых странах. Цикл исследовательских работ закрывается, организации ликвидируются, а их архивы и документация уничтожаются.

Для решения следующей очередной задачи создаются новые структуры, но, как правило, уже в другой стране, то есть все звенья нового производственного цикла никогда не размещают в одной и той же стране «третьего мира». Это связано с тем, что предыдущий цикл, обкатка оставили те или иные, значительные или незначительные экологические последствия после проведения экспериментальных работ. Также возникает возможность присвоения информации, технологии в собственность данной страны, как произошло в Китае, Бразилии. Имея преимущество в дешевой рабочей силе, эти страны могут вырвать сектор рынка того

или иного производственного направления, самостоятельно осуществлять весь производственный цикл, но уже под другим названием. В очередной стране «третьего мира» местное население опять используют в качестве дешевой рабочей силы и источника интеллектуальных ресурсов. Доступ ко всей технологии категорически запрещен. Креативные группы в странах «третьего мира» никогда не состояются из участников, принадлежащих к одной этнической группе, религиозной общине или имеющих одинаковое гражданство. При этом выдвигают различные причины, хотя на самом деле преследуется определенная цель - сохранения секретности и жесткого контроля работы группы.

Что касается принципиально новых технологий, то они создаются только в индустриально развитых странах. Здесь при разработке новых видов техники или новых технологий, особенно в военной области, обеспечивается жесткий режим секретности и возможность проведения полного цикла исследовательских работ в рамках конкретного коллектива. Привлечение иностранцев к данным работам, за исключением некоторых случаев, не допускается. Режим секретности ослабляется лишь после выхода разрабатываемого изделия или технологии в серийное производство. Проверка на экологическую безопасность опять-таки проходит по вышеизложенному циклу.

Итак, краткий анализ различных циклов решения экологических проблем от генерации идей, их выбора, критики, эксперимента и внедрения в производство показывает всю сложность достижения приоритета экологической безопасности. Возникают серьезные противоречия между экологическими, экономическими, технологическими и другими аспектами используемой технологии. Внедрение современных достижений науки и техники, а также принципов креативности при решении экологических проблем значительно облегчает и ускоряет достижение экологических результатов.

И в заключение в качестве выводов следует выделить следующие моменты, которые отмечают сами студенты:

1. Наличие существенной разницы между учебным процессом и работой в креативных группах, становятся понятней задачи и функции будущего специалиста. Учебный процесс дает знания и навыки по типовым задачам, в профессиональной деятельности типовых задач не существует, нестандартные варианты требуют творческого подхода, умения выбирать оптимальное решение из множества возможных вариантов.

2. Практическое подтверждение знаний, которое осуществляется в креативных группах, что вырабатывает более серьезное отношение к учебному процессу, стимулирует самообразование.

3. Формируется междисциплинарный подход в решении технических и других задач, осознается его необходимость и значение.

4. Оказывает положительное влияние на развитие личности.

Студенческая креативная группа, которая занималась анализом и критикой выдвинутых идей, также высказала некоторые положения, в частности, о препятствиях, которые возникали в работе.

1. Критиковать – значит быть невежливым.

2. Опасение критики, возможна неадекватная реакция на критику.

3. В техническом плане осуществима оценка, анализ той или иной идеи, оценить экономическую, экологическую эффективность выдвигаемых проектов, достаточно сложно, это затрудняет выбор оптимального варианта, требуется компетентная консультация преподавателя. И этот вопрос самый интересный, то есть выбор оптимального варианта.

4. Формирование убеждения о необходимости разви-

тия навыков критического мышления.

Итак, не вызывает сомнений, что традиционные формы обучения, трансляция знаний, определенный алгоритм учебного процесса не соответствуют современному уровню подготовки будущего специалиста. Необходим поиск, внедрение в учебный процесс новых, активных форм обучения, междисциплинарный, творческий подходы. Разумеется, что многое уже сделано и делается, но работу в этом направлении следует продолжать. Студенческие креативные группы являются лишь определенным вкладом в решение этой важной проблемы. Следует также обратить внимание и на разработку учебных пособий, которые соответствовали бы современным требованиям подготовки будущих инженеров.

2.3. Студенческие креативные группы, их особенности на кафедре «Элементы приборных устройств»

Формы организации студенческой креативной группы на другой технической кафедре, в частности, «Элементы приборных устройств» примерно такие же, хотя и имеют-ся определенные различия, но они не столь значительные, поэтому здесь не приводятся. Другими словами в плане организации можно ориентировать на методы, изложенные в ранее рассмотренном разделе. Но процесс работы, применяемые методов активизации поиска инженерных идей и решений, методики, формы междисциплинарного подхода, роль руководителя значительно различаются. Эти различия обусловлены, профилем кафедры, конкретной технической дисциплиной и т.д. Следует отметить, что значительно различаются методики, которые должны учитывать профиль кафедры, конкретные требования при решении технических задач, методы активизации поиска инженерных идей и решений, формы междисциплинарного подхода, роль и осо-

бенности руководителя группы и многие другие факторы, которые связаны с конкретной технической дисциплиной.

Центральное звено в работе кафедры «Элементы приборных устройств» отводится курсовому проектированию, которое ведется на третьем курсе по дисциплинам, читаемым студентам приборостроительных специальностей. Это – «Основы конструирования деталей машин и приборов» для студентов факультетов ИУ, РЛ, БМТ, ПС, РКТ, ОЭП, АК, а также приборных специальностей факультета СМ.

Курсовой проект завершает общеинженерное конструкторское образование студентов и создает базу для специальной конструкторской подготовки их в области разработки и проектирования специальных приборов и систем.

Основная цель проектирования – это развитие конструкторского мышления и творческих практических навыков у студентов.

Кафедра «Элементы приборных устройств» является общеобразовательной, и тематика проектирования включает приборные устройства общего приборостроения, такие, как электромеханические приводы, электромагнитные механизмы, различного типа датчики, но приближенные по назначению к специальностям кафедр, на которых они обучаются. Это обязывает преподавателей использовать особого рода междисциплинарный подход в процессе работы, то есть в плане связи специфики, направленности других, вышеперечисленных технических кафедр. Здесь имеется возможность применения значительно большего количества методов активизации творческой деятельности. То есть у преподавателя более широкий выбор, но сюда могут входить и выше рассмотренные методы, в частности, поиск противоречий в технической системе и методы их разрешения, «диверсионный» подход, его техническая часть и др.

Итак, следует отметить, что студенческие креативные группы на различных технических кафедрах имеют в сво-

ей организации, формах работы, как общие моменты, так и различные, которые связаны с конкретной той или иной дисциплиной, курсом и другими факторами. Другими словами работа креативных групп это творческий процесс, как для студентов, так и для преподавателей.

2.4. Методические рекомендации по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем

В данных методических рекомендациях в качестве основного метода разработки и анализа надежности и экологической безопасности технических систем используется методика «диверсионного» подхода. Методика «диверсионного» подхода дает возможность выявления, устранения уязвимых мест, с недостаточны запасом надежности тех или иных звеньев, деталей в технических системах, что необходимо для предотвращения возможных аварий. Она также эффективна для анализа технических систем в плане их безопасности для человека и окружающей среды, экспертизе не только технических, но и экологических проектов, что при проектировании и совершенствовании технических систем является важным звеном. Разработана она, как отмечалось выше, на основе анализа значительного информационного фонда. Каждая отрасль промышленности имеет определенный информационный фонд, каталог типовых явлений, дефектов, которые следует учитывать в проектировании технических систем.

В данной работе не приводится полностью методика «диверсионного» анализа», выделены лишь основные, наиболее значимые, на наш взгляд, положения, которые не вызывают особых трудностей в работе со студентами.

1. Определение и содержание задачи

«Диверсионный» анализ включает два этапа. Первый –

исследовательский, который осуществляет поиск, устранение возможности скрытого брака в технических системах, выявление в процессе работы вредных, нежелательных эффектов, связанных с функционированием данной системы. Второй – превращение требований исследовательской задачи в противоположную, обратную, то есть необходимо разработать максимально возможное количество вредных факторов, скрытых дефектов, которые направлены на нарушение данной технической или природной системы. Принцип идти от обратного решения в технике применяется довольно часто. Это достаточно сложная и уже не исследовательская, а изобретательская, творческая задача. Подобный обратный конструкторский прием, направленный на разрушение системы имеет определенные сложности, которые связаны с эффектом неожиданности, непредсказуемости, в определенной степени, включает игровые приемы. Но в плане развития творческого воображения, формирования изобретательских, инженерных навыков этот прием дает существенный эффект и вызывает определенный интерес, энтузиазм у студентов. Разумеется, первый и второй этап, несмотря на их противоположные подходы, решают общую задачу и направлены на усовершенствование конструкции, усиление ее надежности, при этом единство этих двух методов необходимо.

Следует отметить, что эти два этапа связаны между собой. И это логично, нельзя конструировать, разрабатывать те или иные вредные для системы факторы, не проанализировав систему в целом. В методике эти два этапа часто переплетаются между собой и их трудно отделить друг от друга, то есть выделить в чистом виде. Но как отмечалось выше, эти два противоположных подхода направлены на тщательный анализ системы, поиски и выявление скрытых дефектов, уязвимых мест в системе, своевременной ликвидации их, то есть, в конечном счете, на разработку надеж-

ной и безопасной для человека и окружающей среды технической системы.

Как показывает преподавательская практика, многие руководители, преподаватели сталкиваются с определенными трудностями в плане объема данных методических указаний. В этом случае, поскольку речь идет об учебном процессе, а значит, требования снижены, можно ограничиться выполнением не полного перечня методических указаний, а лишь отдельных разделов. Далее, задание можно разбить и на количество участников, студентов, а потом рассмотреть и обсудить их результаты.

2. Анализ технической системы, ее структуры, составных элементов, функционирования

2.1. Описать связь элементов системы в статике и в ее функционировании. Перечислить все системы, с которыми анализируемая система взаимодействует, в том числе окружающую среду, надсистемы, в которые она входит.

Одна из главных трудностей, возникающих в ходе этой операции, связана с определением, какие элементы включать в описание, а какие нет. Этот вопрос особенно актуален, когда речь идет о достаточно сложных системах с большим числом элементов. Для преодоления этой трудности предлагается строить описание системы в следующем порядке. Сначала выполняется рисунок (схема), которая автоматически задает уровень (ранг) значимых элементов, например, не показываются гайки, болты и другие мелкие вспомогательные элементы. Далее, описывая системы в статике (как связаны между собой узлы) и в динамике (как система работает), корректируем первоначальный список элементов, добавляя по мере необходимости пропущенные, без которых нельзя составить полную картину работы, либо опускаем лишние, оказавшиеся ненужными. Такое

описание, включающее не только полезное функционирование, но и вредные эффекты, позволяет быстро и глубоко ознакомиться с анализируемой системой.

2.2. Выписать основные параметры нормального режима функционирования системы, выявить вредные явления, которые могут нарушить систему, либо возникнуть при нарушении ее нормального функционирования.

Следует отметить, что не всегда возможно точно определить величины основных параметров нормального функционирования системы. В этом случае можно ограничиться качественной оценкой, полученной экспертным методом. На этом же шаге наряду с углублением знакомства с системой появляются первые (хотя, как правило, еще не оригинальные) решения.

2.3. Провести функциональный анализ системы: выявить функции полезные (основные, второстепенные, вспомогательные) и вредные (факторы снижающие эффективность). Рассмотреть возможность их изменения.

На этой стадии исследования технической системы можно уже применить обратную задачу, то есть по методике «диверсионного» анализа.

На стадии поиска условий ухудшения выполнения основных, вспомогательных и второстепенных функций, неполного их выполнения, усиления полезных функций до превращения их во вредные, усиления вредных функций, возникает ситуация для решения обратной задачи, то есть для «диверсионного» подхода.

2.4. Рассмотреть вредные явления, характерные для систем данного и близкого к нему виду, определить возможность и условия их реализации.

На шаге 2.4 предлагается систематизировать известные вредные воздействия, характерные именно для анализируемой системы. Так, для химических аппаратов и производств такими типовыми вредными действиями являются

утечки различных агрессивных и ядовитых веществ; для транспортных систем — различные аварии, столкновения и т.п. Фактически каждая отрасль промышленности ведет что-то вроде каталога типовых нежелательных явлений, отраженных в правилах техники безопасности. Определенный материал, своего рода фонд может быть и на кафедре

2.5. Поиск и анализ опасных зон (уязвимых мест) в технической системе. Определить возможность возникновения в этих зонах вредных явлений и условия их реализации.

2.6. Типовые опасные зоны системы. В данном разделе наиболее четко прослеживается специфика «диверсионного» анализа:

- зоны концентрации проходящих через систему потоков вещества или энергии (зоны концентрации механических усилий, электрические перенапряжения и т.п.).

- зоны, подверженные действию полей высокой интенсивности: вибрации, знакопеременных нагрузок, трения, высоких температур, активных химических веществ и т.п.

- зоны и узлы, выполняющие большое количество разных функций.

- зоны стыковки разных систем (подсистем), в особенности спроектированных, выпускаемых, эксплуатируемых и подведомственным разным людям, подразделениям, организациям.

- зоны контакта инструмента и изделия (равно опасны для инструмента и изделия).

- зоны, к которым предъявляются противоречивые требования, (имеются неразрешенные, не устраненные противоречия).

- зоны, в которых уже происходили те или иные вредные явления (аварии), подвергавшиеся ранее исправлениям, восстановлению, внеплановым ремонтам и т.п.

- зоны, в которых ответственные решения должны приниматься в условиях высокой неопределенности, недостатка

времени и информации (в стрессовых обстоятельствах) и т.п.

Следует отметить, что нельзя исключать вероятность возникновения вредных, нежелательных эффектов и для других, разных частей системы, а значит и их уязвимость.

2.7. Рассмотреть типовые ошибки в разработке технических систем:

- топтание на месте в развитии, разработке и внедрении крупных изобретений в техническую систему;
- преждевременное внедрение новых элементов, решений, не согласованное с развитием других звеньев системы и не обоснованное потребностями;
- включение в систему элементов, которые не рассчитаны на эффективную совместную работу с другими узлами;
- преждевременное усложнение системы не вызванное необходимостью;
- попытки внедрения в серийное и массовое производство систем с высоким уровнем факторов расплаты, то есть где эффективность работы и затраты на изготовление не пропорциональны, не соответствуют;
- попытки внедрения системы, не обеспеченной необходимыми сопутствующими, дополняющими, контролирующими и корректирующими системами;
- ограничение области применения системы одной или несколькими узкими областями;
- непонимание неизбежности прекращения лавинообразного роста характеристик системы, непринятие мер по прогнозированию возможных ограничений, своевременному их снятию;
- попытки «дожимания» исчерпавшей ресурсы развития системы за счет излишнего усложнения вплоть до гигантизма, введения многоступенчатых компенсаций при устранении вредных эффектов и т.п.;
- «путь назад» - попытки возврата к старым, исчерпавшим свои возможности принципам, вместо поиска новых,

эффективных путей развития;

- имитация развития, мелкие усовершенствования второстепенных элементов, увлечение декоративными элементами;
- борьба против новой, более совершенной системы, основанной на прогрессивных принципах. Преувеличение ее недостатков, дискредитация.

Следует отметить, что данный список можно продолжить, особенно если учитывать структуру, степень сложности, функциональность и другие характеристики разрабатываемой системы.

3. Поиск вредных явлений, факторов в технической системе. Анализ возможности их возникновения и условий реализации («диверсионный» анализ).

Как показывает практика, в технических системах часто бывают скрытые «замаскированные» брак, вредные факторы, эффекты и другие явления, ухудшающие надежность и безопасность системы. Их сложно обнаружить, и данная методика направлена на их поиск.

а) Методика прогноза:

-провести прогноз развития системы в направлении усиления вредных функций;

-рассмотреть возможность ухудшения работы системы. При этом возможны два пути работы. Первый — рассматривать возможности развития анализируемой системы не вперед, как это делается при нормальном прогнозировании, а назад по линиям развития, то есть в направлении понижения динамичности, ухудшения согласования и т.п. Второй путь — прогнозировать в нормальном направлении, но, считая, что цель существования анализируемой системы — выполнение вредных функций, совершенствовать именно эти функции. Например, экран компьютера для порчи зрения, когда осуществляется поиск режимов наибо-

лее сильного негативного воздействия на глаза оператора.

