Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента образовательной политики
Дата подписания: 17.08.2022 16:35:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Е.М. Левина, С.А. Паршина

ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Учебно-методическое пособие

Текстовое электронное издание

Москва
2022

Об издании 1, 2

УДК 001.894:621(075.8)
ББК 30уя73
Л36

Рецензенты:
В.М. Пигарёв, заместитель начальника управления по диагностике технологического оборудования ООО «Газмашпроект»;
Е.А. Чекалова, к.т.н., профессор кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» Московского Политеха

Левина, Е.М.

Л36 Основы теории решения изобретательских задач в машиностроении: учебно-методическое пособие / Е.М. Левина, С.А. Паршина. – Москва: Московский Политех, 2022. – 1 CD-R. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-2760-2692-3.

Изложены основные постулаты, положения и методы ТРИЗ. Содержится большой объём материала: как теоретических положений и инструментария их применения, так и практической части, включающей примеры, задачи и упражнения. Контрольные вопросы в конце разделов помогут читателю быстро и качественно оценить своё понимание пройденного материала.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата 15.03.01 «Машиностроение» и 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение цифрового производства».

УДК 001.894:621(075.8)
ББК 30уя73

Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше. Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб. Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение экрана 1024x768. Дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 9 и выше.

ISBN 978-5-2760-2692-3

© Левина Е.М., Паршина С.А., 2022
© Московский Политех, 2022

Оглавление

Введение 5

1. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ НАУКИ О ТВОРЧЕСТВЕ 8
1.1. Классификация разновидностей творчества 8
1.2. Творчество в науке 10
1.3. Эволюции методических поисковых средств 13
1.4. Методические поисковые средства технического творчества в формировании эффективной среды их применения 16

Контрольные вопросы *18*

2. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЕ ТВОРЧЕСТВО В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРА В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ НОВОЙ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТАРОЙ ТЕХНИКИ 19
2.1. Образ задачи и его динамика 20
2.2. Этапы проектирования техники 23
2.3. Средства технического творчества и их применение 24

Контрольные вопросы *28*

3. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПРАКТИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 29
3.1. Методология преобразования систем 29
3.2. Принципы Декарта 33
3.3. Методы поиска новых технических решений 37

Контрольные вопросы *39*

4. МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ 40
4.1.Системный подход 40
4.2. Функции системы и её структура 43

Контрольные вопросы *47*

5. ИДЕАЛИЗАЦИЯ – КАК МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАУКЕ 48

Контрольные вопросы *67*

6. ОСОБЕННОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА 68
6.1. Законы развития науки и техники 68
6.2. Системная вертикаль ТС 82

Контрольные вопросы *91*

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
Практическая работа №1. Метод фокальных объектов, гирлянд случайностей и ассоциаций 92

Практическая работа № 2. Метод аналогий 98
Практическая работа № 3. Метод мозговой атаки 102
Практическая работа № 4. Функциональный анализ технических систем 107
Практическая работа № 5. Идеальный конечный результат и его формулирование 114
Практическая работа № 6. Функционально-физический анализ технических систем 119

ПРИМЕРЫ, ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ 125

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 141

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 142

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение скорости развития техники потребовало ускорить инновационный процесс. Чисто психологический подход при создании методов нахождения новых идей не принёс большого успеха. В конце 40-х годов Генрих Саулович Альтшуллер начал работу над новым подходом, который вобрал опыт и результаты изобретателей предыдущих поколений. Так появилась ТРИЗ, которая сегодня используется многими всемирно известными компаниями.

Марк Баркан, президент
Международной ассоциации ТРИЗ

Основы теории решения изобретательских задач в машиностроении рассматриваются в дисциплине «Введение в ТРИЗ». В связи с этим, соответственно, возникает вопрос о необходимости её изучения, а также о её применяемости в современном мире.

Сроки сжаты, а конкурентная борьба на ынке достаточно мощная. Нам надо быстро генерировать новые решения, запускать прототипы, добиваться максимальной производительности тех образцов, которые движут товарные группы, надо видоизменять имеющиеся модели и, таким образом, уходить от конкурентов. Безусловно, менеджеры могут пытаться выиграть в конкурентной борьбе за счет управленческих решений, но этого недостаточно, если «технари» не борются на ниве проектирования, не ищут новые пути, которые позволят экономить средства и предоставлять новые возможности заказчикам.

Предприятия повсеместно вводят системы менеджмента качества и управления производством (6Sigma, «Бережливое производство»), добиваются соответствия стандарту ISO 9000. Все эти системы используют философию постоянных улучшений. Однако, когда возникают противоречия (а противоречия неизбежны, если мы ставим улучшения на поток), то эти системы не могут решать их быстро и эффективно – они просто не обладают соответствующей методологией. И лишь ТРИЗ позволяет решать противоречия быстро, причем имеющимися ресурсами, не привлекая дополнительные средства или привлекая их в минимальном объеме.

Целью освоения основ теории решения изобретательских задач в машиностроении является формирование комплекса знаний, навыков и умений для развития творческого подхода к решению нестандартных профессиональных задач (в том числе изобретательских) в условиях интенсивного развития инновационных процессов во всех сферах деятельности человека.

Изучение основ ТРИЗ в машиностроении способствует расширению научного кругозора не только в области машиностроения, но и в целом по ряду других технических направлений. Дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

В результате освоения основ теории решения изобретательских задач студенты должны знать:

− теоретические основы использования математических методов обеспечения качества продукции машиностроения;

− способы сбора и интерпретации экспериментального материала; основные законы естественно-научных дисциплин; систему организации мероприятий по улучшению качества;

уметь:

− использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности; анализировать и использовать методы и средства измерений для контроля и управления точностью процессов изготовления машин;

владеть:

− методами и средствами теоретического и экспериментального исследования процессов производства продукции машиностроения.

− способностями управления результатами научно-исследовательской деятельности.

В настоящем учебно-методическом пособии рассматриваются систематизированные современные достижения многих исследователей, изобретателей по приёмам и методам решения задач, в первую очередь идеи Г.А. Альтшуллера, основоположника теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Результаты этих исследований доведены до практического применения в виде приёмов, моделей и методов решения задач.

Большое дидактическое значение имеет приводимое обоснование предлагаемых приёмов, моделей и методов решения задач, что важно для их понимания и эффективного практического применения.

Особое внимание уделено способам активизации мышления при генерировании идей, анализу проблем и постановки задач, а также приемам решения задач, основанных на системном подходе, принципах строения, функционирования и закономерностях развития технических систем. Знание закономерностей развития технических систем даёт понимание, в каком направлении совершенствовать конкретный технический объект и формирует ориентиры для поиска сильных решений.

Изложение учебного материала построено от общих теоретических положений к частным; от изучения простых приемов, которые активизируют мышление, к более сложным с использованием различных моделей. Приведённые типовые способы рассуждений проиллюстрированы примерами, что не только облегчают понимание сути излагаемого теоретического материала, но и способствует стимулированию познавательного интереса у слушателей.

В учебном материале приводятся методические рекомендации по поиску ресурсов для решения поставленной задачи, разобраны виды противоречий и приемы их разрешения, приведена методика функционального анализа исследуемых объектов – одного из важнейших этапов, от которого во многом зависит четкость формулировки поставленной задачи и пути ее решения. Даны подробные методические рекомендации по анализу проблемы и постановке задачи, поиску нежелательных эффектов в конструкциях и технологиях, проведению морфологического исследования технических систем, позволяющего увидеть поле возможных решений.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки», и 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение цифрового производства», профиль «Технология машиностроения».

1. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ НАУКИ О ТВОРЧЕСТВЕ

1.1. Классификация разновидностей творчества

Принято считать, что творчество и наука являются никак не связанными, а порой и противоположными сферами нашей жизни. Но так ли это на самом деле? О том, существует ли творчество в науке и в чём оно выражается, вы узнаете из этой статьи. А также узнаете о известных личностях, которые своим примером доказали – научная и творческая деятельность могут успешно сосуществовать.

Под творчеством понимается создание чего-то принципиально нового в любой сфере человеческой жизни. Первым признаком творчества является особое мышление, выходящее за рамки шаблонов и обыденного мироощущения. Так создаются духовные либо материальные ценности: произведения музыки, литературы и визуального искусства, изобретения, идеи, открытия. Другой важнейший признак творчества – это уникальность полученного результата, а также его непредсказуемость. Никто, зачастую даже сам автор, не может предугадать, что получится в результате креативного осмысления реальности.

Важное место в творчестве занимает интуитивное понимание действительности, а также особые состояния сознания человека – вдохновение, озарение и т.п. Благодаря этому сочетанию новизны и непредсказуемости рождается интересный творческий продукт.

В науке же происходит накопление и систематизация объективных знаний об окружающем мире, а также о самом человеке. Особенностью научного подхода является обязательное условие: любое теоретическое суждение должно быть подкреплено объективными фактами и доказательствами. Если этого нет, то суждение нельзя назвать научным. При этом оно не всегда является ложным – просто в настоящее время его невозможно подтвердить объективными (не зависящими от желаний человека) данными. Доказательства суждений собираются с помощью различных данных: наблюдение, эксперимент, работа с фиксирующими и вычислительными приборами и т.д. Затем полученные данные систематизируют, анализируют, между предметами и явлениями находят

причинно-следственные связи, делают выводы. Этот процесс называется научным исследованием.

Научное познание обычно начинается и гипотезы или теории, которая затем проверяется на практике. Если объективное исследование подтвердило теоретическое суждение, тогда оно становится природным или социальным законом.

Творчество может проявляться абсолютно во всех сферах жизни человека: от создания объектов культуры до общения. Поэтому выделяются такие его виды:

1. Художественное творчество (создание объектов материального или духовного мира, обладающих эстетической ценностью).