б) «Маскировка» вредных факторов. Анализ выявленных вредных эффектов.

В процессе анализа определить, какие из обнаруженных вредных эффектов существуют реально. Оценить для каждого из вредных эффектов степень вероятности их проявления, степень опасности. При этом следует учесть, что вероятность и опасность вредных эффектов растут нелинейно, когда в одной системе или отдельной зоне системы выявляется возможность проявления нескольких вредных воздействий, признаков опасности и т.п., так как они не просто суммируются, а создают качественно новую ситуацию с возможным появлением непредусмотренных системных, синергетических эффектов. При необходимости осуществить постановку экспериментов и проведение исследований.

Проанализировать типовые способы «маскировки» (скрытых) дефектов и определить возможности (условия) их реализации:

- появление вредных эффектов со временем;
- появление вредных эффектов при экстремальных условиях;
- появление вредных эффектов при редко встречающихся стечениях обстоятельств, сочетаниях условий;
- появление вредных эффектов, неразрывно связанных с полезными, превращение некоторых полезных эффектов во вредные;
- появление вредных эффектов в результате длинной цепочки взаимодействий в системе;
- появление вредных эффектов в результате качественных скачков при определенных количественных изменениях в системах, в том числе при медленном, малозаметном накоплении дефектов, отклонений от нормы;
- появление вредных эффектов в результате действия особых механизмов типа «спусковой крючок», цепных ре-

акций с положительной обратной связью, каталитических реакций и т.п.;

- появление вредных эффектов за счет системных взаимодействий – в результате непредусмотренного взаимодействия различных систем.

в) Типовые результаты вредных воздействий на технические системы:

- отказы в работе, работа в непредусмотренном режиме (снижение рабочих показателей), сокращение срока службы, снижение надежности и т.п.;

- появление у технических систем новых, непредусмотренных свойств, возникновение новых взаимодействий с другими системами, с человеком;

- превращение технической системы в источник опасностей, вредных воздействий на людей, природные системы, другие технические системы.

г) Ресурсы технической системы способные создавать появление вредных эффектов:

- **вещественные:** вещества, имеющиеся в системе и надсистеме в том числе вспомогательные (смазка и т.п.), сырье, продукция, отходы, вещества из окружающей среды, смеси и модификации всех этих веществ;

- **энергетические:** потоки энергии (механическая, тепло-, электромагнитная и т.п.), имеющиеся в системе и надсистеме, в окружающей среде, их модификации;

- **пространственные:** незанятое или не полностью занятое место в системе, надсистеме или окружающей среде;

- **временные:** различные отрезки времени в процессе подготовки к функционированию, функционирование после них самой системы, ее надсистемы;

- **функциональные:** способность системы, ее подсистем, надсистем, окружающей среды выполнять по совме-

стителю новые, непредусмотренные функции;

- **системные:** эффекты, возникающие благодаря взаимодействию двух или более систем между собой, в том числе при синергетическом взаимодействии нескольких видов ресурсов;

- **ресурсы изменения:** различного рода изменения, происходящие в системе, надсистеме, окружающей среде и т.п., в результате целенаправленных действий или самопроизвольно, а также любые последствия и результаты этих изменений.

При рассмотрении ресурсов системных необходимо выделять как ресурсы не специфические, характерные для многих систем (например, действие гравитационного поля, воздуха и т.п.), так, и ресурсы специфические, характерные только для данной системы, (например, отходы конкретного химического производства).

Следует учитывать возможность накопления в системе ресурсов не вредных в малых количествах, но становящихся опасными при накоплении сверх определенного предела.

д) Поиск вредных эффектов по информационным фондам.

Этот раздел вызывает определенные трудности, так как требуется знание литературы, справочных данных по данной тематике. Здесь большое внимание уделяется информационному обеспечению поиска. Можно использовать традиционный информационный фонд, информационный фонд отрасли, а также каждая кафедра имеет свой накопленный информационный материал, своего рода тоже фонд.

Следует обратить внимание и на таблицы и указатели физических, химических, геометрических и других эффектов, выявить среди них те которые в принципе могли бы быть реализованы в данной системе и дать вредный эффект. Определить условия их реализации.

4. Типовые способы вредных воздействий на человека, окружающую среду.

Проанализировать типовые способы вредных воздействий на человека, окружающую среду. Определить условия и возможности их реализации.

а) Вредное воздействие непосредственное:

- **механические действия:** удары, толчки, перепады давления, инерционные силы, механические напряжения, вибрации, акустические воздействия и т.п.;

- **тепловые действия:** нагрев (перегрев), охлаждение (переохлаждение), тепловые перепады (градиенты) в пространстве, во времени;

- **химические действия:** разложение нужных веществ, синтез ненужных (вредных), каталитические и ингибиторные реакции, недостаток тех или иных веществ. Нарушения химического равновесия, нормального химического взаимодействия (обмена веществ) и т.п.;

- **электрические воздействия:** действие электрического поля, разрядов, электрического тока;

- **магнитные воздействия:** возникновение либо потеря намагниченности;

- **электромагнитные воздействия:** разного рода излучения - радиоволны, СВЧ, свет, ультрафиолетовые, рентгеновские, гамма-излучения и т.п.;

- **биологические действия:** действие живых организмов (вирусов, бактерий, паразитов), мутагенное и аллергическое действие на живые организмы;

- **информационные воздействия:** недостаток информации, избыток информации, ложная информация (в том числе слухи), нарушение нормального информационного взаимодействия;

- **психические и эмоциональные воздействия** (только для человека).

б) Вредное воздействие опосредованное (через внеш-

нюю среду):

- ухудшение природных систем: загрязнение воды, почвы, продуктов питания, воздуха вредными веществами, снижение плодородия почвы, сокращение пригодного для жизни пространства и т. п;

- нарушение биогеоценозов, биогеоценотического равновесия: размножение одних (вредных) и сокращение других (полезных) биологических видов, эволюция различных видов в нежелательном направлении и т. п;

- создание в окружающей среде техногенных и антропогенных процессов, стимулирующих вредные эффекты.

в) Вредное воздействие, опосредованное через технические системы (ТС):

- взаимодействие ТС с человеком: неверное направление развития ТС, некачественное изготовление или эксплуатация, умышленные или случайные повреждения;

- взаимодействие разных технических систем: аварии (столкновения, целенаправленное разрушение, вызванное действиями военной техники), системные эффекты при взаимодействиях, действие помех и отходов одних систем на другие;

- взаимодействие технических систем с природной средой: коррозия, биоповреждения, действие стихийных процессов на технические системы.

- отказы в работе, работа в непредусмотренном режиме (снижение рабочих показателей), сокращение срока службы, снижение надежности и т.п.;

- появление у технических систем новых, непредусмотренных свойств, возникновение новых взаимодействий с другими системами, с человеком;

- превращение технической системы в источник опасностей, вредных воздействий на людей, экосистемы, другие технические системы.

г) Анализ типовых результатов вредных воздействий

на человека, окружающую среду. Определить условия и возможности их реализации.

а) на человека:

- физические нарушения: (травмы, нарушение здоровья, снижение иммунитета, профессиональные болезни, ухудшение самочувствия, снижение срока жизни, повреждение генофонда и т.п.);

- интеллектуальные нарушения: общее снижение интеллектуальных способностей (нарушение логического мышления, памяти, способности к критическому восприятию и т.п.), нарушение способности к творчеству и снижение потребности в нем, искажение информации и способности к ее восприятию и обработке.

б) на технические системы:

- отказы в работе, работа в непредусмотренном режиме (снижение рабочих показателей), сокращение срока службы, снижение надежности и т.п.;

- появление у технических систем новых, непредусмотренных свойств, возникновение новых взаимодействий с другими системами, с человеком;

- превращение технической системы в источник опасностей, вредных воздействий на людей, экосистемы, другие технические системы;

- причины, связанные с особенностями технических систем - повышенная опасность технических систем с высокой степенью концентрации энергии (атомные станции), вредных, опасных веществ (химические производства). Особая опасность систем, в которых в тесном контакте находятся различные опасные элементы (например, в подводных лодках из-за малого пространства кислород находится в опасном соседстве с маслом, горючее с электропроводкой и т.п.);

- общая низкая надежность систем с большим количеством отказов и мелких аварий, как будто не опасных. Попытки борьбы с этими частыми авариями без повышения

надежности всей системы в целом резко повышают опасность, возникает возможность развития опасности по типу «нарастающий ком».

в) на экосистемы:

- загрязнение окружающей среды вредными и ненужными веществами, обеднение ее веществами необходимыми для существования биогеоценотических сообществ;
- нарушение нормального функционирования биогеоценотических сообществ;
- повышение мутагенной активности, появление новых факторов отбора, нарушающих и обедняющих биогеоценозы вплоть до распада;

Следует отметить, что разные виды вредных воздействий на человека, среду, технические системы тесно связаны и столь же тесно взаимосвязаны их результаты: одни и те же воздействия могут привести к разным нарушениям на основе одного и того же нарушения могут быть разные воздействия. Особенно опасны комплексные воздействия, способные вызвать синергетические и другие системные эффекты – новые вредные воздействия, нелинейное усиление отдельных воздействий и т.п.

г) типовые причины появления вредных эффектов, связанные с человеческим фактором:

- недостаток знаний, отсюда и ошибки, отсутствие знаний о процессах в системе, механизмах, различных взаимодействиях, не учет сложных цепочек причинно-следственных связей, эффектов, связанных с нелинейностями и т.п.;
- непонимание природы качественных скачков при количественных изменениях в системе, в особенности не учет масштабных факторов при массовом и крупномасштабном производстве или эксплуатации систем;
- непонимание тесной связи между полезными и вред-

ными эффектами, попытки увеличения полезного эффекта любой ценой, не считаясь с ростом вредных;

- непонимание природы «системных» эффектов, возможности появления новых «системных» свойств при совместной работе нескольких систем;

- плохое понимание работы системы, связанное с узкой специализацией;

- отсутствие профессионализма у специалистов, проектирующих, изготавливающих, эксплуатирующих систему, принимающих ответственные решения;

- отсутствие периодического обслуживания систем, выявления и устранения возможности накопления нежелательных явлений;

- отсутствие защитных систем, способных справиться с вредными явлениями в автоматическом режиме;

- отсутствие гласности, информации о системе, связанных с ней опасностях и вредных эффектах, мерах по обеспечению безопасности. Монополия отдельных людей или организаций на получении информации;

- решения, принятые без достаточного обоснования, пренебрежение «неудобными» фактами, мнениями специалистов, бессмысленная стандартизация, не дающая возможности нормального функционирования и развития;

- «псевдорационализация», сводящаяся к несогласованным между собой, несистемным улучшениям системы из чисто экономических соображений в ущерб безопасности и качеству;

- любые ошибки на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации системы;

- недооценка опасности из-за привыкания к ней (мины, курящие при работе с взрывчатыми веществами), из-за надежды, что «пронесет», непонимания опасности или неверия в возможность ее существования;

- неосторожность, халатность, неумение предвидеть

последствия своих действий, связанные, как правило, с недостаточным профессиональным, интеллектуальным и культурным уровнем, отсутствие чувства ответственности за выполняемую работу, за безопасность людей;

- неумение принимать решения в стрессовой ситуации, брать на себя необходимую ответственность за решения, уход от ответственности и сваливание ее на других;

- снижение внимания, скорости и точности реакций из-за усталости, монотонности, большого психологического напряжения и т.п.;

- отсутствие физической и психологической подготовки, тренинга, когда приходится работать в критических, стрессовых обстоятельствах;

- безответственное отношение к обеспечению безопасности:

- остаточный принцип» в отношении обеспечения безопасности;

- отношение к вредным явлениям, авариям как к неизбежному злу, с которым можно до определенной степени мириться, на борьбу с которым не следует тратить слишком много сил и средств;

- формальное отношение к безопасности, направленное не столько на ее действительное обеспечение, сколько на снижение ответственности в случае аварии. Реальная забота о технике безопасности подменяется изготовлением длинных, бестолково написанных и часто невыполнимых инструкций, дезориентирующих людей и усугубляющих опасность;

- отсутствие единого лица, ответственного за обеспечение безопасности, либо отсутствие у него прав и возможностей решать вопросы безопасности, накладывать запрет на опасные, не соответствующие требованиям безопасности решения;

- преобладание личных или групповых интересов над общественными. Вредные эффекты появляются потому,

что они оказываются выгодными для кого-то, либо потому, что работа по их предупреждению кому-то невыгодна. Боязнь начальства больше, чем аварии;

- постепенное накопление дефектов, вредных факторов в процессе хранения или эксплуатации за счет загрязнений, износа, концентрации напряжений, старения материалов, прохождения нежелательных химических реакций (коррозии и т.п.) и других непредвиденных воздействий;

- опасность, возникающая из-за отказов специализированных природоохранных, защитных, аварийных и т.п. систем, ошибки в действиях операторов этих систем;

- плохое согласование технической системы с оператором, несоблюдение правил эргономики при создании системы;

- отсутствие в технической системе «защиты от «дурака» - системы, предохраняющей от неверных (ошибочных или умышленных) действий оператора.

д) причины задержки в устранении аварии:

- задержки, вызванные попытками скрыть аварию, страхом перед начальством, ведомственными интересами и т.п.;

- задержки в принятии радикальных мер в надежде, что «как-нибудь обойдется»;

- задержки из-за попыток ликвидировать аварию своими силами, без посторонней помощи.

е) ошибки в устранении аварии:

- недостаточная подготовка, непрофессионализм служб, ликвидирующих аварию;

- использование средств, усугубляющих положение (например, гашение горящего электрооборудования водой);

- некачественное, непроверенное, плохо сохраняемое аварийное снаряжение, его недостаточное количество;

- цепочки неверных решений персонала, возникающие в условиях потери контроля над ситуацией:

- цепочки вредных эффектов, последовательно возникающих в технических системах под влиянием аварии; действие одних аварийных средств на другие, лавина отказов, сбоев;

- наличие нескольких (по меньшей мере, двух) различных вредных эффектов, находящихся в отношениях синергизма, то есть усиливающих друг друга и мешающих борьбе друг с другом.

Итак, исходя из выше изложенного, можно сформулировать следующие задачи для дальнейшей работы в этом направлении.

1. Сбор информационного фонда по проблемам и задачам, возникавшим когда-либо в аварийных и нештатных ситуациях, по способам их решения, эффективности.

2. Анализ данной информации с целью выявления закономерностей появления и развития аварийных и нештатных ситуаций, средств и способов действий в нештатных и аварийных ситуациях и создание на этой базе методик решения задач в аварийных и нештатных ситуациях, а также методологии «диверсионного» прогноза.

3. Анализ закономерностей развития аварийной техники с целью ее совершенствования, техники безопасности.

4. Разработка компьютерных программ и моделей для ускорения расчетов различных вариантов поведения технических систем.

И в заключение хотелось бы надеяться, что методика «диверсионного» подхода вызовет интерес, а значит, может быть дополнена и развита.

Глава 3

ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ПОИСКА ИНЖЕНЕРНЫХ ИДЕЙ И РЕШЕНИЙ.

3.1. Некоторые особенности зарубежных и отечественных методов активизации поиска инженерных идей и решений, их достоинства и недостатки

В отечественной и зарубежной практике методы активизации различны. В зарубежных методиках все внимание сосредоточено на активизации психологических моментов творчества (ассоциации, аналогии и т.д.), при этом большое внимание уделяется преодолению психологической инерции. Пагубное влияние психологической инерции на творческий процесс осознано всеми и давно. Применение эвристических методов способствует снижению психологического барьера. Под психологической инерцией, в данном случае, понимают привычку к шаблонному мышлению, стремлению делать «как всегда, как все», и это действительно необходимо и оправдано. Однако при поиске нового решения психологическая инерция является серьезным препятствием, мешает нестандартному подходу, новому видению задачи с разных точек зрения. Поэтому не случайно для борьбы с психологической инерцией в зарубежных фирмах, работающих в инновационном направлении, ограничивают число специалистов с опытом работы, т. е. творческий коллектив формируют не только из профессионалов и опытных специалистов. Человек по своей природе экономен, он думает в привычном направлении, устойчивые знания ориентируют искать решение в готовых рецептах, ранее используемых, в результате получаются штампы, стандартные решения. Чтобы ослабить данную ситуацию, часто в творческую группу включают специалиста из другой сферы деятельности. Как показывает практика, это оправдано, так

как он предлагает нестандартные решения, и получается как по известному афоризму: «Все знают, что это невозможно, но приходит один чудака, который этого не знает, и делает открытие». Любые формы коллективной работы, эвристические методы в определенной степени гасят психологическую инерцию, она как бы здесь «взаимно уничтожается».