2. Социальное творчество (обучение, реклама, торговля, общественные отношения, политические реформы, протестные акции, революции).

3. Техническое творчество (изобретение новых технических продуктов, электроники, высокотехнологичных устройств и т.д.

4 Научное творчество (выработка нового знания, расширение границ уже известного, подтверждение или опровержение ранее существовавших теорий).

В последней разновидности мы видим, как связаны наука и творчество. Для того и другого характерны создание чего-то нового, уникального и важного, имеющего ценность для человека. Поэтому творчество в науке занимается далеко не последнее место. Можно сказать, является одним из основообразующих компонентов.

Теперь посмотрим, в каких разновидностях представлена в нашей жизни наука. Классификация состоит в следующем:

1. Естественные науки (изучающие законы живой и неживой природы; биология, физика, химия, математика, астрономия и т.п.).

2. Технические науки (изучающие техносферу во всех её проявлениях; информатика, химическая технология, ядерная энергетика, инженерное дело, архитектура, биотехнология и многие другие).

3. Прикладные науки (направленные на получение результата, который затем можно будет использовать в практической деятельности; прикладная психология, криминалистика, агрономия, металлургия и т.д.).

4. Гуманитарные науки (изучают культурную, духовную, умственную, нравственную и общественную деятельность человека; этика, эстетика, религиоведение, культурология, искусствоведение, антропология, психология, лингвистика, политология, юриспруденция, история, этнография, педагогика и т.д.).

5. Общественные науки (изучают социум и взаимосвязи в нём, во многом перекликаясь с гуманитарными науками; история, социология, социальная психология, политология и т.п).

Из классификации разновидностей творчества видно, что научное познание очень часто включает в себя элемент креативности. В противном случае было бы непросто совершать открытия и создавать изобретения, ведь в таких случаях учёным часто движут интуитивные догадки и неожиданные озарения, которые затем подкрепляются объективными данными.

1.2. Творчество в науке

Творчество в науке проявляется также при осмыслении уже известных фактов, которые могут быть либо доказаны с иной стороны, либо опровергнуты благодаря новому, свежему взгляду. Развенчание укоренившихся в науке мифов также требует неординарного мышления.

На бытовом уровне принято разделять людей на обладающих гуманитарным либо техническим складом ума, при этом считая, что первая категория хороша в творческой и общественной деятельности, а вторая – в научной, технической и прикладной. В действительности все сферы жизни современного общества тесно взаимосвязаны, а человеческие способности разнообразны и могут быть развиты.

Существует не только творчество в науке, но возможно также сочетание научного и художественного взглядов на мир. Яркими примерами этого может служить наследие Л. да Винчи (художник, скульптор, архитектор, музыкант, изобретатель и военный инженер), А. Эйнштейна (учёный-теоретик, скрипач), Пифагора (математик и музыкант), Н. Паганини (музыкант, композитор, музыкальный инженер). Не менее ярко проявляется творчество в науке на примере известной личности, Ломоносова М. В., который был

человеком, обладающим энциклопедическими знаниями и множественными талантами в различных областях, что позволило ему реализоваться в качестве учёного-естествоиспытателя, химика, физика, астронома, географа, а также историка, просветителя, поэта, литературоведа и художника. Важно помнить, что наука, творчество, культура – это не отдельные друг от друга грани человеческой деятельности, а взаимосвязанные части одного целого.

Методы поиска новых технических идей и решений (в дальнейшем – методы поиска) возникли как инструменты, обеспечивающие высокую эффективность труда при выполнении специфической формы производственной деятельности – совершенствовании техники и технологии. (Мы будем рассматривать здесь только область совершенствования техники). Учет таких областей, как военное дело, юриспруденция, обществоведение, социальное строительство, искусство, иными словами расширенное рассмотрение областей постоянного приложения человеческого творчества, дало бы совсем иную картину.

Сами по себе идеи, направленные на совершенствование техники, утвердились как товар в XIX веке, т. е. в период становления промышленности. Этому способствовало распространение машин, фабричного подхода к производству, практически на все отрасли человеческого общественного труда. Именно тогда производители впервые обостренно столкнулись с конкуренцией в самой технике. Появилась возможность снять ограничение, накладываемое на процессы интенсификации труда человеком – производительность, себестоимость продукции менялись с каждым совершенствованием в технической сфере. Парадоксальная фраза Ф. Бэкона "Знание – сила" наполнилась содержанием для очень многих людей. Увеличение спроса на новые машины, постоянное стремление поднять их эффективность и расширить их возможности привело к созданию новой области промышленного производства, которую можно назвать производством идей.

Необходимость такого выделения объясняется резким увеличением количества, людей, время и труд которых были целиком посвящены созданию нового. Однако у этого процесса была своя предыстория.

Производство новых идей в технике прошло в своем развитии большой и исторически протяженный путь. Применим для анализа

этого пути подход, данный К. Марксом при исследовании развития промышленного производства. Маркс писал, что процесс производства (его характерные формы, их эволюция) нисколько не меняется при изменении предмета труда, а зависит в основном от спроса на этот предмет, а, следовательно, от количества людей, занятых в процессе труда. Естественно, что мы будем исходить из предположения о том, что поиск идей является специфическим видом производства.

В «Капитале» выделены следующие основные этапы развития организационных форм производства:

1. Натуральное хозяйство – ремесленное – кооперация – мануфактура – развитое фабричное (машинное) производство. Рассмотрим эти этапы применительно к интересующему нас предмету.

Зарождение «натурального хозяйства» в области производства идей относится к тому же периоду, что и появление орудий вообще. Естественно, что каждый владелец инструмента, делая его для себя, исполнял его по готовым образцам, но в ряде случаев незначительные изменения накапливались, происходило приспособление стандартного орудия, инструмента под человека или под изменившиеся условия внешней среды.

Однако чрезвычайно медленный, а значит, в большой степени бессознательный характер таких изменений не позволяет считать его исполнителей людьми, создающими новую технику. Метод натурного эксперимента, используемый археологами, позволил им оценить прирост производительности труда, обеспечиваемого однофункциональными предметами труда различных эпох. По оценкам академика С. Г. Струмилина такой прирост составлял 1-2 процента в течении многих сотен лет. Можно сделать вывод о том, что отсутствовали массовые попытки сознательного улучшения орудий их изготовителями. Естественно предположить, что и в то далекое время были люди, стремящиеся изменить окружающий мир, а не только приспособиться к нему. Однако колоссальные затраты энергии и времени, расходуемые на поддержание функционирования, не давали человеку возможности вырваться из круга обыденности. (Интересно, что современный инженер, на большинстве предприятий, находится практически в подобном положении –

творить некогда, «текучка заедает»). Отсюда и сходные с неолитом приоритеты при оценке нового, а зачастую и сходный уровень создаваемой техники.

1.3. Эволюции методических поисковых средств

Практически возможность целенаправленно заниматься развитием орудий труда появилась только в период перехода к ремесленническому способу производства. Человек, вся деятельность которого состоит в изготовлении конкретного продукта с помощью набора определенных инструментов, глубже разбирается в процессах, происходящих во время работы. Изготавливая продукт не для себя, а для выноса на рынок, он изготавливает его с учетом двух факторов: стремясь обеспечить большое количество продукта и при этом выработать высокое качество, требуемое покупателем. Непрерывное осуществление одних и тех же операций позволяет находить более оптимальные формы работы и требует все более изощренных орудий. Так ремесленник начинает сам обеспечивать себя измененными, усовершенствованными орудиями производства. Увеличение числа ремесленников приводит к возникновению обслуживающей их инфраструктуры – появляются первые изобретатели-профессионалы.

Следует отметить, что в средние века философская картина мира не включала в себя необходимости изменять что-либо. Прирост населения был минимальным. Фактически каждое следующее поколение просто-напросто замещало предыдущее. В этих условиях технические нововведения часто не только не приветствовались, но и запрещались.

«При первом взгляде на прошлое складывается впечатление, что отвергание обществом технических нововведений было постоянным явлением. Критика техники оказывается столь же древней, как и сама техника. И действительно, из истории почти всех высоких культур до нас дошли голоса, в которых можно уловить скептическую настроенность по отношению к технике и пользе изобретений или по крайней мере техника рассматривается в демонически – зловещем свете. Также и образ техника, искусного механика, изобретателя, алхимика, проектировщика почти до самого нового времени воспринимался с магическим трепетом, который

тоже связывали с действиями темных сил и с вызовом естественному порядку» (Р.П. Зиферле, в сборнике «Философия техники в ФРГ»).

Свято хранила нормы деятельности и цеховая структура ремесленников. Вот образец одного из нормативных положений – Устава ремесленников города Торна (Германия), датируемого 1523 годом: «Ни один ремесленник не должен придумывать ничего нового или применять его, но каждый должен следовать за своим ближним из побуждений гражданской и братской любви».

Р.П. Зиферле отмечал, что понимание мира как переходного состояния от существующего устройства жизни к иному, более лучшему – это изобретение XIX и XX веков. Именно на рубеже XIX века начала ломаться система, в которой будущее – это повтор настоящего. Огромные массы людей испытали на себе переход к индустриализации. Динамичность техники потребовала ломки существовавших организационных структур, т. е. по сути всей структуры общества.

Появление института изобретателей – это не просто эпизод, а фиксация новых ценностей общества. По состоянию изобретательства в стране проверяется фактическое отношение к изменениям.

Первые попытки выделения изобретательской деятельности в самостоятельное ремесло относятся к рубежу XVI и XVII веков. Дж. Бернал писал по этому поводу в своей книге «Наука в истории человечества» [3]: «Конец 16 и начало 17 веков видели первых представителей из ряда прожектеров, позднее названных изобретателями. Они не только говорили, как это делал Роджер Бэкон, о чудесных новых машинах, но и предлагали сами сделать их за известное вознаграждение, а иногда даже действительно делали». Использовали ли эти талантливые люди какие-то осознанные приемы для организации своей деятельности или нет – сказать трудно. Известно лишь, что при решении задач в иных областях человеческой деятельности подобные приемы и эвристики использовались еще в глубокой древности.

Возникновение инженерного дела как отдельной специальности, связанной с разработкой проектов, относится к XVIII веку. В этот период большое развитие получили такие системы как флот, фортификационные сооружения, проводилось иное военное и гражданское строительство. Уже на этом этапе возникают первые

методические правила, ориентированные на повышение эффективности творческой деятельности. Во второй половине XIX века приемы и методики активизации творческой деятельности создавались рядом авторов. Была также осознана необходимость в создании объединений, кооперации разработчиков новой техники с целью дальнейшего повышения производительности их труда. Такие объединения появились почти одновременно в ряде промышленно развитых стран. Так, в 1871 г. при Мюнхенском политехническом институте была образована первая лаборатория, занимающаяся разработкой новых приборов для бурно развивавшейся техники низких температур. Наиболее известным примером промышленно-исследовательских лабораторий может служить лаборатория Т. Эдисона, созданная им в 1872 году в г. Менло-Парк (США). Итоги деятельности лаборатории говорят сами за себя. За шесть с половиной лет было получено около 300 патентов (что составляет 1 патент за 8 дней). Еще более усовершенствовал систему поточного производства патентов А. Белл. С 1879 по 1900 год сотрудники лаборатории его компании получили свыше 3000 патентов, т. е. в среднем 1 патент за каждые два с половиной дня в течение 12 лет.

Методический подход к решению задач, все еще уникальный, осознанный не полностью, применяемый далеко не всеми, начал, тем не менее, приносить прибыль. Производство новой техники подстегивало ее разработку в еще больших размерах. Обострение конкурентной борьбы в условиях промышленных кризисов заставляло компанию все более усиливать поиск новых идей по двум направлениям: как в области совершенствования средств производства, так и в области создания новых товаров. Большой вклад в разработку методического обеспечения был внесен в начале нашего века. В это время появились методики, описывающие различные аспекты творческой деятельности.

1.4. Методические поисковые средства технического творчества в формировании эффективной среды их применения

Индустрия производства новых идей развивалась все более быстрыми темпами, и к 40-м годам нашего века обостренно встал вопрос о переходе к следующей форме организации труда. Налицо были следующие факторы:

– увеличение спроса на новые идеи, особенно обострившиеся в преддверии и во время второй мировой войны;

– острый недостаток в квалификационной рабочей силе;

– высокая стоимость обучения и оплаты труда подобных специалистов;

– необходимость концентрации большого числа специалистов для решения комплексных, масштабных задач в ограниченные сроки.

Переход к новой форме организации труда был предопределен. Он неминуемо должен был произойти и происходил там, где спрос на новые идеи был особенно велик. По всем характеристикам этот переход является переходом к мануфактурному способу организации труда.

Процесс поиска новых идей и решений приобретает следующие характерные черты мануфактуры:

1. Процесс обработки и получения продукта состоит из ряда относительно изолированных друг от друга последовательных этапов.

2. Каждый этап обработки выполняет отдельный работник или работники, специально подобранные и максимально подходящие для этого по физическим и умственным качествам.

3. Процесс обучения резко упрощается, т.к. сводится к обучению одной операции.

4. Выполнение этапов, операций осуществляется с помощью специализированных инструментов.

5. Появляется необходимость в системе управления, определяющей общую цель работ, степень детализации, контролирующей выполнение операций и их качество.

Важнейшим теперь будет выяснение содержания этапов, операций, технологического процесса в целом. Их выбор тоже носит

закономерный характер. «Для правильного понимания разделения труда внутри мануфактуры существенно обратить внимание на следующие пункты. Прежде всего расчленение процесса производства на его особые фазы совершенно совпадает в данном случае с разложением ремесленной деятельности на ее различные частичные операции... Базисом остается ремесло». (Маркс)

Чтобы понять связь технологии с наукой и обществом, их влияние друг на друга и на природную среду, необходимо уяснить сущность технологии, её роль и место в современном мире, возможности и ограничения.

Технология является неотъемлемой частью человеческой культуры. Понимание термина «технология» основано на рассмотрении ее:

А. Как некой интегрирующей области знаний, создающей межпредметные связи.

Б. Как мыслительного процесса, от осознания проблемы к плану её решения, использование которого позволяет решить проблему.

В. Как деятельности в общечеловеческом, социальном, контексте, предполагающей, что применение знаний основано на гуманитарных оценках результатов деятельности, понимании ее необходимости.

Взяв в руки обломанную ветром ветку, чтобы достать высоко висящий плод, наш далекий предок сделал первый шаг на пути технологического развития.

Современного человека окружают самые разнообразные предметы, созданные для удовлетворения его многочисленных потребностей. Вся эта созданная людьми технологическая среда носит название «промышленная собственность», что позволяет нам определить технологию, как процесс удовлетворения человеческих нужд с помощью искусственно созданных материальных объектов, а любая технологическая система является конкретным представителем этого искусственного мира.

Комплексное технологическое образование подразумевает рассмотрение технологии, как процесса постановки и решения проблемы, опирающегося на опыт и знания, учитывающего социальную значимость достигнутого результата.

Контрольные вопросы

1. Что в современном мире понимается под творчеством?
2. Перечислите основные виды творчества.
3. В каких разновидностях представлена в нашей жизни наука?
4. В каком веке идеи, направленные на совершенствование техники, утвердились как товар и, что этому способствовало?
5. Этапы развития организационных форм производства?
6. К какому времени относятся первые попытки выделения изобретательской деятельности в самостоятельное ремесло?
7. Когда возникло инженерное дело, как отдельная специальность, связанная с разработкой проектов?
8. Что такое «Технология»?

2. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЕ ТВОРЧЕСТВО В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРА В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ НОВОЙ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТАРОЙ ТЕХНИКИ

Большое внимание уделяется в последние годы вопросам технического творчества. При этом техническое творчество не сводят к кружкам «умелые руки», а понимают под этим процесс поиска новых идей и решений в различных областях человеческой деятельности, учитывающий не только саму процедуру постановки и решения задачи, но и разнообразные аспекты, связанные с организацией поисковых групп, управлением их деятельностью, развитие творческих способностей каждого конкретного решателя.

Сформировались и специфические подходы к этой проблеме, отражающие точки зрения независимых групп специалистов. В основе этих подходов лежат отличающиеся концепции организации средств учебно-методического обеспечения, нашедшие свое отражение в учебных программах, пособиях, методике проведения занятий и т.п.

Так, наиболее широко представленное в нашей стране направление, возглавляемое Г.С. Альтшуллером и названное разработчиками «Теория решения изобретательских задач» (ТРИЗ), базируется на законах развития технических систем, эмпирически установленных разработчиками на основе анализа жизненных циклов нескольких десятков различных технических (в основном машинных, по классификации В. Хубки систем. Эти законы определяют логику постановки и решения задач, а также оценку полученных решений, включая прогнозирование будущих задач и решений, то есть прогнозирование развития систем. Действие этих законов проецируется и на другие аспекты технического творчества: от творческих коллективов до информационных фондов.

Эвристические подходы к постановке и решению проблем, основанные на специфике человеческого мышления, в большей степени представлены из хорошо известных в России авторов у Г.Я. Буша.

Механистические принципы построения курса, ориентированные во многом на вузовскую студенческую аудиторию, предло-

жены в рамках системы высшей школы А.И. Половинкиным. В основе их лежат элементы системного подхода. Одной из целей этого курса является формирование мотивации к усвоению фундаментальных знаний по базовым дисциплинам технических вузов.

В настоящей работе делается попытка сформировать некоторые общие принципы организации технического творчества, в первую очередь его учебно-методического обеспечения, учитывающие многообразие существующих подходов и форм, ориентируясь в первую очередь на задачи средней школы.

2.1. Образ задачи и его динамика

Любой поисковый процесс начинается с анализа ситуации. Установления отношения к ней, выявления на основе этого отношения ряда целей, представляющих определенный интерес. При выборе из них какой-либо, приоритетной можно говорить о постановке проблемы – осознанной необходимости поиска средств, для ее (этой цели) достижения. То есть системы, реализующей некоторую совокупность функций. Систему, описанную подобным образом, относят к типу «черный ящик». На этом этапе совершенно безразлично как необходимые функции реализуются – важно лишь то, что они должны выполняться.

Следующим этапом является переход от системы типа «черный ящик» к системе типа «прозрачный ящик», когда известны не только внешние функции, но и принцип действия, состав элементов и структура. Этот этап может быть разбит на две части: первая – выбор способа реализации необходимых функций (принципа действия системы) и вторая – формирование конкретного облика системы, определенным ранее способом реализующие заданные функции.

К сожалению, крайне редко бывает, чтобы вновь созданная система, попав в реальные условия производства и эксплуатации, удовлетворяла бы всем предъявленным к ней требованиям (которые могли и поменяться за время разработки и изготовления) – выявляются нежелательные эффекты, проявляющиеся как во внешнем, так и во внутреннем функционировании, не говоря уже о тех-

нологических трудностях. Начинается этап доводки, характеризующийся последовательным устранением этих нежелательных эффектов.

Всё вышесказанное иллюстрируется обобщенной схемой проектирования систем (рис. 1), из которой видно – каждый этап характеризуется последовательным расширением и сужением поискового поля, так как переход на этап последующей возможен после установления достаточной определенности на этапе предыдущем.