Как считают многие исследователи, важным моментом, одной из причин появления психологической инерции является также употребление привычных терминов, приводимых в условиях задачи, а также применяемых при ее решении. Мы мыслим понятиями, и термины незаметно «толкают» нас в направлении уже известных решений. Рассмотрим, например, задачу с передвижением ледокола во льдах. Ледокол – значит, лед необходимо колоть. Хотя может быть его лучше резать, пилить или двигаться подо льдом, надо льдом, по льду или сквозь лед?

К специалисту предъявляются сегодня другие требования. Уже недостаточно квалифицированно выполнять те или иные конкретные производственные операции, в профессиональном опыте должна постоянно возрастать доля новых, творческих решений, и опыт не должен мешать принятию решений и быть консервативным фактором. При современных темпах развития науки и техники, частой смены технологий, производственных процессов, компьютеризации требуются постоянный рост квалификации. Старые знания и навыки, опыт быстро меняются, устаревают, нужно находить новые решения нестандартные, альтернативные, новое применение функционирования того или иного технического объекта.

В отечественной практике принято изучать не психологию изобретателя, а историю, логику строения технических объектов, законы развития технических систем. Знание закономерностей дает возможность резко сузить поле поиска, заменить «угадывание» научным, теоретическим подходом. Основой разработки методов поиска

инженерных идей и решений является уникальным, имеющийся только в технике патентный фонд. На основе анализа, обобщения, нескольких десятков тысяч изобретений и патентных исследований были эмпирически определены закономерности развития, совершенствования технических систем, выявлены типовые приемы совершенствования функционально-конструктивных связей технического объекта, их применение позволяло улучшить конструкцию в целом. Все это явилось основой для создания теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Эта методология, рациональные методы, связаны с именем бакинского инженера Г.С. Альтшуллера (1926-1998). Вместе с теорией изобретательских задач возник и развивался алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), который вначале назывался «методикой изобретательского творчества». Это комплексная программа алгоритмического типа, предназначенная для анализа и решения изобретательских задач. Разработка новых модификаций АРИЗ опиралась на исследование также больших массивов патентной информации по изобретениям высших уровней. Задачи по АРИЗ решаются путем выявления технического противоречия, определения причин, породивших данное противоречие и устранения их, т.е. разрешения противоречия.

Более поздние модификации АРИЗ были значительно усовершенствованы и уже шире термина «методика» и представляет сейчас стройную систему методов и методик, претендующую на статус теории.

В дальнейшем отсутствие прикладных методологических разработок компенсировалось значительным количеством конкретных методик, которые отличались различными модификациями базовых принципов, ориентированных на изобретательство, а также были разработаны справочные материалы по физическим, химическим и другим эффектам.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) вклю-

чает как теоретические, так и практические аспекты. Теоретические основы ТРИЗ включают следующие вопросы: техника, ее структура, техническое творчество, технические системы и их структура, этапы развития технических систем, техническое противоречие, увеличение степени идеальности технической системы, развертывание-свертывание технической системы, повышение динамичности и управляемости технической системы, переход технической системы на микроуровень, использование полей, согласование-рассогласование технической системы и др.

Инструментарий и информационный фонд ТРИЗ, то есть практические аспекты, включают: типовые приемы устранения технического противоречия, вепольный анализ, стандарты на решение изобретательских задач, решение нетиповых задач, использование физических, химических, геометрических и других эффектов и явлений при решении изобретательских задач.

Как показывает инженерная практика, данный перечень методов технического творчества является своеобразным справочником инженера-изобретателя. Разумеется, их нельзя представлять как определенный набор «готовых рецептов». Но они могут выступать в качестве методологии, методов технического творчества.

Следует отметить, что и зарубежные и отечественные методы технического творчества имеют как свои достоинства, так и недостатки. Например, генерировать нестандартные новые технические идеи лучше позволяют зарубежные методики, а совершенствовать техническую систему - отечественные. Не абсолютизируя их, в качестве рекомендации следует предложить использовать и те и другие в зависимости от степени сложности решаемой проблемы, ее специфики, а также учитывать особенности, состав творческого коллектива.

Значительная часть зарубежных методов поиска реше-

ний технических задач основана на использовании метода проб и ошибок в различных его модификациях. История развития техники свидетельствует, что на ранних стадиях на основе метода проб и ошибок создавались все технические конструкции. Далее, повторяя изготовление одних и тех же изделий на протяжении длительного времени, постепенно вносились определенные изменения. Это был долгий путь. Неудачные попытки, которые приводили даже к гибели, например, кораблей забывались, удачные – закреплялись. И даже в более поздний период метод проб и ошибок широко использовался. Более 50 тысяч разных опытов проделал Томас Эдисон, пытаясь создать щелочной аккумулятор. Десять тысяч опытов понадобилось, чтобы найти наилучший материал для светящегося волоска электрической лампочки. Подобных примеров масса. Но развитие техники ускорялось, и метод проб и ошибок становился все менее пригодным.

Зарождение и развитие науки позволяло уже искать наилучший вариант при помощи расчетов и целенаправленных исследований. Но, тем не менее, значимость метода проб и ошибок в различных его модификациях еще достаточно велика в области творчества, изобретательства, при поиске принципиально новых идей и решений. Привлекательность его также и в том, что здесь никакие ограничения не принимаются: можно предлагать, выдвигать любые варианты, даже фантастические. Как правило, перебор начинается со стандартных, традиционных вариантов, затем переходят к более смелым идеям. Если и в этом случае решение не найдено, то начинают применять методы систематизации перебора, некоторые из которых будут рассмотрены в следующих разделах. Следует отметить, что эффективность перебора зависит от сложности задачи, что определяет количество проб, которые необходимо сделать, чтобы гарантированно получить результат. История изо-

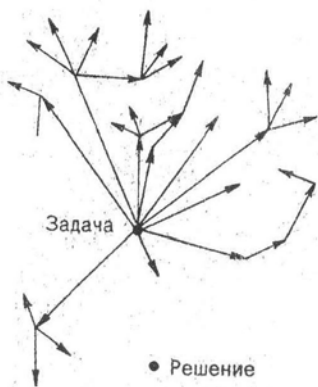


Рис.7. Перебор вариантов решения без применения методов систематизации

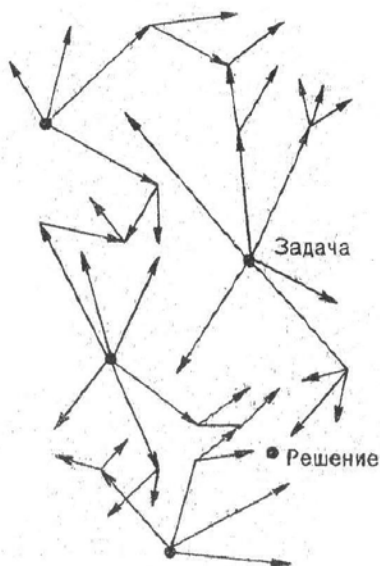


Рис.8. Перебор вариантов решения с применением простых форм систематизации

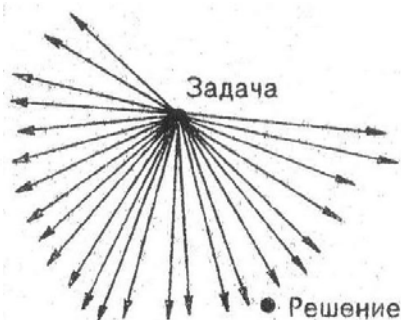


Рис.9. Перебор вариантов решения с применением сложных форм систематизации

бретательства показывает, что количество вариантов перебора может колебаться – от десятка проб для самых простых задач и до более значительной величины для сложных. То есть метод проб и ошибок достаточно эффективен, когда речь идет о необходимости поиска в рамках до двадцати вариантов, а при решении более сложных задач, его не следует применять, так как это приводит к большим потерям сил и времени. Более того метод проб и ошибок не только неэффективен при решении сложных задач, но и затрудняет их постановку, так как задача при этом ставится в случайной, неточной формулировке и, как правило, при отсутствии необходимой информации, зато с избытком ненужной.

Поиск решений данным методом можно изобразить графически (рис.7):

Исходная точка «задача», но нужно прийти в точку «решение», Направленность поиска «решение» неизвестно. Выбирается произвольное направление, делается одна попытка, другая, третья и т.д. Если решение задачи не находится, следует изменить «курс» и осуществлять новые попытки. Как правило, все попытки поиска сосредоточены в привычном, общепринятом, общеизвестном направлении. Такой подход получил название «вектор психологической инерции». А нестандартная, изобретательская задача потому и трудна, что ее решение осуществляется, в новом, неожиданном в нестандартном направлении. И здесь следует увеличить хаотичность поиска и изменить систематизацию перебора.

Для этой цели применяют специальные психологические приемы, позволяющие избежать инерционной направленности поиска. Они основаны на введении элементов случайности, непредсказуемости поиска, активизирующие ассоциативные способности человека и увеличивающие число проб (рис. 8).

Данные процедуры поиска находят применение в мозговом штурме. Этот метод хорошо известен и получил широкое распространение во всем мире, его разработал А. Осборн. (США). Сегодня мозговой штурм имеет ряд модификаций, которые и будут рассмотрены дальше в данной работе. В частности, обратный штурм, который не запрещает критику, как это принято в мозговом штурме, а, наоборот, активизирует критические замечания, заставляет отыскивать как можно больше недостатков у конструкции, позволяет находить слабые места, то есть проверяет сгенерированные идеи на прочность.

С помощью мозгового штурма успешно решаются относительно несложные задачи. Но этот метод помогает организовать поисковый коллектив, «растормозить» участников, избежать привычных и потому бесплодных ассоциаций, то есть уменьшает психологическую инерцию членов группы. Усилить этот процесс можно, используя методы, подсказы-

вающие неожиданные сравнения, позволяющие взглянуть на объект под необычным углом. К ним относится метод фокальных объектов, предложенный профессором Берлинского университета Э. Кунце, и в дальнейшем усовершенствованный американским специалистом Ч. Вайтингом.

Суть метода состоит в том, что техническую систему, при процессе совершенствования, исходя из конечной цели ее совершенствования, рассматривают с позиций свойств, других, не имеющих к ней никакого отношения, объектов. При этом возникают необычные, интересные сочетания, которые стараются развить дальше путем свободных ассоциации. И, как показывает практика, иногда рождаются новые, нестандартные идеи. Этот метод применяется также для развития творческого воображения, способствует приобретению навыков изобретательства.

Более эффективен метод синектики, разработанный У. Гордоном (США). Здесь допустима конструктивная критика и используются приемы, основанные на различных видах аналогии. Синектика основана на мозговой атаке, которую должен проводить руководитель, имеющий определенный опыт в этом направлении. Но работать длительное время, в данном составе, например, более двух лет сложно и неэффективно.

Итак, мы рассмотрели методы психологической активизации творчества. Они позволяют избежать инерционной направленности поиска, на основе введения элементов случайности, активизируют ассоциативные способности человека.

Рассмотрим другой подход, другую группу методов, позволяющих систематизировать перебор вариантов, увеличить их число, исключить свойственные ненаправленному поиску повторы, постоянный возврат к одним и тем же идеям (рис.9).

К данным методам систематизации перебора относится морфологический анализ и его различные модификации, а также многочисленные списки контрольных вопросов. Более подробно эти методы будут рассмотрены в следующих разделах.

Метод морфологического анализа включает следующие шаги:

- выбирается объект;
- составляется список основных характеристик или частей объекта;
- для каждой характеристики или части перечисляются ее возможные исполнения;
- выбираются наиболее интересные сочетания возможных исполнений всех частей объекта.

Недостатком этого метода является слишком большое количество возможных комбинаций. Правил отбора нет, приходится действовать либо по интуиции, либо наугад. Поэтому «сильное сочетание» можно не разглядеть в массиве «слабых» или вообще бессмысленных. Это резко снижает эффективность этого метода. Но если система несложная и количество комбинаций невелико, то он вполне применим, особенно, если решение уже имеется, но нужно его развернуть, чтобы рассмотреть возможные варианты реализации.

Для повышения эффективности поиска решения методом проб и ошибок можно использовать списки контрольных вопросов. Их множество, но наиболее удачные списки А. Осборна и Т. Эйлоарта, которые будут приведены в следующих разделах данной работы.

Итак, рассмотренные методы можно комбинировать, видоизменять, но они не действенны при решении сложных задач. И, не смотря на их многообразие, основа у них одна – поиск решений путем перебора вариантов, то есть метод проб и ошибок в его различных вариациях. И, тем не менее, они достаточно эффективны при активизации творческих способностей самого человека, его возможности фантазировать, его интуиции, склонности к аналогиям, ассоциациям и др. И, действительно, как показывает практика, именно изобретательские задачи, которые потому и трудны, что их решения часто находят в совсем неожиданном и новом направлении, решаются данными методами.

Следует отметить, как показывает даже этот небольшой фрагмент, в применении зарубежных методов имеется

такая особенность, что их трудно дифференцировать, отделять друг от друга, именно их определенное сочетание, единство позволяет увеличить эффективность поиска инженерных идей и решений.

Зарубежные методы, как правило, применяются поисковыми коллективами (мозговой штурм, синектика и др.), но некоторые методы поиска новых технических идей и решений могут применяться также и отдельным проектировщиком (морфологический анализ, метод контрольных вопросов и др.).

Итак, рассмотренные особенности зарубежных и отечественных методов позволяют сделать следующие выводы:

- зарубежные методы наиболее просты, понятны в плане применения, их освоение не требует много времени. Они активизируют студенческую аудиторию и, в частности, студенческую креативную группу, способствуют развитию творческого воображения. Но они позволяют, как правило, решать простые задачи.

- отечественные методы позволяют решать более сложные задачи, которые требуют логической обоснованности, доказательности, аргументации, анализа, а это значит, требуется более высокая подготовка студентов.

- применение отечественных и зарубежных методов активизации поиска инженерных идей и решений в их сочетании, единстве дает значительный результат, как при решении технических задач, так и при формировании практических навыков инженерной деятельности у студентов. Но требует определенного опыта у руководителя группы.

Более подробный анализ зарубежных и отечественных методов активизации поиска инженерных идей и решений приведен в следующих разделах данной работы. Некоторые методы широко известны и достаточно полно изложены в литературе. Но в учебно-методическом пособии «Использование зарубежного опыта решения технических задач в инженерной подготовке студентов» они скорректированы относительно студенческой аудитории.

3.2. Мозговой штурм

Метод мозгового штурма называют также мозговой атакой или конференцией идей. Впервые этот метод предложил в 1939 году американский психолог Алекс Осборн. В настоящее время он имеет множество различных модификаций и находит широкое применение, как в поисковой деятельности, так и в активизации учебного процесса, особенно в зарубежной практике.

Когда появился «мозговой штурм», то он сразу приобрел широкую популярность, ведь он помогает преодолевать психологические барьеры, психологическую инерцию. Пагубное влияние психологической инерции на творческий процесс, как отмечалось выше, осознанно давно. Действительно, психологическая инерция человека во многом определяется специальностью, его знаниями, привычками и т.д. Поиск нового нужно вести группой, причем лучше, если состав участников различается как в области знания, подходов к решению задачи и т.д., в этом случае «психологическая инерция» взаимно уничтожается. Мозговой штурм, безусловно, полезен для решения относительно несложных задач, и то там, где требуются десятки, от силы сотни проб. Для более трудных задач он неэффективен, требуются другие поисковые методы, направляющие на решение задач.