ситуация	
выбор цели	Анализ ситуации, создание массива целей, упорядочение этого массива, выбор приоритетной цели.
цель	
Постановка проблемы	Анализ цели, выявление возможных средств отбор приоритетного, установление внешних ее достижения, функциональных требований к нему, то есть функций системы, позволяющей решить проблему – достичь поставленную цель. Другими словами – определяется система типа "черный ящик".
проблема	
выбор системы	
выбор принципа действия	Выявление возможных способов осуществления необходимых функций, принципов действия реализующей их системы, отбор оптимального
выбор конкретного воплощения	Выявление возможных конкретных вариантов воплощения системы, реализующей отобранный принцип действия и осуществляющей требуемые функции, отбор из их числа наилучшего
система с НЭ	
снятие НЭ системы	Выявление нежелательных эффектов, возникающих при внедрении и эксплуатации, структурирование НЭ и отбор ключевых. Постановка и решение задач по их снятию. Отбор приемлемых вариантов решения.
решение	

Рис. 1. Обобщенная схема проектирования систем

Такой подход позволяет определить типы задач и установить предпочтительные им методические средства, что приведено в таблице 1.

Таблица 1

Типы задач, их содержание и предпочтительные методические средства решения

Тип задачи	Содержание (отличительные признаки)	Предпочтительные методические средства
Уточнение цели	Анализ ситуации, создание и упорядочение массива целей, выбор предпочтительной	Мозговой штурм, метод морфологического ящика, системно-морфологическое исследование
Функция (набор потребительских свойств)	Поиск новой функции, нового набора потребительских свойств	Метод фокальных объектов, метод отрицания и конструирования, мозговой штурм, метод морфологического ящика, системно-морфологическое исследование
Принцип действия (способ функционирования)	Поиск нового принципа действия (способа функционирования), реализующего известную функцию	Матрица взаимодействий, АРИЗ, вепольный анализ, метод морфологического ящика, операционное системно-морфологическое исследование
Конкретное воплощение	Создание новой системы по известному принципу действия реализующей известную функцию	Метод морфологического ящика, предметное системно-морфологическое исследование
Система с нежелательным эффектом	Совершенствование конкретной системы, по известному принципу действия реализующей известную функцию	Матрица взаимодействий АРИЗ, альбом основных приемов разрешения технических противоречий, вепольный анализ

В жизни же всё бывает подчас куда прозаичней: при необходимости реализовать какую-либо новую совокупность потребительских свойств (новую совокупности внешних функций системы) не задерживаясь на ранее сформулированных нами этапах, берут что-либо приблизительно похожее и, слегка видоизменив, пытаются использовать, то есть искусственно сводят задачу к типу «система с нежелательным эффектом». Такой подход позволяет быстро получить "нечто", с которым можно начинать конструктивно-технологическую доводку изделия, отчитаться о проведе-

нии работ по созданию и апробированию опытного образца, утешить себя и окружающих иллюзиями о наличии материального и технологического обеспечения будущего производства.

Подобное поведение разработчика приводит к непредсказуемому появлению нежелательных эффектов с неопределенным объемом работ по их устранению. В результате чего новое изделие вообще рискует не встретиться со своим потребителем.

2.2. Этапы проектирования техники

Говоря о конкретных методах поиска решений, как о системах для решения задач определенных типов, мы осуществили их классификацию. Сохраняя вышеизложенный подход к проектированию систем при рассмотрении самих методов, мы можем разделить их по способам функционирования (принципам действия этих методов) и тогда можем выделить методы преимущественно случайного, систематического и логического поиска. При этом следует помнить о том, что в каждом конкретном методе все эти три компонента будут присутствовать, однако значимость их будит различна. Кстати, соотношение этих компонентов и конкретная форма их воплощения позволяют описать любой из существующих методов поиска идей и решений, а также прогнозировать появление возможных новых. Более того, учитывая, что методы поиска идей и решений – это системы, не следует отказывать им в подверженности эволюционным процессам, результатом которых является не только специализация под задачи определенных типов путем изменения значимости отдельных компонентов, но и трансформация самих методов под влиянием пользователя и условий его работы, приобретения присущих ему черт.

Рассмотрим в качестве примера мозговой штурм, традиционно относимый к методам случайного поиска. Напомним вкратце его суть: метод состоит в разделенном во времени групповом выдвижении идей по решаемой проблеме с их обсуждением и принятием окончательного решения. Действительно, в начальный период использования метода, решение проблемы происходило, в основном, на этапе выдвижения (генерации) идей, а на этапе обсуждения (анализа) осуществлялся отбор наиболее подходящих решений и их уточнение. В настоящее время, мозговой штурм (не

в условиях учебного процесса) является мощным средством формирования поискового поля, контуры которого намечают на этапе генерации (нет идей плохих и хороших – все идеи одинаково значимы и ценны, потому что важна их совокупность), а на этапе анализа осуществляют классификацию идей по типам (уровням). К примеру: функция – способ – устройство, и достраивают структурированный таким образом массив решениями, на этапе генерации не названными.

При этом объем работы на этапе анализа, где основными инструментами являются элементы формальной логики: классификация, определение, основные логические операциями с понятиями, превышает в десятки раз трудозатраты этапа генерации. Кстати, правила выполнения этих процедур формализованы очень тщательно, практически алгоритмизированы.

2.3. Средства технического творчества и их применение

Обобщенная схема проектирования систем позволяет выделить основные этапы поиска решения и установить предпочтительный для каждого из них перечень методических средств. Она описывает последовательность формирования образа проектируемой системы от неопределенной исходной ситуации до конкретных технических предложений, достаточных для начала разработки жизнеспособного изделия, включая и этапы эксплуатационно-технологической доводки.

Но эффективная работа по поиску решений требует и создания определенной комфортности этого процесса, высокой творческой активности участников, благоприятной и доброжелательной атмосферы в коллективе, общей заинтересованности в положительном конечном результате, ослаблению психологических барьеров как во взаимоотношениях членов рабочей группой, так и по отношению к стоящей перед ними задаче. Не менее важно и установление гибких ролевых установок, наиболее благоприятных на каждом поисковом этапе.

Такой подход, с одной стороны, требует другой классификации методических поисковых средств (индивидуальные и коллективные, эвристические и рациональные и т.д.) с учетом числа

участников, их психологических особенностей. А с другой – использование специальных методик, позволяющих как формировать рабочие группы на основе совместимости психологических типов их участников и вырабатывающих навыки позитивного общения в процессе коллективной деятельности, так и развивающих творческое воображение, ассоциативное мышление.

В этом случае методические поисковые средства будут направлены на решение внутренних проблем пользователя (индивидуального или коллективного), то есть превратятся в разнообразные упражнения по развитию творческого воображения, навыков группового общения и работы, преодолению психологических и мотивационных барьеров.

Предлагаемая организация учебно-методических средств технического творчества, в основу которой положено рассмотрение отдельных методов как систем для решения задач определенных типов, позволяет создать гибкую и внутренне непротиворечивую, развивающуюся структуру учебно-методического обеспечения процесса обучения техническому творчеству. Облегчит конкретную работу по поиску новых идей и решений, упростит ее адаптацию, как к задачам, так и к условиям их решения с учетом индивидуальных особенностей конкретных решателей.

Системный анализ как самостоятельное направление исследований возник в недрах общественных наук и, продемонстрировав свое могущество в столь сложной, многообразной и запутанной системе, как человеческое общество, быстро распространился и в сфере технических наук. Это не случайно, так как системный подход дает метод исследования, представления и преобразования информации и объектов, при котором сложное можно представить через простое, не теряя при этом связи изучаемой части и целого, что очень важно в такой сложной деятельности, как творческий поиск в науке, технике и социальной сфере.

Не менее важным оказалось и то обстоятельство, что технические системы, все без исключения созданные человеком, являются для человека более прозрачными, понятными по причинам чисто генетическим: ведь он сам создавал систему, все ее элементы и связи между ними, растил ее, встраивал в уже существующий мир систем и в силу этого должен был прочувствовать почти все ее многообразные связи с внешним окружением, а о внутреннем

строении уж и говорить не приходится. Поэтому технические системы для демонстрации, изучения или освоения системного подхода являются наиболее простыми объектами.

В настоящее время актуальность проблем научно-технического творчества отошла на второй план по сравнению с сиюминутной важностью решения задач бизнеса: экономических, финансовых, организационных. Причем речь идет не только о глобальных масштабах и даже не о масштабах отрасли, области или района. Своя рубашка ближе к телу, и задача обеспечения собственного благосостояния становится первостепенной (пережитки и угрызения социалистического сознания, у кого они остались, можно утишить той истиной, что благосостояние державы все-таки складывается из благосостояний ее граждан). Тем самым оказывается, что, в подтверждение диалектического закона о спиральном развитии, мы вернулись к области общественных и социальных проблем, туда, где впервые заговорили о системном анализе, но уже к другому масштабу задач. Однако, это не означает, что другие области будут обойдены вниманием, нет, это просто невозможно в силу самой сущности системного подхода, когда для любой системы в той или иной мере нужно видеть и учитывать все многообразные ее связи, причинно-следственные, информационные, временные, пространственные, и т.д.

Основные направления рассмотрения технологических систем: ·

Система – это комплекс взаимодействующих компонентов (деталей, узлов, устройств), используемый для достижения цели. ·

Характеристики системы – это ее внешние связи (входы и выходы), принимаемые во внимание.

Систему можно описать блок-схемой (вход – процесс – выход). ·

Систему можно расчленить на подсистемы и описать каждую из них блок-схемами (вход – процесс – выход). ·

Система является частью более крупной системы – надсистемы, которую она образует вместе с другими, дополнительными, системами. ·

Измерение параметров фактического выхода – это информация, получаемая от системы и используемая для оценки ее работы, а, при необходимости, используемая для принятия решения об

осуществлении управляющих воздействий с целью получения требуемого выхода. ·

Почему и когда создавалась технологическая система? Как развивалась до наших дней? Почему именно так? Какой станет завтра?