Эффективен мозговой штурм в молодежной аудитории. Здесь важно научиться спорить, высказывать свои мысли, воспринимать аргументы друг друга и т.д. Естественно, что вначале идет бессистемный перебор вариантов: «А если сделать так? А если так? А если...». То есть способ решения осуществляется методом проб и ошибок – МПиО. Аналогичная картина наблюдается всегда, когда решение осуществляется участниками, не знакомыми с методологией решения творческих, изо-

бредательских задач. Но, тем не менее, это самый древний и до недавнего времени единственный метод поиска нового. Пробуя, ошибаясь, так шло развитие технической мысли. Привычным, испытанным путем перебора была попытка создать атомный двигатель. Это не удалось. Сегодня можно твердо сказать – и не могло получиться. Использовать атомную энергию стало возможным лишь после открытия распада ядер урана, когда было создано сложнейшее оборудование по разделению изотопов и многое другое. Изобретатели телефона также работали методом проб и ошибок. Нелегко приходилось творцам прошлого. Целеустремленность, годы работы, преодоление трудностей требовал от изобретателя МПиО. И часто ошибки дорого стоили. И все равно от него отказывались только тогда, когда появилась наука. Сегодня во всех отраслях науки и техники никто не проектирует на основе МПиО. От ненужных проб и ошибок оберегают достижения науки. Наука вытеснила МПиО. Но кроме науки еще необходима и методология разработки творческих и изобретательских задач, а точнее еще нужна наука «изобретательства». Например, в музее истории автомобиля, переходя от экспоната к экспонату, наглядно видно, как менялись, совершенствовались машины, какие задачи при этом возникали и как они решались. Такая же наглядная картина и в музеях авиации, артиллерии, на выставке станков или медицинской техники. И становится очевидным тот факт, что в их развитии возникали похожие задачи и приемы их решения. Музеев много, но один из них – уникальный, где есть все – это мировой фонд изобретений. С анализа этих изобретений и начала развиваться теория изобретательства. Конечно, это трудная задача, выявлять закономерности, правила, приемы, гораздо легче и проще сидеть и гадать: а если сделать так, пошуметь

во время мозгового штурма и т.д. Другими словами, для решения сложных задач необходима теория изобретательства, методология технического творчества.

Но от мозгового штурма не следует отказываться и сегодня, то есть, его значение нельзя абсолютизировать, а также и недооценивать в поисковой, творческой деятельности, избегать крайностей. Он вполне приемлем для решения задач невысокого творческого уровня. Кроме того метод мозгового штурма позволяет оживить занятие, дать ребятам «высказаться», пошутить, посмеяться, не создает такого напряжения, которого требуют другие методы. Однако злоупотреблять им не следует, чтобы не мешать восприятию более эффективных методов теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Работа в рамках метода мозгового штурма проводится в несколько этапов: подготовка, проведение штурма (выдвижение идей), оценка и отбор идей, проработка и развитие наиболее ценных идей. Общее руководство работой на всех этапах осуществляет специалист, компетентный в области решаемых задач, желательно, и в педагогической практике, а также имеющий опыт в проведении научных дискуссий и постановке проблем.

На этапе подготовки формулируют проблему, осуществляют выбор участников поисковой группы. Это генераторы – студенты, обладающие творческим воображением, и эксперты — студенты с аналитическим складом мышления. Под руководством ведущего проводят сессию выдвижения идей, а затем эксперты оценивают эти идеи. Люди, согласно Осборну делятся: на тех, кто генерирует идеи (преобладает творческое мышление) и аналитиков (рассудочное мышление, критическое). То есть, мышление включает два основных аспекта: творческий, который предвидит и порождает новые идеи и рассудочный, который анализирует, сравнивает и оценивает (критический, логический). Анализ способ-

ствуется творчеству: расчленив факты, оценивая и сравнивая их, обобщая и делая заключения. Творческое мышление делает то же самое, но его конечный продукт — творческая идея, а не вывод. Творчество и анализ, критический подход взаимно дополняют друг друга.

Итак, при мозговом штурме процесс поиска разбивается на два этапа. На первом группа «генераторов», обычно не более десяти человек, ищет решения в совершенно свободной беседе, при условии запрета любой критики высказанных идей. Эти идеи на втором этапе рассматриваются ими же или же специальной группой «критиков». Если ими же, то должно пройти определенное время, что бы заново взглянуть на свои же собственные идеи.

Важнейшее значение для достижения целей с помощью мозгового штурма имеет этап генерации, т. е. выдвижения идей. Руководство процессом при генерировании идей требует специфических навыков, соблюдения ряда правил. Наиболее известные из них следующие: запрет критики, запрет обоснования выдвигаемых идей, допустим и «взгляд со своей колокольни», поощрение выдвижения любых идей, в том числе фантастических, нереальных и пр. Давно известно, что боязнь критики тормозит активность, становится помехой для фантазии, только 2% людей способны творчески работать в условиях непрерывной критики, здесь есть чего бояться, это понимает каждый. Конечно, не исключено, что любое новое предложение может оказаться неверным, но оно может стимулировать других, но из боязни встречной критики многие потенциально хорошие идеи, дельные предложения оказываются невысказанными. Это и побудило автора мозгового штурма запретить на первом этапе применения метода любую критику.

Следующая черта руководителя - оптимизм, вера в то, что лучшие предложения, идеи еще впереди. Это позво-

ляет не останавливаться на уже выдвинутых идеях, а расширять спектр направления поиска. Еще одним важным качеством руководителя является доброжелательность, готовность подхватить любую идею, развить ее. Процесс генерации происходит, как правило, в течение небольшого времени -20-30 минут. Здесь не учитывается время на уяснение задачи. Обычно задачи следует давать в общем виде, чтобы расширить поле поиска.

Правила проведения мозгового штурма:

1. Формулировка задания в обобщенных терминах (в общем виде).

2. Набор участников мозгового штурма с учетом психологических особенностей. Обеспечение равной социальной значимости участников (это не обязательно) лучше сказать независимых (начальник и талантливый подчиненный и т.д.). Возрастные факторы и другие. Количество 5- 7 человек.

3. Свободное выдвижение идей. Недопустимость критики идей. Обмен мыслями и сочетание идей.

4. Тщательный анализ всех возможностей, заложенных в каждом предложении. Поиск обобщающих понятий и классификации.

5. Оценка полученных идей может проводиться аналогичной группой с помощью обратного мозгового штурма. Его участники ищут недостатки и ограничения высказанной идеи или технического объекта. Во время такого штурма выявляют и ставят новые технические задачи. Этот метод предложен в подразделениях фирмы «Дженерал электрик».

Итак, как отмечалось выше, метод мозгового штурма применяется, как правило, при решении новых идей для разработчиков проблемы, в условиях отсутствия объема информации, достаточного для проведения логического анализа. В целом же метод мозгового штурма носит уни-

версальный характер, т. е. может быть использован при решении задач различных типов. Существует несколько разновидностей мозгового штурма, отличающихся числом участников, количеством и продолжительностью циклов их работы.

В этом направлении разработан метод **теневого мозговой атаки**, позволяющий значительно расширить круг участников процесса генерирования идей, активизировать работу большого коллектива (более 30 человек). Кроме того, метод позволяет вовлечь в работу ту часть присутствующих, которую смущает необходимость высказаться публично. Как считает автор этого метода А.Б. Попов, разрешить это противоречие можно следующим образом, нужно разделить участников в пространстве и тем самым изменив их форму участия в работе. Для этого нужно отобрать из них тех, кто наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к участникам группы «генераторов мозговой атаки». Во время сессии расположить их вокруг стола, а остальным, отделенным от этой группы, желательно, находиться недалеко и за другим столом, и предложить другой способ участия в теневой атаке, то есть записывать свои мысли на отдельных листках бумаги, не высказываясь вслух. В этом случае им будет легче преодолеть свою стеснительность. Они одновременно находятся и в уединении, и в процессе работы в мозговой атаке, регулируя, по своему усмотрению, степень присутствия в обеих сферах.

Опыт проведения теневого мозговой атаки показал, что участники теневого кабинета, как правило, заносят в списки помимо своих идей все идеи, которые высказываются основной группой «генераторов» вслух. При этом участники теневого группы формулируют идеи более конкретно. Они не только варьируют идеи, высказываемые вслух, но и развивают, углубляют их. Такой метод позволяет вовлечь значительное количество участников и при этом улучшает-

ся качество выдвигаемых идей.

Следующая разновидность мозгового штурма была предложена немецкими учеными, названная ими «кроссом идей». Суть метода заключается в следующем.

Мозговой штурм при всех своих положительных сторонах имеет и некоторые минусы. Одним из них является то, что при мозговом штурме нет состязательности - все идеи становятся общими. И в тоже время известно, что даже спортсмены, соревнуясь, бегут быстрее, чем в одиночку, то есть автор любой выдвинутой идеи решения задачи должен знать, что он будет поощрен за результативные предложения, идеи и не подвергнется критике за неудачные. Количество участников в «кроссе идей» меняется от десяти до тридцати человек. Руководители «кросса» должны стремиться создать у участников самую непринужденную и свободную обстановку.

Правила проведения «кросса идей»:

1. Участникам разъясняется суть и назначение вопроса и ставится задача – разработать конкретные рекомендации.

2. Индивидуальная работа по формулировке рекомендаций (отводится определенное время, по просьбе слушателей его можно увеличить).

3. Руководитель занятий собирает и зачитывает рекомендации, объявляя только очередной порядковый номер без указания автора. Замечания в любом виде запрещены. Особо и неоднократно подчеркивается, что не следует смущаться «сырости» формулировок. Они могут быть доработаны позднее, ведь важны сами идеи.

4. После зачитания каждой из рекомендаций все молча выставляют на отдельном листе бумаги под соответствующим номером оценки данной идеи по пяти бальной системе. Процесс идет без спешки, чтобы было время подумать, прежде чем оценивать ту или иную рекомендацию, или же сделать пометки по изменению, корректировке рекомендации или во-

обще созданию своей идеи, которая появилась в ходе работы.

5. После того, как все рекомендации объявлены, дается дополнительное время, чтобы участники «кросса» могли сформулировать свои дополнительные предложения. Они заслушиваются по второму кругу и вновь без всякой критики. Но должны давать критические замечания уже совсем другие участники. Далее, нельзя тут же продолжать сеанс, нужно перенести его на следующую неделю. Еще раз обращается внимание на то, что нельзя смешивать эти два цикла, то есть процесс генерирования и оценки, их нужно разделить полностью.

6. Подсчитываются баллы по каждому из предложений. Участники, получившие максимальное количество баллов, признаются победителями и получают грамоты за активную работу или призы.

В результате проведения «кросса» руководители его не только получают существенное количество новых идей, но и оценку их значительным количеством экспертов, составляющих группу участников. Описанные правила проведения «кросса идей» пригодны также для экспертного поиска любых самых различных решений.

Если поиск решений участниками ведется не индивидуально, а командами, то такой вариант называется «эстафетой идей». В этом случае идеи внутри команды формируются совместно, а соревнование идет между командами.

Важный этап мозгового штурма — проведение анализа. Основная последовательность действий при анализе каждой идеи может быть представлена в виде следующей схемы:

1. Уяснение идеи в виде, сформулированном на этапе генерации.
2. Обобщение идеи, выяснение принципа.
3. Оценка перспективности принципа.
4. Наполнение принципа конкретным содержанием.

5. Развитие полученной идеи.
6. Классификация принципов.
7. Формулирование полной системы.

Характер работы аналитиков в какой-то мере (особенно при выполнении этапов 6 и 7 пунктов схемы) аналогичен работе, проводимой при исследовании метода морфологического анализа, который будет приведен ниже. Важнейшим на этапе анализа является требование выявления рационального зерна, полезного принципа в каждом предложении, представленном генераторами.

Следует отметить, что сравнительный анализ идей так же, как и классификация принципов, невозможен без приведения всех уровней обобщения к единству. И в этом плане можно предложить следующие рекомендации, используя следующие уровни обобщения:

- формулировка целей и целей альтернатив;
- определение функциональных принципов достижения целей;
- определение структурных принципов реализации функции;
- определение физических принципов реализации структуры;
- описание технических устройств, осуществляющих конкретный физический принцип.

В качестве разминки при мозговом штурме можно предложить следующие задачи, более того каждый преподаватель может предложить и свои собственные.

Пример 1.

В ремонтно-восстановительном цехе ремонтируют автомашины специального назначения (полицейские, пожарные, машины скорой помощи и др.). При этом создается высокий уровень шума и импульсного светового излучения: бьют кувалды, полыхают огни кузнечных горнов, электро- и газосварки, шипят вода и воздух на обмывоч-

ных, окрасочных и обдувочных участках, воют проверяемые сирены машин. Необходимо в плане техники безопасности предложить способ сигнализации о пожаре или иной чрезвычайной ситуации?

Пример 2.

Радиоэлектронная аппаратура выделяет довольно много тепла. Если она находится в герметично закрытом шкафу, это приводит к перегреву радиоаппаратуры. Вентиляторы не помогают – они лишь гоняют раскаленный воздух. В тоже время шкаф имеет большую поверхность и мог быть неплохим радиатором. Недостаток в том, что воздух плохой проводник тепла и медленно отдает его металлической стенке. Необходимо предложить систему, решающую эту проблему.

Пример 3.

В исследовательских целях потребовалось определить потери смазочного масла в агрегате от испарения. Обычно измеряют количество масла до испытаний и после, затем находят разность. Однако трудно собрать все масло после проведения испытаний, поскольку какая-то часть его все равно остается на элементах агрегата, а значит и точность способа мала. Необходимо предложить новый способ определения потерь смазочного масла.

Пример 4. Из-за неожиданно суровой зимы в водопроводной трубе образовались ледяные пробки. Как их ликвидировать?

Пример 5. Как с помощью химической реакции получить магнитное поле?

Пример 6. (психологическая ловушка). Как разбить число 10 на два числа, в произведении дающих 40?

Пример 7. Алмаз – самое твердое вещество на Земле, им можно резать любые материалы, за исключением мягкого железа - об него алмазный инструмент сразу тупится. Как это объяснить?

3.3. Синектика

Как отмечалось выше, мозговой шторм имеет множество разновидностей. Самая эффективная форма и, пожалуй, самая сложная - это созданная в 1960 году американским исследователем Уильямом Дж. Гордоном - «синектика». Он организовал фирму по обучению творческому мышлению «Синектис инкорпорейтед», которая обучила несколько тысяч человек и приобрела широкую известность. Слово «синектика» греческого происхождения, означает совмещение разнородных элементов.

Группа синектики должна состоять из представителей различных специальностей. Критериями отбора специалистов для этой группы служит гибкость их мышления, широта знаний, воззрений, желательно, и контрастность психологических типов. Состав группы 5-7 человек.

Основное правило синектики – избегать шаблонного мышления, видеть задачу с разных точек зрения. Преодоление психологической инерции является основным принципом работы. Как отмечалось выше, под психологической инерцией понимают привычку, к шаблонному мышлению, стремление делать «как всегда, как все», которым в разной степени обладают все. И это, действительно, необходимо, так как было бы просто странно, если бы мы каждый раз на привычные действия искали бы новое решение, и если бы конструктор в каждой чертеже изобретал бы новые крепежные изделия – винты, гайки и т.д. Но при поиске нового психологическая инерция очень серьезное препятствие.

При работе в группе синектики необходимы следующие качества:

- уметь абстрагироваться от обычного суждения;
- выделять главное в данном объекте;
- продолжать поиск и верить в то, что впереди будут еще лучшие варианты;

- благожелательно воспринимать чужие идеи;
- уметь находить в обычном явлении – необычные качества и, наоборот;
- видеть в явлениях особенное, что иногда ведет к дальнейшему развитию объекта.

Главный принцип работы в группе синектики - использовать при решении задач различные виды аналогий и простейшие приемы технического творчества. Наиболее часто применяют следующие виды аналогий: прямая аналогия (реальная), личная аналогия, символическая аналогия, фантастическая аналогия (нереальная) и др. Рассмотрим некоторые из них.