Б. Увидеть через призму системного подхода взаимосвязь между технологией, обществом и природой.

Системный подход – это комплекс методов поиска, планирования и реализации изменений, направленных на решения проблем. Он дает возможность выделять любой компонент проблемы и рассматривать его независимо с учетом существенных связей с окружением (технологическим, социальным, природным).

Какие потребности удовлетворяют технологические системы?

Например:

Потребление электроэнергии в быту – важнейший показатель качества жизни. С ростом благосостояния людей возрастает потребность в электроэнергии.

При расширении существующих электростанций или строительстве новых с целью получения большего количества электроэнергии, следует обращать внимание как на требуемый (полезный) выход (дополнительная электроэнергия), так и на нежелательные последствия изменений (дополнительное загрязнение воздуха, шум и т.п., то есть вредный выход).

Любое изменение в окружающем мире человек осуществляет для удовлетворения каких-либо своих потребностей. При этом достигнутый и ожидаемый результаты не всегда совпадают. Более того, в дополнение к положительному эффекту от изменений всегда возникают негативные воздействия, создающие самые разнообразные проблемы, которые нам с вами постоянно приходится решать. Все это создает условия для непрерывного развития общества, науки, технологии.

Подобный подход к изучению технологии позволяет исследовать технологические системы, предлагать варианты их модернизации, активно использовать в этом процессе знания, полученные при изучении других дисциплин.

Контрольные вопросы

1. С чего должен начинаться любой поисковой процесс и каковы его этапы?
2. В каких случаях задачу искусственно сводят к типу «система с нежелательным эффектом»?
3. Суть метода случайного поиска – «Мозговой штурм»?
4. Понятие «Системный анализ» и что даёт его применение на практике?
5. Дать определение понятию «Система» и перечислить все её основные характеристики.

3. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПРАКТИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. Методология преобразования систем

Одним из основных недостатков, свойственных многим выпускникам вузов, является неумение самостоятельно ставить и решать плохо формализованные задачи. Поэтому, приходя на производство, они зачастую оказываются беспомощными перед возникающими техническими, увы, не учебными проблемами, теряются в нестандартных ситуациях, плохо ориентируются в быстро изменяющемся мире техники. Причина такого положения в том, что при изучении вузовского курса большинство учебных дисциплин, как правило, базируется на рассмотрении хорошо известных и отработанных на сегодняшний день объектов техники, на решении теоретических и практических задач, для которых уже имеется их готовая постановка. При этом объекты техники изучаются вне связи с законами развития техники, а способы решения задач даются в виде набора алгоритмов, иллюстрирующихся рафинированными учебными примерами, причем преподавателю (а часто и студенту) заранее известен правильный ответ. Решение подобных учебных задач обычно превращается в достаточно рутинную работу, не требующую глубоких творческих размышлений. Все это не способствует развитию инженерного мировоззрения, инженерного мышления, способности решать творческие задачи.

Не отрицая необходимости приобретения навыков хорошего решения такого типа задач, хотелось бы высказать мысль, что каждый преподаватель высшей школы должен быть озабочен тем, чтобы будущий специалист, прежде всего, овладел бы системным видением мира, в том числе и мира технических систем, знаниями и навыками, необходимыми специалисту для решения нетиповых, творческих задач. При этом под творческими задачами мы как раз и подразумеваем такие из них, для которых в данный момент нет готовой четкой формулировки, неизвестен заранее способ решения, а близкие примеры решения аналогичных задач в данной отрасли техники не очевидны или попросту известны. При этом каждая задача может иметь несколько вариантов решений, из которых

специалисту необходимо уметь выбирать наиболее рациональное. Работе с такими задачами Высшая школа не учит.

В значительной мере восполнить указанный пробел в постановке инженерного образования позволяет изучение приемов и методов решения творческих проблем, объединенных в рамках ТРИЗ – теории решения изобретательских задач.

К сожалению, ТРИЗ в качестве науки о законах и путях развитии технических систем и методах поиска новых технических решений по их преобразованию еще не стала полноправной вузовской дисциплиной. Есть пока – что относительно небольшой, хотя и постоянно пополняющийся, опыт внедрения ее в учебный процесс как у нас в стране, так и в вузах ряда промышленно развитых стран. Одной из причин медленного внедрения этой дисциплины является отсутствие ВУЗовских учебников и учебных пособий.

В настоящее время ТРИЗ – это быстро развивающаяся дисциплина, постоянно расширяющая сферу своего влияния на «неинженерные» виды деятельности. В силу этого, сегодня, она включает много практических находок, которые появились в последние время и еще не получили должного теоретического обоснования.

Речь в курсе пойдет об изобретательской деятельности, то есть о той силе, что сделала человека человеком, создала нашу цивилизацию. Овладение этой силой, ее управляемое применение и являются предметом нашего курса.

Так что же такое творчество? Ведь в обыденной жизни мы постоянно сталкиваемся со многими видами деятельности, к которым без особых напряжений относим понятие «творческая деятельность». Это, например, создание живописных, музыкальных, поэтических произведений и аналогичные виды деятельности. И все-таки обратимся за уточнением к «Словарю русского языка» С.И. Ожегова (Москва, 1972, изд. «Советская энциклопедия»). В соответствии с ним «Творчество – создание новых по замыслу культурных, материальных ценностей». Здесь особенно важно словосочетание «новых по замыслу».

В такой трактовке инженерной творческой деятельностью является изобретательская деятельность. И это очень важно понимать, т.к. развитие человеческой цивилизации, его темпы и уровень определяются именно изобретательской деятельностью людей, их творчеством. К числу выдающихся изобретений можно без

всяких сомнений отнести способ добывания и сохранения огня, плуг и другие инструменты для обработки земли, колесо и повозку, порох, письменность, бумагу и печатный станок, ткацкий станок, паровую и электрическую машины, современные средства транспорта, электронную технику, включая электронные вычислительные машины.

Изобретая, человек создал мир второй, искусственной природы, мир вещей. Для этого он придумал множество способов использования и переработки естественных природных материалов, способов преобразования энергии воды, ветра, Солнца, ископаемого топлива в энергию различных силовых установок. Это, в свою очередь, позволило человеку не только освоить все уголки Земли, но и выйти за пределы атмосферы в космическое пространство.

Какое же место занимает изобретательское творчество в деятельности инженера в процессе создания новой и усовершенствования старой техники? Наиболее отчётливо это удаётся понять, рассматривая процесс проектирования техники, который можно представить в виде следующих укрупненных этапов:

– формулировка новой потребности, идеи, замысла ее удовлетворения;

– конструкторская и технологическая проработка (создание чертежей, расчет отдельных узлов и элементов, написание пояснительных документов);

– создание опытного образца, его испытания и доводка;

– окончательная корректировка технической документации и передача ее в производство.

Нас, пожалуй, в большей степени интересуют два первых этапа.

Включаясь в процесс создания новой техники на втором этапе, инженер-проектировщик должен использовать весь багаж своих знаний в области математики, вычислительной техники, специальных дисциплин, чему, как правило, неплохо обучают в ВУЗе. При этом, однако, совершенно ясно, что без хорошей начальной идеи, идеи, лежащей в основе разработки, труд проектировщика может оказаться малоэффективным: созданный образец техники вероятнее всего не будет способен выдержать конкуренцию с уже существующими товарами и услугами, или даже изначально окажется

нежизнеспособным. Таких примеров техника знает предостаточно.

Чтобы избежать серьезных ошибок на этой важнейшей стадии создания проекта, существует ряд различных по сложности и эффективности методов поиска (генерирования) новых технических идей. Однако обучению этим методам в большинстве высших учебных заведениях пока уделяют мало внимания. Именно поэтому в подавляющем большинстве случаев даже высококвалифицированные специалисты, получившие хорошее фундаментальное образование, выдвигают новые идеи, основываясь на простом переборе вариантов, используя старый, как мир, но малоэффективный «метод проб и ошибок».

Возвращаясь еще раз к целям нашего курса, отметим, что он как раз и призван (хотя бы и частично) восполнить этот пробел в подготовке будущего инженера, познакомив его, насколько позволяет это сделать небольшой по своему объему учебный курс, с одним из эффективных методов поиска новых технических решений.

А давно ли возникла у человека потребность делать изобретения?

Когда в студенческой аудитории спрашиваешь, какая профессия самая древняя, то слышишь реплики: "ну, конечно же... мол, это всем известно..." В действительности же, одной из самых древних профессий, без которой, по-видимому, человек не смог бы стать человеком, является именно изобретательство. Привязанный к палке камень способствовал продлению средней продолжительности жизни человека на несколько лет и увеличивал тем самым и его численность на Земле. Это, безусловно, не самое первое его изобретение и тем более не последнее. По мере развития перед человеком постоянно вставали все новые и новые задачи, и они, так или иначе, решались в большинстве своем безвестными изобретателями. До нас дошли имена только самых выдающихся из них: Пифагора, Архимеда, Леонардо да Винчи.

Рассматривая их изобретательское творчество, историки науки и техники отмечают, что при поиске новых идей они пользовались ничем иным как методом «проб и ошибок». Об этом свидетельствуют, в частности, десятки записных книжек Леонардо да Винчи, в которых он записывал и зарисовывал случайным образом посещавшие его технические идеи. Метод случайного перебора

иногда сознательно им усовершенствовался – например, когда конструкция летательного аппарата создавалась по аналогии с принципом полета птиц или бабочек.

3.2. Принципы Декарта

Вопросы понимания механизмов человеческого мышления, выработки приемов повышения его эффективности в те далекие времена больше занимали, говоря сегодняшним языком, представителей гуманитарных профессий: философов, теологов, психологов. Первые упоминания об эвристике, учении о продуктивных методах творческого мышления, относятся к временам античности. Наиболее ранние попытки выявить особенности творческого подхода при решении задач нашли отражение в трудах Архимеда, Евклида, Апполония Бергамского, Аристея-старшего. Сам же термин «эвристика» впервые появился в трудах греческого математика Паппа Александрийского, жившего во второй половине III века нашей эры.

В дальнейшем к проблемам создания эвристики обращались ряд философов и математиков, например, Р. Декарт, Г. Лейбниц, Б. Больцано, А. Пуанкаре. Например, в труде «Правила для руководства ума» Р. Декарт предложил ряд принципов поиска истины. Они настолько интересны и актуальны еще и сегодня, что стоит кратко познакомиться с некоторыми его мыслями.

Декарт, во-первых, утверждал, что способность правильно судить и отличать истинное от ложного, что, собственно, и именуется здравым смыслом или разумом, от природы у всех людей одинакова. «Таким образом, различие наших мнений происходит не оттого, что одни люди разумнее других, но только оттого, что мы направляем наши мысли разными путями и рассматриваем не те же самые вещи. Ибо мало иметь хороший ум, главное – хорошо его применять». (Можно добавить, что мало иметь хорошие знания, главное уметь их применять.)

Для хорошего же применения своего ума Декартом сформулированы четыре принципа, следовать которым он рекомендовал, и которые остаются актуальными и в наше время. Приведем их и вслед за их автором настойчиво порекомендуем следовать им, и

особенно – второму, поскольку он предвосхитил, как мы увидим дальше, один из фундаментальных системных принципов.

Первое – «никогда не принимать за истинное ничего, что я не познал бы таковым с очевидностью; иначе говоря, тщательно избегать опрометчивости и предвзятости и включать в свои суждения только то, что представляется моему уму столь ясно и столь отчетливо, что не дает мне никакого повода подвергать их сомнению».

Второе – «делить каждое из исследуемых затруднений на столько частей, сколько это возможно и нужно для лучшего их преодоления».

Третье – «придерживаться определенного порядка мышления, начиная с предметов наиболее простых и наиболее легко познаваемых и восходя постепенно к познанию наиболее сложного, предполагая порядок даже и там, где объекты мышления вовсе не даны в их естественной связи».

И последнее – «составлять всегда обзоры столь общие, чтобы была уверенность в отсутствии упущений».

Открытие учеными в XVIII–XIX веках электричества, магнетизма и радиоактивности привело к бурному развитию техники, появлению принципиально новых средств транспорта, связи, оружия, обрабатывающей техники и бытовых приборов. Потребность в большом числе новых технических разработок заставила инженеров и ученых всех областей знаний приступить к поиску прикладных методик изобретательства.

Возникло множество теорий, по-своему объясняющих творческие процессы и дающих рекомендации по их интенсификации. Появились и методы интенсификации поисковой деятельности. К наиболее интересным (с точки зрения исторического развития) и естественным методам, до сих пор активно используемым на практике, следует отнести рассмотренные ниже подходы.

Организационный подход, включающий увеличение субсидий и соответственно коллективов исследователей; осознание необходимость создания объединений, кооперации разработчиков новой техники с целью дальнейшего повышения производительности их труда.

Такие объединения появились почти одновременно в ряде промышленно развитых стран. Так, в 1871г. при Мюнхенском политехническом институте была образована первая лаборатория, занимавшаяся разработкой новых приборов для бурно развивавшейся техники низких температур.

Наиболее известным примером промышленно-исследовательских лабораторий может служить лаборатория Т. Эдисона, созданная им в 1872 году в городе Менло-Парк (США). Итоги деятельности лаборатории говорят сами за себя. За шесть с половиной лет было получено около 300 оригинальных технических решений (что составляет в среднем 1 патент за 8 дней). Еще более усовершенствовал систему поточного производства патентов А. Белл. С 1879 по 1900 год сотрудники лаборатории его компании получили свыше 3000 патентов. Именно в эти годы и были заложены основы промышленной электротехники и телефонии.

Развитие этого процесса привело к стремительному росту числа таких лабораторий. Характерен пример США: 1920 г. – 300, 1930 – 1600, 1940 – 2200, 1967 – 15000 лабораторий.

– конкурсное проектирование, которое также требует увеличенного субсидирования;

– переманивание «мозгов» (утечка мозгов), прежде всего характерная для науки и промышленности США

– японский подход, заключающийся в мощной поддержке и стимулирования рационализаторской и изобретательской деятельности на базе предельного «метода» проб и ошибок («думай непрерывно»).

Большой популярностью в Японии пользуются книги известного специалиста по проблемам стимулирования научно-технического прогресса Ясухиро Хиросиги. Вот его девять советов по тренировке творческого мышления:

– ежедневно выделяйте время для мышления; японская поговорка гласит: «лучше всего думается на коне, в постели и… в отхожем месте»;

– успокойтесь и подумайте;

– публикуйте свои достижения;

– ставьте себе конкретную цель, – это позволит наметить контуры будущего успеха;

– научитесь сосредотачиваться;

– избегайте шаблона;

– записывайте свои мысли;

– расширяйте общение с людьми других профессий;

– всегда ощущайте духовный голод, жажду деятельности.

Как легко заметить, что все рекомендации, несмотря на свою вероятную полезность, носят лишь самый общий и поэтому малопродуктивный характер.

Психологический подход.

Основной направленностью первого этапа психологических исследований, который можно отнести к последней трети 19 века, было изучение личности изобретателя. Причем сама личность часто рассматривалась как нечто, отмеченное божественной печатью исключительности. И лишь в XX веке на смену этим взглядам постепенно пришло убеждение, что творческие задатки есть в той или иной мере почти у всех людей.

Экспериментируя с задачами и головоломками, психологи выяснили, что испытуемые решают их перебором вариантов, что многое при этом зависит от предшествующего опыта. Это, однако, не прояснило главной проблемы, каким образом некоторым изобретателям удается малым числом проб решать задачи, заведомо требующие большого числа проб? Ответить на этот вопрос психология творчества не может и по настоящий день.

Возникает естественный вопрос, почему за длительный срок не было создано достаточно эффективных методов решения творческих задач? По-видимому, здесь можно выделить несколько причин. Это и низкий общий уровень развития методологии научного поиска, слабое понимание закономерностей развития природы и часто связанная с этим попытка решать более общую задачу: найти универсальные принципы, позволяющие решать любые творческие задачи во всех областях человеческой деятельности.

Однако более существенным в рассматриваемом вопросе, по-видимому, является то, что уровень промышленного и сельскохозяйственного производства в прошлые века, да и в начале XX века еще не создал ярко выраженной общественной потребности в разработке эффективных методов технического творчества, широкого их применения в практике создания новой техники, в прак-

тике работы изобретателя. Необходимые темпы технического прогресса вполне удовлетворялись случайными изобретениями, выполненными методом проб и ошибок.

Только современная мировая научно-техническая революция (начавшаяся в 30-е годы нашего столетия), характерной чертой которой является бурное развитие науки, техники и технологии, не могла не войти в противоречие со старым, малопроизводительным способом поиска новых решений.

Определяющими факторами этого момента были:

– увеличение спроса на новые идеи, особенно обострившиеся в преддверии и во время второй мировой войны;

– острый недостаток квалифицированной рабочей силы;

– высокая стоимость обучения и оплаты труда подобных специалистов;

– необходимость концентрации большого числа специалистов для решения комплексных, масштабных задач в ограниченные сроки.

3.3. Методы поиска новых технических решений

Человечество ответило на это противоречие созданием методов и специальных приемов, активизирующих творческий процесс. Характерным оказался тот факт, что эти методы были созданы главным образом учеными и инженерами, непосредственно занимавшимися разработкой новой техники. Ими разработаны несколько различных методов поиска новых технических решений, различающихся своей сложностью и эффективностью. Большинство из них, однако, имеет лишь исторический интерес.

Среди наиболее эффективных и разработанных, позволяющих решать задачи разной степени сложности, отметим следующие – мозговой штурм, синектику, метод фокальных объектов, морфологический анализ и, наконец, Теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Может возникнуть вопрос, а нужно ли в вузах изучать методы инженерного творчества, не достаточно ли в практике проектирования пользоваться методом проб и ошибок? Исследования науковедов и историков развития науки техники показывают, что, по-видимому, не достаточно! Стремительное развитие потребностей

человечества, особенно отчётливо проявившееся во второй половине XX века, вступает в противоречие с темпами их удовлетворения, темпами развития техники и технологий. Создание и освоение производства техники новых поколений, позволяющей многократно повысить производительность труда, улучшить его условия, существенно снизить материальные, энергетические и финансовые затраты, уменьшить (а, по возможности, и ликвидировать) негативное влияние человека на окружающую среду – в первую очередь связано с разработкой новых эффективных изобретений.

Опыт же показывает, что одним из главных недостатков в подготовке большинства выпускников инженерных специальностей, именно тех специалистов, которые и призваны решать эти проблемы, является, неумение самостоятельно ставить новые задачи, отсутствие навыков поиска эффективных конструкторских и технологических решений на уровне изобретений, применения для перечисленных выше целей приобретенных знаний.

И вопрос этот актуален не только для нашего высшего образования. Приведем в связи с этим мнение американского специалиста в области методологии инженерного проектирования Дж. Диксона: «Решение технических задач является высокоинтеллектуальным занятием, требующим применения знаний, а это заслуживает такого же внимания, как и приобретение знаний. Чтобы применять знания, нужно активно владеть ими и, кроме того, иметь определенную цель. При чтении курсов я все больше убеждался, что мои студенты знают больше того, что они понимают или могут использовать на практике».