Довольно часто при решении задач используется прямая аналогия (реальная), то есть идею решения получают путем применения аналогичного, известного решения, «подсказанного» технической литературой, или принципа взятого из других отраслей и не только техники. Особый интерес в настоящее время вызывают принципы, которые присущи самой природе, «подсмотренные» в природе. Так, например, при проектировании Останкинской телебашни, проектировщикам долгое время не удавалось решить задачу, в которой необходимо было найти оптимальное соотношение высоты, ширины и устойчивости. Решение было найдено на основе принципа, существующего в природе – особое переплетение волокон колоска, позволяющее при малом поперечном сечении и значительной высоте сохранять вертикальное, устойчивое положение. Этот принцип, а также и другие решения были применены, смоделированы в процессе строительства Останкинской башни.

В наше время появилась новая наука - бионика, суть которой заключается в использовании в технике «механизмов, принципов природы». Например, в металлических конструкциях порталных кранов, в мачтовых соо-

ружениях, в перекрытиях производственных зданий применяются пространственные однотипные «кристаллы» - тетраэдры, октаэдры и т.д. Идея использования в конструкциях повторяющихся стереометрических фигур взята из строения пчелиных сот; из наблюдения над низшими морскими организмами - радиоляриями, структура которых позволяет им преодолевать огромное гидростатическое давление. В основу перехода от одного многогранника к другому положен модуль, равный $\sqrt{2}$, по аналогии со строением раковины улитки. Подобных примеров можно привести множество.

Следующий тип аналогии - личная аналогия, ее называют еще персональной, субъективной или эмпатией. Прием эмпатии означает отождествление себя с другим объектом. Иногда об этом говорят; поставить себя на место другого. Другими словами «почувствовать» те или иные процессы, нагрузки, вообразить их результаты. В древности этот метод широко применялся народными умельцами, талантами. Не обладая системой научных знаний, они на основе интуиции, особого видения часто решали сложнейшие практические задачи, и не только с позиций человеческих ощущений, но сюда привлекали аналогии и из мира животных, растений, наблюдений своих и т.д. Талантливый инженер всегда «чувствует», именно чувствует, а не только основывается на теоретических принципах, слабые звенья конструкции, хотя это понимание можно назвать и по-другому, выразить через другие способности человека. По этому поводу имеется множество различных точек зрения ученых из различных областей науки.

Определенный интерес представляет символическая аналогия, еще ее называют абстрактной. Здесь наблюдается попытка передать сущность специального термина посредством художественного образа, поэтической метафоры, обобщения, фразеологии, сравнения, в котором характери-

стики одного предмета отождествляются с характеристиками другого. В обиходной речи мы часто слышим, пользуемся приемами символической аналогии: устье реки, головка молотка, дерево решений, дерево отказов, заглушить вибрацию, подавить сопротивление и т.д.

Фантастическая аналогия – нереальная, позволяет представлять вещи и процессы, какими в идеале мы хотели бы их видеть. Разумеется, что фантастические запросы и желания выполняются не фантастическими существами или средствами, а используется лишь аналоговая терминология. Прием фантазии связан с желанием получить то, чего желаешь. Например, дорога существует только там, где с ней соприкасаются колеса транспорта.

Использование фантазии для получения, для стимулирования новых идей заключается в размышлении над некоторыми фантастическими решениями, в которых при необходимости используются нереальные вещи или сверхъестественные процессы. Часто бывает полезно рассматривать идеальные решения, даже если это сопряжено с некоторой долей фантазии. Разумеется, есть надежда, что размышления подобного рода могут натолкнуть инженера на новую идею или точку зрения, которая, в конечном счете, приведет к новому устройству, осуществимому решению.

Пример 1. Автомобиль везет свою дорогу.

В США создано мобильное дорожное полотно, которое прокладывается по болотам и иным труднопроходимым местам для наведения временных путей сообщения. Временная дорога расстилается за считанные минуты, достаточно крепка и надежна для того, чтобы по ней прошли тяжелые грузовики. Полотно имеет стальное покрытие, но может быть выполнено из стекловолокна или древесины. Пористые пластмассовые наполнители не позволяют дороге утонуть в грязи и слякоти. Дорога плавает и на воде, но запас пла-

вучести ее невелик и для преодоления водных преград, она служить не может. Полотно легко свертывается, его отдельные планки - секции соединены нейлоновыми шарнирами.

Для прокладки дороги в труднопроходимой местности служит специально оборудованный транспортер, но это необязательно — ее несложно раскатать и другими механизмами.

Пример 2. Ковер-электростанция.

Электроэнергию дает ковер. На выставке изобретений в Женеве автор Лунгрен продемонстрировал волшебный ковер, который напоминает ковер лишь сверху, а под ним валы, рычаги, зубчатые колеса. Они движутся под давлением человеческих ног и вращают генератор. Вырабатываемое электричество может поступать непосредственно в сеть или подзаряжать аккумуляторы.

Ковер смонтирован в коридоре одного из училищ: производительность его во время перемены, когда по коридору бегают полсотни учеников, тысячи ватт. Одного шага достаточно, чтобы флуоресцентная лампа горела одну секунду. Ковер может найти широкое применение в школах, магазинах, институтах, кинотеатрах и иных зданиях, где велико скопление людей.

Широко применяется также принцип инверсии. Инверсия — принцип «наоборот». Прием инверсии означает - выполнить что-нибудь наоборот. Ему присущи такие выражения: перевернуть вверх ногами, вывернуть наизнанку, поменять местами и т.д. Если объект рассматривается снаружи, то возможно достигнуть желаемого результата, если его исследовать изнутри. Если какой-то объект расположен вертикально, то применение инверсии означает, что его ставят горизонтально, и наоборот.

Пример 1. Измерение размера детали при токарной обработке обычно выполняют путем контроля размера детали в процессе работы. Это сложно, но если контролиро-

вать расстояние между копировальным щупом и резцом, то можно гарантировать абсолютно точное изготовление деталей. Этот принцип лег в основу новых прецезионных токарных станков, созданных в Швейцарии. При обработке на них изделий с припуском 20-30 мкм не требуется последующее шлифование.

Пример 2. Инженеры минского радиотехнического института предлагают трудно деформируемые и легкоокисляющиеся металлы и сплавы ковать в вакууме и при этом обрабатывающий инструмент и заготовку не нагревать, а охлаждать до 0°C — до порога хладноломкости.

Пример 3. Согласно авторскому свидетельству № 659276 изобретен новый способ сушки керамических литейных форм и стержней. Сушат в жидком азоте, выдерживая в нем изделия до полного испарения газа, т.е. изделия сушат не нагревая их, а охлаждая.

Пример 4. В литейном производстве, при отливке крупногабаритных тонкостенных деталей желательно, чтобы металл поступал в форму сверху, а отверждение его шло снизу вверх. Но лить металл в форму допустимо с высоты не более 15 см. В противном случае он сгорит или пропитается газами. Как же быть, если форма имеет высоту два-три метра? При подаче металла снизу первые его порции затвердеют и закроют доступ ему в верхние части формы. Решение: металл идет по трубам, опущенным ко дну формы. По мере заполнения сама форма движется вниз, и каждая порция металла попадает именно туда, где она должна затвердеть.

Итак, последовательность действий синектического процесса при решении проблем можно выразить в следующей схеме:

- 1) проблема, как она дана, то есть, постановка проблемы в общем виде;

- 2) анализ проблемы для ознакомления с ней — дискуссия, в ходе которой члены группы выявляют свои взгляды

на очевидные решения, которые не выходят обычно за рамки простых сочетаний существующих решений (этот этап напоминает мозговой штурм);

3) отсеивание первых решений;

4) проблема, как она понята — определяют главные трудности и противоречия, препятствующие решению проблемы;

5) наводящие вопросы - на этом этапе руководитель предлагает дать решение, используя последовательно каждый из вышеперечисленных типов аналогий;

6) развитие аналогий — обыгрывание аналогий, выявление их значений, проигрывается каждый наводящий вопрос, связанный с той или иной аналогией;

7) использование аналогий — применение понятий аналогий к пунктам 1 и 4 для генерирования идей;

8) осуществляется выбор альтернатив. Если возникла новая идея, то ее развивают и оценивают. Если новой идеи нет, то превращают привычное в «не привычное» или, наоборот; «не привычное» в привычное. То есть делают попытки взглянуть на задачу с какой-то новой точки зрения и тем самым сбить психологическую инерцию. Это осуществляется поиском новых аналогий путем наводящих вопросов и повторением стадий (пункты 6 и 7).

Далее, можно заново сформулировать пункт 1 и проделать все последующие операции.

Вот примерно по такой схеме участники синектической группы решают изобретательские задачи. Ход синектического решения обязательно записывается, фиксируется, чтобы впоследствии эту запись тщательно проанализировать с целью изучения тактики таких решений.

Эффективность этого метода существенно зависит от умения руководителя, его опыта направлять в нужное русло ход решения задачи, а также от опыта совместной работы конкретной группы при решении задач.

3.4. Метод контрольных вопросов

Метод контрольных вопросов относится к индивидуальным методам активизации творческого процесса поиска инженерных решений. Цель этого метода — облегчить поиск решения задачи с помощью наводящих вопросов, то есть если в методе «каталога» использовались случайные подсказки, то в данном методе специально подобранные.

В отечественной практике также разработаны списки контрольных вопросов, но они не имеют широкого применения у разработчиков технических систем. Метод контрольных вопросов широко применяется в педагогической практике, но вопросы, как правило, направлены на воспроизведение полученных знаний, а не на поиск технических решений. Предлагаемые в данной работе вопросы ориентированы на процесс технического творчества. Разумеется, данные образцы можно доработать, корректировать относительно конкретных задач, дополнять, расширять и т.д. Их так же можно рекомендовать для самостоятельной работы для студентов при выполнении курсового проекта и других технических заданий.

В зарубежной практике списки таких вопросов предлагались многими авторами, наибольший интерес, на наш взгляд представляют нижеприведенные.

Инженер отвечает на вопросы, содержащиеся в списке, рассматривая свою задачу в связи с этими вопросами. Их может использовать и преподаватель, для активизации студентов при поиске решений, а также давать на дом задания. В США наибольшее распространение получил список вопросов А. Осборна. В этом списке 9 групп вопросов:

«Что можно в техническом объекте уменьшить»? «Что можно в техническом объекте перевернуть?», и пр. Каждая группа вопросов содержит под вопросы. Например, вопрос «что можно уменьшить» включает под вопросы: можно ли

что-нибудь уплотнить, сжать, спустить, конденсировать, применить способ миниатюризации, укоротить, сузить, отделить, раздробить.

Существует также список вопросов математика Д. Пойа. Этот список отличается тем, что вопросы в нем составляют определенную систему. Список Д. Пойа предназначен преимущественно для решения учебных математических задач.

Наиболее полным и удачным для решения технических задач является список вопросов английского инженера Т. Эйлоарта. Приведем этот список.

1. Перечислить все качества и определения предполагаемого изобретения. Изменить их.

2. Сформулировать задачи ясно. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные задачи и аналогичные задачи. Выделить главное.

3. Перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предложения.

4. Набросать фантастические, механические, физические и другие аналогии.

5. Построить математическую, механическую, гидравлическую, электронную, механическую и другие модели (модели точнее выражают идею, чем аналогии).

6. Попробовать различные виды материалов и виды энергии: газ, жидкость, твердое тело, гель, пену, пасту и пр.; тепло, магнитную энергию, электрическую, свет, силу удара и т.д.; различные длины волн, поверхностные свойства и т.п.; переходные состояния: замерзание, конденсация, переход через точку Кюри и т.д., эффекты Джоуля-Томпсона, Фарадея и др.

7. Установить варианты, зависимости, логические совпадения, возможные связи.

8. Узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей.

9. Устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая все и каждую идею без критики.

10. Попробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское, простое и нестандартное русское и т.д.

11. С проблемой, то есть, постоянно думая о ней, гулять, идти на работу, ехать и т.д.

12. Бродить среди стимулирующей обстановки (технические музеи, выставки), просматривать в данном направлении журналы, книги и т.д.

13. Набросать таблицы увеличений, перемещений, типов, материалов и т.д. для разных ее частей, искать пробелы в решениях или новые ее комбинации.

14. Определив идеальное решение, далее, разработать реальные, которые можно осуществить.

15. Видоизменить решение проблемы с точки зрения времени (скорее или медленнее), размеров, вязкости и пр.

16. В воображении представить внутреннее устройство механизма.

17. Определить альтернативные проблемы и системы, которые удаляют определенное звено из цепи и, таким образом, создают нечто совершенно иное, уходя в сторону от нужного решения.

18. Чья эта проблема? Почему его?

19. Кто придумал это первый? История вопроса. Какие ложные толкования этой проблемы имели место?

20. Кто еще решал эту проблему? Чего он добился?

21. Определить общепринятые граничные условия и причины их установления.

Метод контрольных вопросов по конструкции исследуемого узла

1. Для чего служит данный узел? Если его убрать, какие функции перестанет выполнять изделие?

2. Что является главной функцией узла? Как сформу-

лизовать его главную функцию в изделии?

3. Как точнее назвать узел, чтобы название отвечало существу выполняемых им функций?

4. К каким разделам машиностроения отнести техническую задачу, которая решается с помощью данного узла? (например, крепление кожуха — это разъемное соединение двух деталей и т. п.).

5. Как в других разделах машиностроения решаются подобные задачи? Сколько функций выполняет узел?

6. Можно ли сократить число функций, которые выполняет узел? (Например, вместо «соединяет», «фиксирует», «передает», только «фиксирует»).

7. Каким другим образом можно обеспечить выполнение требуемых функций?

8. Что говорят справочники о конструктивных вариантах выполнения тех функций, которые выполняет узел?

9. Является ли узел самостоятельным или он не выполняет самостоятельных функций?

10. Можно ли разделить его на независимые узлы?

11. Если узел разборный, нельзя ли его сделать неразборным и, наоборот?

12. Какой технический цикл узла наиболее «слабый»? Нельзя ли устранить холостые ходы в работе узла, если они имеются? (Производство, эксплуатация, технология). Нельзя ли его отделить от узла?

13. Какое конструктивное решение в узле совершенно очевидно? Так ли это?

14. Что получится, если неподвижную часть сделать подвижной. А подвижную — неподвижной?

15. Не забыли Вы, что является главной функцией узла? Какие детали «работают» на нее?

16. Если узел работает непрерывно, как его выполнить, если «непрерывно» заменить «периодически»?

17. Нельзя ли устранить «холостые ходы», если они

имеются?

18. Какие факторы в работе узла наиболее «вредные», нельзя ли их использовать? (Например, трение, нагревание и т.д.).

19. Нельзя ли дорогой элемент заменить наиболее дешевым?

20. Нельзя ли заменить механическую схему электрической, оптической, тепловой и т.д.?

21. Нет ли деталей, выполняющих одинаковые функции?

22. Нельзя ли то, что в узле выполняется до сборки выполнить в процессе сборки?

23. Что необходимо для упрощения сборки?

24. Что получится с изделием, с узлом, если они будут совершать действия, противоположные тому, что от них требуется?

25. Что произойдет, если закрепить узел «кверху ногами», повернуть на 90 градусов?

26. Как может измениться узел, если попытаться получить не искомые 100% технико-экономического эффекта, а чуть меньше?

27. Можно ли исключить какие-либо детали?

28. Можно ли объединить детали?

29. Можно ли уменьшить размеры узла?

30. Можно ли сделать менее жесткими технические требования к узлу?

31. Можно ли заменить специальные детали стандартными?

32. Какие технологические процессы необходимы для сборки? Можно ли применить другой более экономичный техпроцесс сборки узла?

33. Можно ли заменить один вид соединения другим? (например, винтовое соединение на заклепку).

34. Можно ли заменить разъемные соединения неразъемными?

35. Какие материалы необходимы для данного узла?

Что произойдет, если их заменить и т.д.?

В методе контрольных вопросов сделана попытка с помощью серии вопросов решать любые творческие задачи, в том числе и изобретательские. Авторы списков при их составлении, безусловно, включали вопросы, подсказанные изобретательским опытом. Поэтому этот метод, конечно, эффективней бессистемного перебора вариантов (метод проб и ошибок). Но вопросы отбираются без учета законов развития технических систем, поэтому многие из них носят слишком общий и поверхностный характер.

Применение метода возможно на начальных этапах постановки или решения несложных задач.

3.5. Построение дерева целей-средств

Известно, что при необходимости одновременного рассмотрения 7-10 вариантов решения, человек испытывает психологический дискомфорт. И в этом плане широко используются различные вариации наглядных представлений поля поиска и, в частности, в виде дерева целей – средств, на котором показаны связи между целями и возможными путями их достижения (Рис. 10).

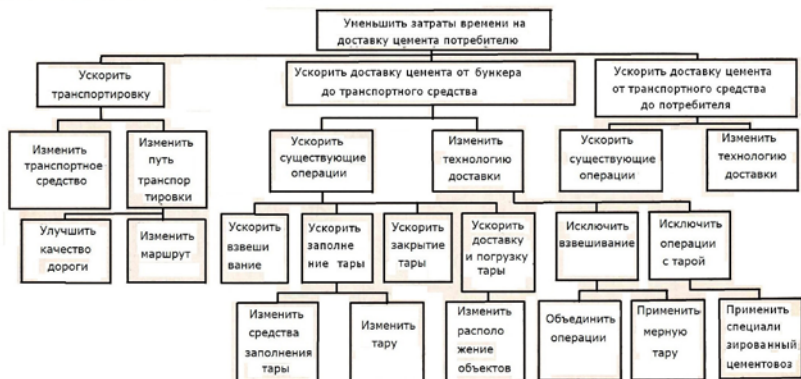


Рис. 10. Фрагмент дерева целей-средств для проблемы «Уменьшить затраты времени на доставку цемента потребителю»

Сегодня метод построения «дерева» довольно распространенный. Это и «дерево отказов», «дерево событий» и т.д. Впервые подобный подход был разработан в японской практике, в частности, разновидностью этого метода является причинно-следственная диаграмма Исикавы, получившая шутовское название «рыбий скелет» (рис. 11). Такие диаграммы широко используются в Японии, и они играют роль «карты боевых действий».



Рис. 11. Причинно-следственная диаграмма Исикавы

Итак, это направление достаточно полно и основательно рассмотрено в литературе, поэтому здесь приводится лишь общий ход данного метода, с выделением наиболее значимых моментов.

Графическое изображение «дерева», а также решаемые проблемы при помощи такого метода довольно разнообразны и многообразны (рис. 12, 13, 14 стр. 128).

Наиболее простой вид графического изображения, на наш взгляд, показан на (рис. 10), где в качестве примера приведен фрагмент такого дерева для решения проблемы - «уменьшить затраты времени на доставку цемента с завода потребителю». В вершине дерева целей (на нулевом уровне) дана общая цель, достижение которой необходимо для решения проблемы. От вершины ветвятся возможные пути достижения этой цели, намечающие направление решения проблемы. При этом каждая фор-

мулировка описывает средство для предыдущего уровня и цель для последующего. На самом нижнем уровне дерева «висят» решения, описывающие конкретные технические средства. Если на дерево нанести ограничение, то получим ряд возможных решений проблемы, одно из которых является предпочтительным (оптимальным).

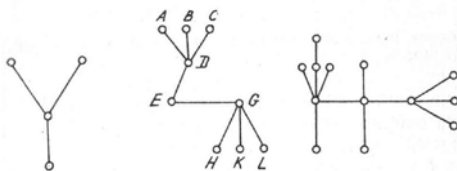


Рис. 12. Примеры деревьев
Примеры упорядоченных деревьев также представляют различные варианты.

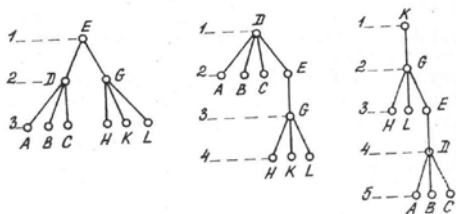


Рис. 13. Примеры упорядоченных деревьев

Метод дерева целей-средств также сохраняет последовательность прохождения стандартных четырех основных этапов:

- постановка задачи;
- поиск вариантов

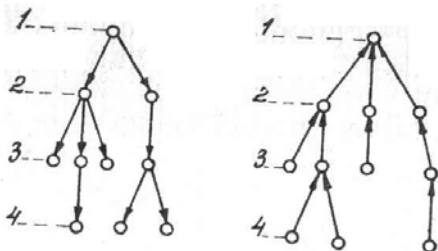


Рис. 14. Примеры нисходящего (слева) и восходящего (справа) упорядоченных деревьев.

- анализ вариантов
- оценка вариантов и выбор решения.

Поставить задачу – значит уточнить исходную проблемную ситуацию, определив цель, ограничения и критерий выбора решений. Цель описывает желаемый результат. Определить цель – значит ответить на вопрос: «Что мы будем иметь в результате решения?» Обычно в формулировке цели указывается два состояния: исходное и конечное (желаемое).

Ограничения указывают условия, при которых до-

стижение цели можно считать приемлемым. Эти условия обычно имеют вид запретов на необходимость применения какого-либо определенного средства достижения цели. К ограничениям относятся указания на допустимые размеры, затраты ресурсов и на количественные характеристики решения, не отраженные в формулировке цели и т.д.

Критерий выбора решений отражает тот из наиболее существенных признаков, по которым его можно будет выделить среди множества возможных решений, обеспечивающих достижение цели при заданных ограничениях. По критерию проводится оптимизация решения.

В результате постановки задачи получается, по сути дела, «модель решения», которая служит ориентиром на последующих этапах. Особенно на этапе оценки вариантов и выбора решения. Однако в процессе поиска подобная модель, сформулированная на уровне внешних характеристик, помогает мало. Дело в том, что каждое техническое решение должно удовлетворять требованиям трех уровней. Решение должно быть:

- физически осуществимым, то есть соответствовать уровню развития науки и техники (быть не фантастическим, а реальным);
- технически реализуемым (соответствовать ресурсам и современному научно-техническому потенциалу);
- экономически выгодным. Здесь обязателен учет срока реализации. Выбранный вариант технического решения, которой будет реализован через полгода, значительно отличается от проекта, которой будет реализован, например, через пять лет, и, естественно, будет содержать более совершенные, не освоенные пока возможности, средства.

Модель решения при постановке задачи формулируется, как правило, на уровне экономики и отчасти техники. Для любого технического средства (проведя его анализ) можно определить все характеристики на любом уровне. В

том числе – всю совокупность целей, которые могут быть достигнуты с помощью этого средства.

Несовпадение уровней описания модели решения (цели) и самого решения (средства), а также информационный разрыв между ними – это основное противоречие поиска новых решений. Разрешение этого противоречия и преодоление барьера неопределенности и незнания осуществляется за счет перебора вариантов. Сначала намечается несколько вариантов решения, затем с помощью анализа определяются характеристики этих вариантов на требуемом уровне, после чего путем сравнения выявленных характеристик с моделью решения производится отсев всех непригодных вариантов и выбор наиболее значимого решения. Другими словами, сначала поле поиска расширяется, а затем сужается до одного варианта. Расширяется при синтезе, сохраняется при анализе и сужается при выборе решения. Ясно, что расширение поля поиска должно быть минимальным и в то же время должно перекрывать район оптимального решения. Такой поиск называется направленным. Он наиболее рационален, экономичен и эффективен. Реализовать направленный поиск можно путем ступенчатого расширения и сужения поля поиска по уровням «дерева целей – средств» при движении от цели (вершины) к вариантам средств. При этом нет необходимости строить все дерево, достаточно того, что попадает в локальные расширения.

Перебор вариантов как универсальная стратегия поиска решений в условиях неопределенности распространен довольно широко. Но перебор перебору рознь, здесь, в методе «дерева целей-средств» осуществляется не бессистемный подход, а метод последовательных приближений, когда каждая последующая проба уточняет предыдущий вариант, приближая нас к решению. Ясно, что такая форма перебора гораздо рациональней.

Далее, чтобы перебор был направленным, надо уметь

сформировать поисковые ограничения, выводящие в район предпочтительного решения. Возможность создания поисковых ограничений, как правило, связана с сущностью наших представлений о новом решении.

В то же время опыт решения оптимизационных задач показывает, что для уменьшения перебора необходимо максимально учитывать особенности рассматриваемой задачи. За счет такого подхода удастся в ряде случаев настолько упростить задачу, что она решается достаточно доступными средствами, т. е. даже без применения математических и технических средств.

Преодолеть же барьер перебора именно большого числа вариантов даже просто количественных и даже с помощью компьютерных технологий - задача далеко не простая. Поэтому, например, в математическом программировании (разделе математики в наибольшей степени связанном с перебором) высоко ценятся методы, позволяющие резко сократить количество рассматриваемых случаев. Необходимость в ограничении перебора разумными пределами настолько велика, что в рамках строгих математических методов начинают широко пользоваться приближенными, эвристическими методами. Но для того, чтобы реализовать экономный перебор при поиске новых технических решений, необходимо преодолеть ряд барьеров. Например, существенный барьер на пути к решению заключается в том, что, как правило, решающий задачу, за отдельными «веточками» не видит дерева. Обычно задача осознается на нижних уровнях дерева. Далее, следует учесть также и такой момент, что человеческому мышлению присущи стереотипы, в которых закреплено все часто повторяющееся решения в прошлом опыте. Стереотипы эти навязывают человеку психологические ограничения, резко сужающие поле поиска вокруг исходной задачи и путей ее решения. В результате перебор вариантов идет только на «веточках»

вниз от сформулированной задачи. Причем чаще всего, эти варианты представляют собой небольшие видоизменения известных технических средств. Количество сгенерированных идей обычно находится в пределах десятка. И при условии, что реальные ограничения не шире психологических, при стандартном подходе, т.е. за счет интеллектуальных возможностей исследователя, решение находится быстро. Однако для решения высокого уровня, дающего наибольший эффект, характерны более радикальные изменения по сравнению с известными средствами. Выход на такое решение требует пересмотра и обобщения задачи. Необходим переход на другие, крупные и отдаленные ветви дерева в рамках истинных ограничений, которые значительно шире психологических. В этой ситуации психологические ограничения становятся ложными, а порождающая их психологическая инерция является не значительным препятствием для необходимого расширения поля поиска.

На преодоление барьера ложных ограничений приходится тратить много сил и времени. Примеры подобных издержек в своей практике может привести любой инженер. Это ситуация, когда нужное решение никак не дается в руки, время уходит, упущены возможности, а хорошая идея приходит после запуска машины в производство. В результате всегда потери – от мелких неудобств до серьезных материальных убытков.

Применение метода «дерева целей-средств» может быть использовано как в качестве индивидуального, так и коллективного метода поиска технических решений.

3.6. Морфологический анализ

Морфологический анализ относится как к индивидуальным, так и к коллективным методам активизации творческого процесса поиска инженерных решений, основан на

комбинировании признаков объекта. Данный метод предназначен для расширения поля видения проблемы, обеспечения объективности при анализе вариантов, вскрытия резервов и реализации нового на основе уже существующей элементной базы. И, действительно, при решении многих задач часто бывает трудно охватить все многообразие комбинаций возможных решений. Эти затруднения помогает преодолеть метод, получивший название морфологического анализа, предложенный в 1942 году швейцарским астрономом Фрицем Цвикки. Цель этого метода – выявить наибольшее количество возможных вариантов решения данной проблемы, в том числе и неожиданных, необычных, которые обычно при простом переборе бывают упущены. Выявление и анализ возможных вариантов осуществляется на основе закономерностей строения исследуемого объекта (морфология). Другими словами, «морфология» здесь понимается как различные внешние и внутренние формы и свойства исследуемого объекта. Морфологический анализ – это целостное исследование, из которого можно объективно вывести все решения данной проблемы. Следует отметить, что этот метод требует определенной кропотливости, аккуратности, но он не сложный, хотя и требует определенной компетентности и творческого подхода. Эффективность его достаточно высокая.

Метод предусматривает выполнение работ в пять следующих один за другим этапов, результаты которых для наглядности удобно оформлять в виде таблицы. Схема метода:

1. Формулируют цель, задачу, полное и точное определение исследуемого объекта.

2. Выявляют и раскрывают набор характеристик объекта, его параметров, функций, необходимых для существования и функционирования объекта. Определяют главные функции, присущие объекту исследования. Далее, составляют список всех характеристик объекта. При

выборе функций следует учитывать следующие условия: существенность, независимость друг от друга, по мере возможности охват всех аспектов проблемы, относительная равноценность, а это значит, что при рассмотрении достаточно широких функций не следует наравне с ними включать более мелкие и частные функции, это дает возможность быстрее изучить приведенные решения. Следует отметить, что сформулировать функции сложно при решении новых проблем. Здесь требуется опыт и знания в данной области.

3. Перечисляют все возможные (альтернативные) средства осуществления каждой функции (параметра), т.е. перечисляют по каждой характеристике возможные варианты ее исполнения. Полученные варианты для наглядности удобно оформлять в виде таблицы.

4. Составляют все возможные комбинации вариантов, определяют их функциональную ценность, исключают из рассмотрения технически несовместимые, не новые.

5. Анализируют различные сочетания и осуществляют выбор наилучших решений. Наиболее простой принцип отбора — из каждого ряда выбирается значение параметра, получающее наибольшую оценку по некоторым критериям. При этом необходимо проверить совместимость таких решений.

Обычно поиск и оценку идей прекращают, как только выявлено несколько практически полезных комбинаций.

Морфологический анализ позволяет расширить область поиска. Наиболее целесообразно использовать его при исследовании ограниченных областей поиска, например: при проектировании новых технологических систем, поиске новых схемных, агрегатных или компоновочных решений. Основной недостаток – невозможность рассмотрения всех возможных вариантов решений ввиду их чрезмерного количества. Более того, в таком сочетании содержится и масса побочных бесперспективных решений, а также можно упустить при составлении какую-нибудь важную

характеристику или ее вариант.

Рациональный план анализа технического решения включает следующие действия:

- составляется перечень обязательных требований к качеству выполнения каждой частичной функции;
- из морфологической карты исключаются варианты частичных решений, не удовлетворяющие обязательным требованиям
- составляется перечень парных сравнений и оставшиеся частичные решения проверяются на совместимость;
- перечисляются все комбинации частичных решений.

На этапе выбора технического решения составляются возможные решения, обеспечивающие достижения поставленной цели, и выбирается лучшее. Процесс выбора технического решения характеризуется высокой степенью неопределенности, обусловленной недостаточной информацией для обоснованного принятия решения. Обычно анализируется несколько вариантов, которые сравниваются относительно дополнительных требований, таких, например, как конструктивная целесообразность, совершенство кинематической и силовой схемы, простота устройства, габариты, масса, затраты энергии, надежность, сложность изготовления, удобство обслуживания и т.д.

Для каждой конкретной группы машин должны быть выбраны наиболее характерные требования — показатели новой техники. Как правило, вариант технического решения, оптимальный с точки зрения одного требования, не является оптимальным с точки зрения других требований. Выбирается компромиссное решение, которое обладает приемлемой эффективностью в заданном диапазоне технических требований.

Примером удачного применения метода морфологического анализа может служить матрица поиска, в которой систематизирован массив приемов - эвристик решения

конструкторских задач. Здесь следует отметить, что, к сожалению, сегодня недостаточно (почти полное отсутствие) специальных альбомов конструктивных приемов исполнения отдельных узлов с технологическими характеристиками и экономическими оценками. Матрица поиска помогает собирать и классифицировать необходимую информацию.

При решении конструкторских задач в морфологическом анализе используют десять основных принципов: **неология, адаптация, мультипликация, дифференциация, интеграция, инверсия, импульсация, динамизация, аналогия, идеализация**. Данные принципы характеризуют такие изменения объекта, как геометрические, физико-механические, энергетические, конструкторско-технологические, надежности, долговечности, эксплуатационных показателей, степени стандартизации, удобства обслуживания.