Подчеркнем здесь слова о необходимости активного владения знаниями, что как раз и предполагает их использование при решении новых инженерных задач.

Сделав краткий экскурс в историю поиска эффективных подходов к решению изобретательских задач, в дальнейшем мы сосредоточим свое внимание на введении в Теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Контрольные вопросы

1. В чём заключается изобретательская деятельность?
2. Какое место занимает изобретательское творчество в деятельности инженера, в процессе создания новой и усовершенствования старой техники?
3. Давно ли возникла у человека потребность делать изобретения?
4. Что такое «Эвристика» и к какому времени относятся первые упоминания о ней?
5. Четыре принципа, сформулированные Декартом и актуальные в настоящее время?

4. МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

4.1. Системный подход

Что такое «техническая система»?

Термины, вынесенные в заголовок, очень часто встречаются в научной и технической литературе последних десятилетий. Это связано с тем, что в наше время в практике проектирования на передний план выступила необходимость решения не одиночных, а комплексных проблем, создания и совершенствования гораздо более сложных, чем это было ранее, технических объектов. Современный специалист весьма часто сталкивается с ситуациями, в которых приходится, с одной стороны, учитывать тенденции технического прогресса отрасли, но и, с другой стороны, – устранять негативные последствия использования устаревших конструкций, устройств и целых технологий. Системный подход – это попытка найти некоторые специфические методы, способные помочь решению всё усложняющегося комплекса проблем, с которыми инженеру приходится сталкиваться на этом пути.

Системные исследования в последние годы получили широкое развитие в самых различных сферах человеческой деятельности. Существуют многочисленные попытки сформулировать, что такое системный подход, системотехника, общая теория систем, дать этим терминам четкое определение. Разные авторы, однако, используя эти понятия при анализе интересующего их круга проблем, вкладывают в них неодинаковый смысл, и поэтому в настоящее время общепринятой трактовки данных терминов не существует. В то же время, понятие "система" носит ключевой характер в ТРИЗ, и именно поэтому (не претендуя на обобщающий характер наших высказываний) мы ниже изложим свою точку зрения на то, что такое системный подход в случае инженерной творческой деятельности. Как методология преобразования систем она включает в себя следующие структурные объекты (приводимый ниже перечень, естественно, не претендует на исчерпывающую полноту):

Понятийный аппарат – совокупность присущих данному подходу определений и понятий, таких как система, структура, функция, системное качество, противоречие, модель системы.

1. Язык описания систем и их взаимодействий (вепольный анализ).

2. Законы строения и развития систем (ЗРТС).

3. Приемы выявления и анализа новых потребностей.

4. Приемы анализа функционирования систем.

5. Приемы (операторы) преобразования систем, методы и алгоритмы их применения.

6. Приемы синтеза преобразованной системы.

Ряд положений этого перечня будут достаточно подробно рассмотрены на последующих занятиях; в этой вводной лекции мы дадим лишь ряд понятий, необходимых в дальнейшем.

Что мы будем понимать под термином «система»?

Прежде всего, надо понимать, что каждое научное понятие, в том числе и понятие «система», – это некоторая полезная абстракция, вводимая для выделения различных объектов из окружающего мира для удобства его изучения.

Система – это некоторая совокупность взаимосвязанных элементов, обладающая свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов.

Можно различать как естественные, так и искусственные, создаваемые людьми системы (например, технические, социальные).

Под технической системой (а именно с техническими системами мы в этом курсе будем иметь преимущественно дело) будем понимать такую совокупность элементов, которая позволяет ей выполнять некоторую полезную для людей функцию.

Элемент системы – относительно целая ее часть, обладающая некоторыми свойствами, не исчезающими при отделении от системы. Однако в системе свойства отдельных элементов не просто суммируются. Чаще всего часть свойств каждого элемента при вхождении его в систему гасится, нейтрализуется, теряет свою индивидуальность. Но зато каждая система в целом обладает каким-то особым качеством, которое не является результатом простого суммирования свойств составляющих ее элементов. В этой связи говорят, что система обладает особым системным качеством (системным свойством).

При этом можно выделить два типа проявления системных свойств:

непропорционально большое изменение свойств, которые имеются у отдельных объектов, составляющих систему; например, биметаллическая пластина значительно сильнее изменяет свою форму при изменении температуры, чем каждая из составляющих ее пластинок в отдельности;

появление нового свойства, которым не обладает ни один из составляющих ее объектов; автомобиль, состоящий как минимум из двигателя, передачи, движителя, системы управления, обладает свойством перемещать людей и грузы по поверхности земли, что не способны сделать перечисленные выше его составляющие по одиночке.

Отдельные элементы системы являются подсистемами по отношению к рассматриваемой системе, то есть они также могут состоять из элементов, непосредственно взаимодействующих друг с другом, и т.д. В свою очередь, каждая система может рассматриваться как подсистема (элемент) другой системы более высокого порядка – надсистемы.

Таким образом, сама система, её подсистемы и надсистема, в которую она входит, образуют иерархию, формируя непрерывный ряд все более и более усложняющихся элементов. Наряду с подобным иерархическим рядом существуют (иногда взаимодействуя с ним непосредственно, а иногда и имея к нему лишь отдалённое отношение) другие ряды систем; весь окружающий нас мир и является, по сути, совокупностью этих рядов.

Рассмотренный в качестве примера автомобиль, – это подсистема по отношению к надсистеме «автомобильный транспорт», которая, в свою очередь, является подсистемой ещё более высокоорганизованных систем, объединяющих разные виды перевозок, экономику региона, страны и т.д. В то же время экономика не замыкается на проблемы, связанные с совершенствованием автомобильных перевозок, в ней параллельно функционируют и другие иерархии систем, иногда вплотную связанные с автотранспортом, а иногда зависящие от него в минимальной степени.

Надо иметь в виду, что выделение конкретной совокупности объектов в систему или под(над)систему зависит только от характера той задачи, которую ставит перед собой решающий ее специалист.

4.2. Функции системы и её структура

Функция системы – это способность системы воздействовать на другую систему, изменяя ее состояние, характеризующееся, в свою очередь, некоторым набором параметров. Носитель функции – конкретная система. Функция системы определяется ее назначением. Цель функционирования задается при создании технической системы и определяет ее выходное состояние, выходные параметры. Не все функции системы равноценны: среди них есть основные, ради выполнения которых система создаётся, и вспомогательные, которые обеспечивают выполнение основной функции, способствуют сохранению жизнеспособности самой системы.

Внутренняя форма организации системы определяет её структуру. Структура – это совокупность элементов и связей между ними, предполагающая их единство и определенную пространственно-временную устойчивость. И то, и другое определяется физическими принципами, использованными при осуществлении требуемой полезной функции. Устойчивость предполагает свойство саморегуляции, реализуемой подсистемой управления.

Функции системы и ее структура должны находиться в единстве, взаимосвязи, то есть функция и структура должны соответствовать друг другу. Однако, это единство носит относительный, временный, преходящий характер. В процессе развития системы может происходить рассогласование её структуры и выполняемых функций, что приводит к конфликту. Чаще всего разрешение возникающих противоречий реализуется путем изменения существовавшей структуры вплоть до отказа от её дальнейшего использования.

Набор функций, которые способна выполнять система, со временем может меняться, что скажется на числе элементов, в неё входящих, на распределении функций между отдельными подсистемами. В итоге это приводит к изменению пространственно-временной структуры системы.

Важнейшим свойством любой технической системы является то, что изменение одной из её частей отражается на состоянии других частей и всей системы в целом. И наоборот, изменение системы в целом сказывается на состоянии ее частей. В разных случаях эти взаимосвязи проявляются с разной силой.

Наиболее типичная форма организации систем – иерархическая. По преимуществу иерархия – структура жесткая, с глубокими и прочными связями. И чем ниже по иерархической лестнице, тем жестче становятся связи системы с подсистемами. Это означает, что адекватное задание целей конкретной создаваемой (или совершенствуемой) системы требует предварительного определения целей более широкой системы, в которую она входит в качестве подсистемы. Подобный подход ориентирует поиски решения проблемы не только на уровне самой системы, но и на более высоком иерархическом уровне – уровне надсистем.

Так, например, повышение долговечности конструкций железнодорожного пути может быть реализовано не только за счет повышения прочностных свойств самих элементов пути (рельсов, шпал, скреплений, балласта), но и за счет совершенствования надсистемы – системы ведения путевого хозяйства (качества ремонтов пути, его текущего содержания), или улучшений в смежной системе – подвижном составе (снижения статических и динамических нагрузок, улучшении состояния ходовых частей подвижного состава). Осознание этого факта привело в свое время к созданию во Всероссийском научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта целого отделения комплексных испытаний подвижного состава и пути.

В общей совокупности подходов к изучению различных по уровню сложности систем можно выделить два фундаментальных.

Во-первых, при изучении системы необходимо представить себе, как происходило её развитие во времени. Это позволяет понять, что вызвало необходимость рождения технической системы, как происходило (или происходит) её развитие, что ждёт эту систему в будущем, когда и при каких условиях наступит её старение, «смерть». Такой подход, который часто называют «генетическим», весьма продуктивен, поскольку даёт возможность не только оценить эффективность рассматриваемой системы, но и дать рекомендации о целесообразности своевременного перехода

от этой системы к новой, сменяющей её в рамках непрерывного процесса эволюции.

Во-вторых, рассматривая систему, необходимо отчётливо представлять её пространственные связи. Как мы уже говорили, каждая система характеризуется значительным числом уровней (подсистема – система – надсистема), связей с другими системами. Любое изменение на одном из этих уровней так или иначе затронет и рассматриваемую систему, причем далеко не все следствия таких изменений могут носить положительный характер. Это означает, что чем больше связей внутри и вне системы мы увидим, тем большим набором возможностей для её совершенствования мы будем обладать.