Рассмотрим содержание основных принципов, применяемых в матрице поиска:

- **принцип неологии** — приспособление имеющихся в других отраслях разработок, перенос технических систем в новую область использования. Он требует от инженера общетехнической и общенаучной эрудиции, хорошей информированности. Не случайно около 80% конструкторских разработок по новой технике невозможно патентовать, так как предмет разработок был кем-то когда-то изобретен. Пример: на основе реактивного двигателя создан реактивный канавокопатель.

- **принцип адаптации** — приспособление известных процессов, конструкций, форм, материалов для конкретных условий.

- **принцип мультипликации** — умножение функций и деталей системы. Умноженные системы остаются однотипными. К мультипликации может быть отнесен любой переход от модели к реальной конструкции. «Возвеличивание» технического объекта до предельно возможных размеров дало огром-

ное количество новых технических устройств — гигантские экскаваторы, самосвалы, огромные прессы, прокатные станы и т.д. Самые разнообразные решетчатые металлические конструкции создаются из двух типов модулей. Приемы агрегатирования тоже относятся к мультипликации.

Пример: одним из направлений повышения производительности машин и более полного использования их тяговых возможностей является агрегатирование мощных тягачей с несколькими прицепами, образующими тракторный или автомобильный поезд. Фирмой «Интерконсул» создан автопоезд для транспортировки порошкообразных материалов (цемента, мела и т.д.).

- **принцип дифференциации** - разделение функций и элементов системы: ослабляются функциональные связи между элементами, повышается степень их свободы в пространстве и времени: в башенных конструкциях элементы, работающие на сжатие, изготавливаются из труб; на растяжение — из тросов.

- **принцип интеграции** - объединяет, совмещает, сокращает и упрощает функции и нормы элементов и системы в целом. Этот принцип имеет много общего с дифференциацией. Те же приемы изоляции, локализации, отнесенные к системе в целом, характеризуют принцип интеграции.

Примеры: насос + лампа = примус, насос + полая игла = медицинский шприц, телега + паровой котел = паровая повозка Ж. Кюньо.

- **принцип инверсии** (от латинского «переворачивание», «перестановка»). Этот принцип лежит в основе изобретения роликовых стенов для обкатки на месте машин, гусеничных устройств.

- **принцип импульсации** («толчок», «стремление», «возбуждение») связан с прерывностью протекающих процессов. Исчезают, выпадают из процесса форма, объем, чтобы снова восстановиться. С принципом импульсации

связаны взрывные работы; подъем и опускание кузовов в грузовиках - самосвалах и т.д.

С импульсацией связана группа приемов предварительной подготовки рабочих процессов и действий: в безопасных кабинах, устанавливаемых на дорожных машинах, - листовая обшивка крыши предварительно «вспарушивается» (напрягается) для смягчения удара при возможном падении предметов на крышу кабины.

- **принцип динамизации:** параметры системы должны быть изменяющимися и оптимальными на каждом этапе процесса или новом режиме. Изменения должны происходить ровно, постоянно: песочные часы, велосипеды, конвейеры.

- **принцип аналогии** - технология, биоаналогия, образная аналогия — наиболее «крупные разновидности» принципа, который реализуется отыскиванием и использованием сходства, подобия в целом различных систем.

- **принцип идеализации** – представление идеального решения, от которого следует отталкиваться (полная автоматизация, «вечный» двигатель, стоимость идеальной машины = 0 и т.д.).

При составлении матрицы рассмотренные приемы улучшения основных объективных показателей зависят от творческой деятельности человека, они субъективны. Формирование матрицы поиска — творческий процесс, в результате получается обозримое поле поиска.

Перебор идей по матрице поиска, отказ от случайного поиска, повышают, по крайней мере, на порядок результативность поиска, особенно, если перебирают варианты не по всем ячейкам матрицы, а по статически значимым. Для отрасли имеет значение матрица поиска с «подсказом» вариантов стратегии поиска.

Отраслевая матрица поиска легко строится на основе патентного фонда. Опознание использованного приема разрешения технического противоречия указано во второй

части патентной формулы, начинающейся словами «отличающейся тем...».

При обучении работе с матрицей поиска, следует начинать с построения простых, матриц, затем на общемашиностроительные (типа «редуктор»), на отраслевые и потом переходят к реальным задачам.

Индивидуальная работа с матрицей поиска по отдельной проблеме требует от инженера последовательного системного продвижения к цели и развитой интуиции. Матрица поиска предназначена для целенаправленного перебора конструктивных идей (особенно при дефиците информации), для автоматизации конструкторско-изобретательских работ, для разработки ассортимента промышленных изделий.

Не осложняя процесса построения матрицы поиска можно перейти к ее математическому описанию и, следовательно, к автоматическому проектированию.

3.7. Техническое противоречие (противоречие в развивающейся технической системе).

В процессе развития, совершенствования технической системы постоянно возникает ситуация технического противоречия (ТП). Это противоречие, проявляющееся в технической системе в виде ухудшения одного ее качества при улучшении другого качества технической системы. Точнее сказать: (ТП) - единство положительного и нежелательного эффектов, взаимообусловленных определенными изменениями в технической системе. Нет ни одного технического новшества, введение которого не повлекло бы за собой кроме положительного эффекта еще и эффект нежелательный. Такое единство улучшения и ухудшения сторон технической системы, единство положительного и нежелательного эффектов, обусловленное изменением или состоянием некото-

рой части системы называется техническим противоречием.

Понятие «Техническое противоречие» очень важно для направления поиска новых технических решений, имеет существенное значение в решении творческих технических задач, является важным звеном теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Техническое противоречие» - выявление недостатков, мешающих функционировать ухудшаемой технической системе.

Как отмечалось выше, важнейший закон развития техники - все системы стремятся стать идеальнее, приблизиться к идеальной машине. «Идеальная техническая система» — получение желаемого продукта без затрат или с минимальными затратами и формулировка ИКР должна быть направлена на устранение нежелательного эффекта при сохранении положительных требований, то есть на основе разрешения противоречий.

Противоречия рождаются вместе с созданием системы и изменяются или исчезают при качественном изменении этой системы или ее окружения. Причем главные противоречия, связанные с принципом действия системы, определяют те проблемы, которые постоянно приходится решать в процессе совершенствования этой технической системы. Например, самолетный принцип действия приводит к необходимости разбега при взлете и пробегу при посадке. Это порождает техническое противоречие между летным и взлетно-посадочными качествами самолета. Процесс разрешения данного противоречия привел к массе изобретений: от механизации крыла до создания гибридных аппаратов с вертикальным взлетом и посадкой. Именно техническое противоречие является источником развития технической системы, если рассматривать это развитие как относительно самостоятельный процесс.

Пока положительный эффект превышает нежелательный, техническое противоречие мало заметно. Когда же

ухудшение начинает приближаться к границам допустимого значения, техническое противоречие начинает обостряться.

Разрешить обостренное техническое противоречие – значит перевести техническую систему в такое состояние, при котором ухудшение одной из ее сторон, связанной с данным противоречием, перестает быть недопустимым, угрожающим. Поскольку понятие «ухудшение стороны» технической системы зависит от окружающей системы, от критериев ее оценки, разрешить техническое противоречие можно как за счет изменения ее внутреннего функционирования при неизменных внешних связях и оценках, так и за счет внешнего функционирования технической системы.

При устранении обострения технического противоречия стороны технической системы, составляющие это противоречие, либо остаются противоположностями, либо перестают быть ими. В последнем случае можно сказать, что данное техническое противоречие устранено полностью. Однако технических систем без противоречий не бывает. Вместо устраненного технического противоречия, возникает другое, которое должно быть, хотя бы вначале, не обостренным. В противоположном случае устранение исходного технического противоречия нельзя считать приемлемым.

3.8. Основные приемы разрешения противоречий.

1. Разделение противоречивых свойств в пространстве.

1.1. Разделить систему на части, придав им противоположные свойства.

1.2. Вынести из системы часть с ненужным свойством, или, наоборот, внести часть с нужным свойством.

1.3. Раздробить объект на множество частей.

1.4. Использовать имеющиеся пространственные ресурсы: незанятое место, обратные стороны площадей, многоэ-

тажную компоновку, размещение одной части внутри другой.

2. Разделение противоречивых свойств во времени.

2.1. Разделить время действия на промежутки, придав системе в разное время противоположные свойства.

2.2. Преодолеть опасные этапы с большой скоростью.

2.3. Добиться непрерывности полезного действия; использовать паузы и промежуточные ходы.

2.4. Совместить несколько полезных действий во времени.

2.5. Выполнить вспомогательные действия или часть основного действия до или после основного действия.

2.6. Использовать переход к импульсному действию, к колебаниям.

3. Системные переходы.

3.1. Объединить однородные или неоднородные системы в надсистему.

3.2. Перейти от системы к антисистеме или её сочетанию с антисистемой.

3.3. Наделить всю систему одним свойством, а её части – противоположным.

3.4. Перейти к системе, работающей на микроуровне.

4. Фазовые переходы.

4.1. Изменить фазовое состояние части системы или внешней среды.

4.2. Использовать «двойственное» состояние части системы (переход этой части из одного состояния в другое в зависимости от условий работы).

4.3. Использовать явления, сопутствующие фазовому переходу.

4.4. Заменить однофазовое вещество на двухфазовое.

4.5. Использовать физико-химический переход: возникновение-исчезновение вещества за счет разложения-

я-соединения, ионизации-рекомбинации.

Пример 1. Чтобы взлетать и садиться безопасно с небольшой посадочной скоростью, самолету нужно крыло довольно большой площади. Но для того, чтобы лететь со сверхзвуковой скоростью, площадь крыла должна быть намного меньше (чем больше площадь крыла, тем больше сопротивление воздуха). К крылу самолета предъявляются два противоположных требования: быть большим и быть малым. Противоречие разрешается в результате появления принципиально новой конструкции, качественного скачка. Тогда самолет приобретает крыло с изменяемой геометрией крыла: оно имеет большую площадь при взлете и посадке и малую во время полета. (разделение противоречивых требований во времени).

Пример 2: Механик Джеймс Уатт целый год на основе метода проб и ошибок пытался улучшить паровую машину конструкции Томаса Ньюкомена. Устройство ее было несложным: цилиндр, частично заполненный водой, поршень, топка. Горит огонь в топке, нагревается и испаряется вода, пар поднимает поршень в цилиндре. Потом в цилиндр впрыскивается холодная вода, пар конденсируется и внутри возникает разрежение. Атмосферное давление с силой опускает поршень, приводя в движение насос для откачки воды. Но при впрыскивании воды цилиндр охлаждается, и его снова нужно нагревать, поэтому машина может совершать не более одного рабочего хода в минуту при очень большом расходе топлива. Никак не удавалось Уатту устранить этот недостаток, но помог случай. Однажды, проходя мимо прачечной, он увидел вырывающиеся из дверей клубы пара, которые тут же оседали мельчайшими капельками воды. И его осенило: нужно выпускать пар из цилиндра и конденсировать его в другом месте. Тогда цилиндр останется горячим, и машина будет работать быстрее и лучше. То есть возникает техническое противо-

речие: цилиндр должен быть горячим, чтобы пар хорошо расширялся, и должен быть холодным, чтобы он хорошо конденсировался. Сегодня это противоречие легко разрешить – нужно разделить противоположные требования в пространстве. Уатт это и сделал, но сколько он потратил сил и времени.

Пример 3. Газосварщик работает в защитных очках со специальными темно – синими стеклами, кобальтовыми. Во время сварки на стекла налипают капельки расплавленного металла. Их даже ножом не отскоблишь. Сварщик перестает видеть, что сваривает, стекла надо менять. Но темно-синие стекла дорогие и дефицит. Возникает противоречие: стекла должны быть синие, дорогие и стекла должны быть дешевые, простые (разделение противоречивых свойств в пространстве – двойное стекло). Снизу синее, а сверху простое, оконное. Менять простое стекло можно сколько угодно. Лодка большая и лодка маленькая – надувная лодка. Имеется прием разрешения противоречия, разделение одновременно и в пространстве и во времени.

Примеры из быта: раздвижной стол, кресло кровать, вращающийся стул – стул низкий и стул высокий. Лодка большая и лодка маленькая – надувная лодка и т.д.

Довольно часто в бытовой практике, да и не только применяется прием разрешения противоречия путем разделения противоположных моментов одновременно и в пространстве и во времени.

Следует отметить, что в данной работе рассмотрено лишь незначительное количество приемов разрешения противоречий, причем наиболее простых. При заинтересованности можно использовать литературу [1, 2, 3].

3.9. Вепольный анализ.

Любая техническая система создается для того, чтобы

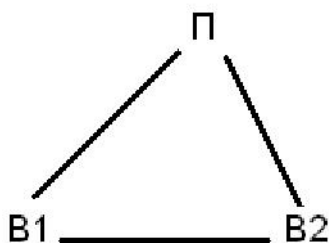


Рис. 15. Веполь

что-то производить, обрабатывать, измерять или выполнять другую какую-либо функцию. Минимальная модель технической системы включает: изделие, а для обработки изделия инструмент и энергию (поле). То есть нужны два вещественных элемента (изделие, инструмент) и один энергетический

(будем называть его полем), то есть два **вещества** и **поле**. Отсюда и произошло название. Такую модель технической системы называют **веполь** и выглядит она так, как на рис. 15.

Разумеется, понятия «вещество» и «поле» имеют многообразное содержание. В ТРИЗе понятие поле употребляется в более широком смысле, чем, например, в физике (электромагнитное, гравитационное, поля ядерных сил). Сюда входит и «техническое» поле (тепловое, звуковое, оптическое, различные разновидности механических полей - давление, удары и т.д.). Модель сложной технической системы можно свести к сумме веполей.

В теории решения изобретательских задач для поиска новых технических решений довольно успешно применяется эта простейшая функционирующая модель технической системы. Построением, преобразованием данных моделей занимается определенный раздел ТРИЗ – ВЕПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.

Изменения, которые необходимо осуществить в системе, для получения определенных результатов проводятся за счет изменения либо вещества, либо поля.

Пример 1. В машинах для получения жидкого гелия самая важная деталь - детандер - представляет собой вертикально стоящую трубу высотой около трех метров и диаметром около десяти сантиметров. Однажды в эту трубу уронили поочередно железный болт, резиновую прокладку

и медную гайку. Как доставали эти предметы?

Решение: Достроим веполю. В1 резиновая прокладка (болт, медная гайка). Нужно ввести В2 и поле П. В случае резиновой прокладки это вода и поле архимедовых сил; железного болта – магнит и магнитное поле; медной гайки – вода и тепловое поле (охлаждение жидким азотом, гайка вмерзает в лед и поднимается вместе с ним либо под действием архимедовых сил воды, либо одновременно с гайкой вмораживается и веревка).

Для того, чтобы выделить общий прием поиска решений, приведем еще ряд примеров.

Пример 2. Для сбора разлившейся нефти на поверхность нефтяного пятна высыпают пористые гранулы, впитывающие нефть. Но как потом собрать гранулы? Нужно ввести в гранулы ферромагнитные частицы и собирать их с помощью магнитного поля.

Пример 3. Для обработки (овализации) зерен абразива предложено смешивать их с ферромагнитными частицами и вращать смесь магнитным полем.

Пример 4. Для очистки проволоки от окалины предложено пропускать ее через абразивный ферромагнитный порошок, сжимаемый магнитным полем.

Пример 5. Для распыления полимерных расплавов предложено вводить в них ферромагнитные частицы и пропускать через зону действия знакопеременного магнитного поля.

Итак, нетрудно заметить общий прием, использованный в этих примерах. Имеется некоторое вещество, само по себе не поддающееся управлению (изменению, обработке). Чтобы управлять веществом, вводят ферромагнитные частицы и действуют магнитным полем.

Вепольное преобразование подсказывает, направляет, что именно необходимо ввести в систему для решения задачи (вещество, поле, то и другое вместе), но не конкрет-

тизирует, какие именно. Для получения технического ответа нужно подобрать подходящие вещества и поля. При этом необходимо начинать перебор с полей, так как их гораздо меньше, чем веществ. Перебирать поля удобнее в той последовательности, в которой они входят в закон перехода на микроуровень, от механического к магнитному, используя расшифровки, что входит в понятие того или иного поля. Необходимо помнить также, что в соответствии с законом следует рассматривать также изменения полей и воздействий, переменных и импульсных полей, а также суммарные взаимодействия (электрохимические, электромагнитные и т.п.).

Большинство полей связаны со «своими» веществами: химическое поле – с различными катализаторами, ингибиторами, особо активными или, наоборот, инертными веществами; электрическое поле – с заряженными частицами (электронами, ионами); магнитное – с ферромагнитными материалами; электромагнитное – с люминофорами разных частот, фотонами и т.п.

Разумеется, могут быть построены и более сложные вепольные системы. Введение новых веществ и полей это будет отход от простого веполя, «треугольника». Такой отход допустим и необходим лишь в той мере, в какой усложнение вепольной структуры компенсируется увеличением числа функций, появлением новых полезных качеств и т.д.

Следует также отметить, если в условии задачи имеется неполный веполь (нет одного или двух элементов), то для решения задачи необходимо достроить его до полного, введя недостающие элементы – это первое правило достройки веполя.

Пример 6. Для улавливания золы и пыли на тепловых электростанциях из топочных газов используют так называемые мокрые золоуловители. В них смешанный с водой поток газов проходит с большой скоростью по стальной трубе, при этом труба подвергается абразивному износу

из-за содержащихся в газах твердых частиц. Неоднократно пытались покрывать поверхность трубы каким-нибудь веществом, стойким к износу, но не удавалось подобрать вещество, которое удовлетворяло бы всем требованиям, и было достаточно дешево. Как быть?

Исходная вепольная модель: В1 – стенка трубы, В2 поток, который действует на В1 вредным полем П (механический износ). Получается, что веполь у нас есть, но вредный, ненужный. В этом случае следует применить второе правило вепольного анализа – правило разрушения вредного веполя. Если в условии задачи имеется вредный веполь, то его нужно разрушить, например, введением между вредно взаимодействующими веществами третьего вещества, являющегося модификацией В1 или В2, или обоих вместе, или модификацией внешней среды (продуктом ее взаимодействия с В1 или В2).

Другая возможность разрушить вредный веполь введение поля, действующего против вредного взаимодействия. Нередко взаимодействия во вредном веполе противоречивы – и полезны и вредны. В этом случае нужно разрушить вредное так, чтобы полезное осталось.

В этом плане следует обратить внимание на понятие «модификация», которое понимается достаточно широко. Это может быть какой-то производный ресурс, полученный из имеющихся веществ или (иногда) постороннего вещества, но обладающего свойствами, близкими к свойствам имеющихся веществ, согласующегося с ними. Например, модификациями твердого вещества могут быть отдельные его составляющие, соединения с другими веществами, само вещество в разных агрегатных состояниях, обладающее дополнительными свойствами: намагниченное, радиоактивное, светящееся и т.п. Модификации воды: лед или пар, кислород и водород, выделяющиеся из нее соли, смеси с газом, твердым телом или другой жидкостью (аэрозоли,

пены, эмульсии, суспензии), слой турбулентной воды над ламинарным потоком, и, наоборот, и т. п. Идеально, если модификация возникает сама. Но как этого добиться? Мы имеем одно вещество, и на него надо подействовать так, чтобы появилось другое, нужное нам. Это фактически достройка веполя и разрушение вредного веполя.

Таким образом, получается между стенкой и потоком (пример 6) есть полезное взаимодействие – стенка трубы направляет, ограничивает поток. И есть вредное – разрушение стенки. Значит, нужно ввести третье вещество, являющееся модификацией, видоизменением стенки или потока. Видоизменения стенки уже пробовали применять – это различного рода покрытия. Однако они нестойки, их приходится возобновлять, а это дорого. Куда идеальней использовать модификацию потока. Теперь следует перебрать поля. Возникают следующие идеи: обработать поверхность трубы так, чтобы на ней образовывались «карманы», которые заполнялись бы материалом потока (что значительно повысит трудоемкость), осаждать на поверхность трубы защитный слой химическим или электрическим способом (или магнитным полем, если бы примеси были магнитные). Но лучше всего «срабатывает» тепловое поле. Если трубу охладить, то возникает слой льда на поверхности (решение вполне возможное, но трудно осуществимое на тепловой станции нет такого ресурса), а если трубу нагреть выше температуры кипения, то поверхность покроется слоем накипи. Такое покрытие хотя и будет постоянно изнашиваться потоком, но и тут же будет нарастать, возникает процесс динамического равновесия, самовосстановления покрытия. И тепло, необходимое для этого, есть среди ресурсов – ведь это тепловая электростанция.

На практике нередко возникают задачи с разнесенным во времени действием, когда вначале к объекту предъявляется одно требование, потом другое. В этом случае вепольная модель тоже может быть динамичной – веполь может внача-

ле появится, потом быть разрушенным или перестроенным.

Пример 7. Во время боевых действий в горах возникла необходимость ликвидировать гранатами засаду, расположенную в ущелье, на большой глубине. Но граната после того, как выдернуто кольцо и отпущен рычаг-предохранитель, взрывается через 4 секунды. За это время она не может долететь до цели. Как быть?

Если неполный веполь – рычаг и действующее на него поле – сила пружины, стремящаяся его отбросить после того, как вынуто кольцо. Но для того чтобы не дать рычагу преждевременно сработать, нужно достроить веполь – ввести вещество, его удерживающее. А после падения гранаты вниз это вещество должно исчезнуть, освободить рычаг. Причем лучше всего, если оно исчезнет за счет имеющихся в ресурсе полей, например, силы удара (П мех.). Отсюда ясны требования к веполю – оно должно от удара исчезать, разламываться, разбиваться. Самое простое – использовать стекло. Поэтому гранату засовывали в стеклянный стакан или банку и бросали вниз.

Помимо неполных и вредных в условиях задач встречаются неэффективные веполи, то есть ситуации, когда действие есть (веполь полный), но слабое. Как известно повышение эффективности работы систем сопровождается их усложнением, разворачиванием. В этом случае переходят к более сложным вепольным моделям: цепным или двойным.

Возможен переход к динамичным веполям, то есть изменяющимся в процессе работы: к структурированным (в тех случаях, когда поле или вещество обладает определенной пространственной или временной структурой). Такие преобразования называются «форсированием веполей». Эффективно «работает» вепольный анализ и при решении задач, в которых требуется не изменять какую-либо характеристику системы, а получить информацию о ее состоянии, измерить или обнаружить то или иное свойство, оценить его количественно. В этих случаях строят специ-

ализированный «измерительный» веполь, отражающий введение того или иного вещества, связанного с каким-то легко обнаружимым или поддающимся измерению полем, например, в виде ферропорошка, дающего магнитное поле, радиоактивных веществ, связанных с излучением и т. п. Другой вариант – вещество является преобразователем плохо обнаружимого поля в легко обнаружимое.

Пример 7. Развивающаяся под нагрузкой трещина в конструкции «шумит», то есть издает слабые акустические сигналы, услышать которые нельзя. А прослушивать их необходимо для того, чтобы правильно спрогнозировать опасность той или иной трещины. Сегодня в таких случаях используются пьезодатчики, преобразующие слабые акустические сигналы в электрические, легко наблюдаемые по осциллографу.

Следует отметить, что в задачах на обнаружение в первую очередь следует рассматривать поля, воспринимаемые человеком без помощи прибора: световое поле (цвет, интенсивность), звуковое (сила, высота и направление на источник звука), осязательное (характеристики поверхности, в том числе температура), запаховое, вкусовое.

Итак, вепольный анализ в ТРИЗ выполняет две важные функции. Во-первых, это язык конструирования и преобразования моделей технических систем, на котором «написаны» стандарты на решение изобретательских задач. Во-вторых, он является и самостоятельным инструментом их решения: правила вепольного анализа в сочетании с порядком перебора полей позволяют уверенно решать многие задачи 2-3 уровня. Вместе с тем, вепольный анализ не позволяет полностью исключить перебор вариантов, но решая задачу по правилам вепольного анализа, перебираем, как правило, лишь поля, а используемых полей не более десятка, а это значительно упрощает перебор, а значит и решение задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, в данном учебно-методическом пособии показана необходимость подготовки будущих инженеров с ориентацией на творческие и практические навыки инженерной деятельности. И в этом плане рассмотрена новая форма работы со студентами – студенческие креативные группы. В качестве основы форм организации и работы студенческих креативных групп взят зарубежный опыт работы креативных групп на промышленных предприятиях Франции. Основные положения зарубежных методик организации, форм работы креативных групп скорректированы и переработаны с учетом студенческой аудитории, задач, целей, профиля кафедры «Экология и промышленная безопасность». Приведены общие рекомендации для кафедры «Элементы приборных устройств», которые можно использовать и для других технических кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В работе студенческих креативных групп используются отечественные и зарубежные эвристические методы активизации поиска инженерных идей и решений. Их применение способствует формированию практических навыков инженерной деятельности.

Формы работы в студенческих креативных группах также включают в себя согласованность, единство требований не только к надежности, но и экологической безопасности технических систем. В связи с этим возникает необходимость использовать в работе студенческих креативных групп материал, изложенный в разделе «Методические рекомендации по разработке и анализу надежности и экологической безопасности технических систем».

Следует отметить, что процесс работы в студенческой креативной группе является творческим не только

для студентов, но и для преподавателей. Так как он имеет определенную степень свободы в выборе не только методов активизации, но и определенных элементов форм организации и работы креативных групп. Отдельные элементы зарубежных методик успешно используются в проведении учебных занятий.

Практическая значимость данного метода работы со студентами не вызывает сомнений и соответствует современному уровню подготовки студентов к инженерной деятельности.

Учебно-методическое пособие «Использование зарубежного опыта решения технических задач в инженерной подготовке студентов» является лишь частью решения программы подготовки будущих инженеров. Это комплексная проблема, и требуется дальнейшая серьёзная работа не только в методическом плане, но и в организационном, информационном и других направлениях.

Список литературы

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. М.: 2011. 209 с.
2. Шпаковский Н.А. ТРИЗ. Практика целевого изобретательства. М.: 2011.
3. Ревенков А.В., Резчикова Е.В. Теория и практика решения изобретательских задач: учеб. пособие. - 2 изд. – М.: ФОРУМ, 2009, 384 с.
4. Крюков М.М., Крюкова Л.И. Принципы отражения экономической действительности в деловых играх. – М.: 1988.С.
5. Пименова С.В. Психологические аспекты и условия проявления креативности в студенческом возрасте. Ставрополь: АГРУС, 2004.
6. Лапин Н.М. Креативность как инновационный ресурс развития экономики. Тамбов, 2008.
7. Бушуева В.В. Значение истории развития техники для разработки методологии технического творчества. //Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2012, № 6, с.71-76.
8. Мелешенко Ю.С. Техника и закономерности её развития. – Л.: Лениздат, 1970.
9. Бушуева В.В. Творчество и его виды. Сб. научных трудов Всероссийской научной конференции. Курск, 2008.
10. Потапцев И.С., Бушуева В.В., Бушуев Н.Н. Анализ основных факторов, определяющих появление открытий и изобретений в науке и технике. //Наука и образование: научно-техническое издание, 2014, №4 с.398- 415. <http://technomag.bmstu.ru/doc/704879.html>.
11. Потапцев И.С., Бушуева В.В., Бушуев Н.Н. Основные направления технического творчества в инженерном образовании. //Известия высших учебных заведений. Машиностроение. № 7, 2014г.
12. Гоев А.И., Заварзин В.И., Чичварин Н.В. Организация проектирования и производства оптико-электронных систем в среде с ограниченными ресурсами. // Журнал «Информационные технологии» № 7, 2001г. С. 2-13.
13. Дорофеев А.А. Учебная литература по инженерным дисциплинам: системная дидактика, методика и практика проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 398 с
14. Потапцев И.С. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: учеб. Пособие: в 2 ч. - Ч. 1. / И. С. Потапцев, Н.И. Нарыкова, Е.А. Перминова, А.А. Буцев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 78 с.
15. Бушуев Н.Н., Бушуева В.В. Основные направления экологической подготовки будущего инженера // Материалы V Всероссийского совещания заведующих кафедрами вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, 30 сентября - 6 октября 2013г. \ под ред. А.А. Александрова, В.А. Девисилова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. С. 39-45.
16. Бушуев Н.Н. Значение экологической безопасности при внедрении новых технологий в промышленном производстве // Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 января 2013 г. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. - Часть 10.
17. Бушуева В.В., Бушуев Н.Н. Междисциплинарный подход и его значение при подготовке инженеров // Формирование профессиональной культуры специалистов XXI века в техническом университете: Сборник научных трудов 12-й Международной научно-практической конференции. – СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
18. Aznar Gi. La creativite dans l'entreprise. Paris.1971, P.185.
19. Бушуева В.В. Креативные группы в зарубежной практике / Наука и образование: научно-техническое издание: 77-30569/419183 06, июнь 2012, с. 1\3-3\3.
20. Потапцев И.С., Бушуева В.В. Студенческие креативные группы и их значение в формировании навыков технического творчества // Электронный научно-технический журнал «Наука и образование», 77-48211/555888, март 2013.
21. Потапцев И.С., Бушуева В.В. Активные методы обучения и их применение в курсовом проектировании на кафедре РЛ 5 // Электронный журнал «Гуманитарный вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана», сентябрь 2012, № 09, 77-48211/478417.
22. Бушуев Н.Н. Комплексный подход в решении экологических проблем // Динамика нравственных приоритетов человека в процессе его эволюции: Материалы XIX Международной научной конференции. Часть 2. (Санкт-Петербург, 15-16 мая 2006 г.) – СПб.: Изд-во «Нестор», 2006. – С. 229-232.
23. Бушуев Н.Н. Системный подход в решении экологических проблем.// Метафизика креативности. – М.: РФО, 2006. С.110-113.

Потапцев И.С., Павлихин Г.П., Бушуев Н.Н., Бушуева В.В.

**Использование зарубежного опыта
решения технических задач
в инженерной подготовке студентов:
учебно-методическое пособие**

Наш сайт: www.etnosocium.ru

E-mail: etnosocium@mail.ru

Необходимую научную литературу

Вы можете приобрести на сайте www.knigadom.com

Оригинал-макет подготовлен

Международным издательским центром «ЭТНОСОЦИУМ»

Отпечатано в типографии

Международного издательского центра «ЭТНОСОЦИУМ»,
105066, Москва, Спартаковская ул., д. 19, стр. 3.

Зам. гл. ред. С.В. Чапкин

Корректор Е.А. Белоусова

Дизайн и верстка Т.А. Брик

Бумага офсетная № 1. Гарнитура Minion Pro.

Формат 60х90/16. Тираж экз. 500 Усл. п. л. 10

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ЭТНОСОЦИУМ»**

Журнал «ЭТНОСОЦИУМ и межнациональная культура»
входит в перечень ВАК РФ

В составе редакционного совета ведущие государственные, общественные деятели, выдающиеся российские и зарубежные ученые. В работе журнала участвуют все регионы России, страны Латинской Америки, Китая, Европы. Журнал распространяется во всех органах государственной власти России (во всех регионах), в посольствах зарубежных стран и за рубежом.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ОСУЩЕСТВЛЯЕТ:

создание, регистрация, издание и продвижение журналов и альманахов; помощь во всех вопросах, в том числе в юридических, бухгалтерских, арендных, кадровых.

Редакционная подготовка

(литературное и техническое редактирование), дизайн.

Рецензенты и оппоненты, доктора наук и профессора.

Издаем книги, монографии, авторефераты, учебные пособия и др. на высоком уровне, нужным тиражом!

В процесс выпуска книги входит:

- * доредакционная доработка (по желанию автора)
- * редактирование;
- * корректура;
- * подготовка электронного макета;
- * присвоение ISBN;
- * присвоение кодов УДК, ББК и авторского знака;
- * разработка дизайна обложки;
- * печать тиража (различными способами: офсет, цифра);
- * передача 16 экземпляров в Книжную палату;
- * рассылка готового тиража по территории РФ.

Все изданные нами книги проходят рецензирование и квалифицированную предпечатную подготовку.

www.etnosocium.ru
тел: +7 (495) 708-30-00
e-mail: etnosocium@mail.ru