Подведем некоторый итог относительно того, какими же основными признаками должна обладать совокупность отдельных элементов с тем, чтобы её можно было считать системой?

Таких признака четыре, это:

1. Функциональность (любая система должна выполнять некоторую полезную функцию).

2. Целостность (система – это не простая совокупность отдельных элементов, а ещё и результат их взаимодействия, получить который трудно, а порой и невозможно, если какой-либо из этих элементов удалить).

3. Организация (имеет место иерархия систем различного уровня, причём отдельные элементы должны быть взаимосвязаны не только в пространстве, но и во времени).

4. Системное качество (система обладает качеством, не сводящимся к качествам её отдельных элементов).

Вернемся вновь к тому, о чем шла речь выше – к системному подходу.

История развития человеческого познания свидетельствует, что системный подход, системное исследование, не являются чем-то совсем новым, возникшим лишь в последние годы. Это естественный метод решения теоретических и практических проблем. Человек с давних времен в той или иной мере системно познавал и осваивал мир, часто даже не осознавая этого. В качестве примера можно привести используемые для решения различных задач такие методы логических рассуждений как индукция (перехода от частного к общему) и дедукция (получение выводов о частном на

основе общих сведений), различные методики планирования, прогнозирования, исторического анализа. Но по мере развития самого человечества уровень, характер решаемых им задач непрерывно усложняется, а, следовательно, и уровень системного познания непрерывно углубляется, совершенствуется. Так, например, в период второй мировой войны и в послевоенные годы учёные и инженеры пришли к выводу, что проектировать, планировать следует не просто отдельное (пусть даже и очень сложное) изделие, а весь комплекс материальных условий и организационных мер, которые смогут обеспечить эффективное функционирование этого изделия. Более того, в процесс проектирования данного изделия в качестве важнейшей компоненты должно быть включено планирование самого процесса проектирования. В наше время эти идеи нашли дальнейшее развитие, и плодотворность системного подхода в творческой деятельности человека уже не вызывает сомнений.

Важно современному специалисту также понимать, что процесс становления системного подхода в технике опирается в том числе и на развитии общенаучного мировоззрения. «С давних пор, – пишет академик А.Н. Колмогоров, – известны аналогии между: а) сознательной целесообразной деятельностью человека; б) работой созданных человеком машин; в) разнообразными видами деятельности живых организмов, которые воспринимаются как целесообразные, несмотря на отсутствие управляющего ими сознания. Человеческая мысль искала веками объяснения этих аналогий на путях положительного знания, так и на путях религиозных и философских спекуляций». (Колмогоров А.Н. Предисловие к кн.: Эшби У.Р. Введение в кибернетику – М., 1959).

Стремительность технического прогресса, темпы которого будут только возрастать, требует от современного специалиста владения хорошими навыками системного подхода к рассматриваемой проблеме. Как и всякие задатки их (эти навыки) необходимо развивать целенаправленно, поскольку обыденный жизненный опыт способствует такому развитию лишь в минимальной степени.

Рассмотрение основных положений ТРИЗ, истории и логики ее развития позволяют достаточно уверенно утверждать, что сама ТРИЗ является ничем иным как достаточно цельной и стройной

методологической системой, направленной на системный анализ изучаемого технического объекта и последующий системный поиск путей его преобразования. Поэтому "Теория решения изобретательских задач" (ТРИЗ), изучение которой мы начинаем этой лекцией, как раз и должна способствовать обострению системного мировоззрения специалиста, усилению системности подхода в его профессиональной деятельности.

Контрольные вопросы

1. Дать определение понятию «Техническая система».
2. Что такое «Понятийный аппарат»?
3. В чем сущность понятия «Элемент системы» и его свойства?
4. Что такое функция системы и чем она характеризуется?
5. Перечислить и охарактеризовать формы организации систем.

5. ИДЕАЛИЗАЦИЯ – КАК МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАУКЕ

В предыдущей лекции уже были затронуты некоторые методы активации творческого мышления, но более подробно они будут рассмотрены ниже. Большинство из методов активизации творческого мышления (методов поиска идей) зародилось в теории решения изобретательских задач и с успехом используется для поиска новых альтернатив решения.

Метод мозгового штурма, который известен также под названиями «мозговая атака», «коллективная генерация идей», «конференция идей», «метод обмена мнениями», предполагает коллективную генерацию большого количества идей, которые могут рассматриваться как альтернативные решения проблемы. Этот метод был разработан в 1939 г. американским ученым А. Осборном.

Рассматриваемый метод полезен в тех случаях, когда необходимо выявить и сопоставить индивидуальные суждения, а затем принять решение.

Для того, чтобы метод мозгового штурма был максимально результативным, необходимо строгое соблюдение ряда условий:

– Во-первых, всех участников решения проблемы необходимо предварительно разделить на две группы: «генераторов идей» и «критиков». Это связано с тем, что одни люди больше склонны к генерации идей, другие к их критическому анализу. Задача «генераторов идей» – выдвинуть как можно больше предложений по поводу решаемой проблемы. Среди полученных идей может оказаться много фантастических и даже абсурдных.

Задача «критиков» заключается в систематизации и критическом анализе полученных предложений с последующим отбором среди них наиболее ценных идей, используемых для решения проблемы.

– Во-вторых, при проведении мозгового штурма необходимо придерживаться определенных правил:

– полный запрет любой критики и замечаний в адрес участников и их выступлений;

– отказ от представления, что обсуждаемая проблема имеет только одно решение;

– требование высказывать как можно больше разных идей;

– рассмотрение всех идей, даже самых невероятных и абсурдных, независимо от их авторства;

– краткость и четкость высказывания экспертов, необязательность подробного обоснования;

– право каждого из участников выступать много раз;

– предоставление слова прежде всего тем лицам, у которых возникла идея под влиянием предыдущего выступления;

– запрет на зачтение списка предложений, подготовленных заранее.

Выделяются шесть основных этапов проведения мозгового штурма:

1. Подготовительный этап**.** На этом этапе формируются группы участников мозгового штурма. Как показывает опыт, оптимальная численность группы «генераторов идей» составляет 10-15 человек. Группа «критиков» может насчитывать до 20-25 человек. Наиболее жесткие требования предъявляются к персональному составу первой группы. Главными критериями отбора в эту группу являются широкая эрудиция, гибкость мышления, воображение, склонность к фантазированию, а также разнообразие профессий, квалификации и опыта участников. Группа «критиков», как правило, формируется из числа узких специалистов, обладающих аналитическим складом ума и трезво оценивающих реальные возможности осуществления предложенных идей.

2.Постановка проблемы, в ходе которой участники мозгового штурма должны ознакомиться с решаемой проблемой и настроиться на активную мыслительную деятельность, для этого организаторы предоставляют им подробное описание проблемной ситуации.

3.Генерация идей. Организаторы мозгового штурма должны создать атмосферу благожелательности и поддержки, освобождающую участников от излишней скованности. Обстановка, в которой проводится обсуждение, должна способствовать открытому и свободному высказыванию различных идей, мнений и предположений.

Вначале каждый член группы работает самостоятельно, обдумывая поставленную проблему. Затем ведущий дискуссии просит

участников высказываться. При этом он может использовать принудительный опрос, чтобы быстрее их активизировать. После этого процесс генерации идей развивается, как правило, спонтанно и лавинообразно. Очередной выступающий зачитывает свои идеи, остальные слушают и записывают на отдельных карточках новые идеи, возникшие под влиянием услышанного. Поток новых идей нарастает подобно снежному кому. Идеи каждого из участников порождают в умах остальных специфическую реакцию, которая в силу запрета критики формируется как новая, отсутствующая идея. Наибольшую ценность имеют идеи, которые непосредственно связаны с ранее высказанными мыслями или возникли в результате их объединения.

Эффективность мозгового штурма поразительна. Исследования показывают, что коллективное мышление в условиях запрета критики производит на 70% больше ценных идей, чем простая сумма идей, полученных индивидуально. За 1 час работы группа может выдвинуть до 150 новых идей [Джонс, 1986]. Это объясняется основной концепцией мозгового штурма – дать новым идеям выход из подсознания.

4.Систематизация идей, для этого необходимо выполнить следующие действия:

– составить общий список всех высказанных идей;

– сформулировать каждую идею в общепринятых терминах;

– выявить повторяющиеся и дополняющие идеи, которые затем следует объединить в одну комплексную идею;

– сформулировать признаки, по которым различные идеи можно объединить в группы;

– систематизировать и сгруппировать идеи;

– в каждой группе идеи записываются от более общих к более частным, дополняющим или развивающим общие идеи.

5. Критика идей. Здесь начинает работать группа «критиков». На этом этапе каждая идея подвергается всесторонней критике, благодаря чему происходит «разрушение» неперспективных и нереалистичных идей. Основной принцип – рассмотрение каждой идеи только с точки зрения препятствий к ее осуществлению, т.е. участники дискуссии должны выдвигать доводы, которые опровергают обсуждаемую идею.

6.Разработка альтернатив. Это заключительный этап, на котором производится оценка всех полученных идей, контридей и критических замечаний, с тем, чтобы составить окончательный список практически приемлемых альтернатив, направленных на решение проблемы. С этой целью разрабатывается перечень показателей для оценки реалистичности и приемлемости каждой идеи. Например, идеи могут оцениваться по таким показателям, как оперативность, человеческие ресурсы, технологии, затраты финансовых средств, полезный эффект, этические и правовые аспекты. В окончательный список попадают только такие идеи, которые удовлетворяют всем установленным ограничениям. Эти идеи играют роль альтернативных вариантов выбора и предъявляются ЛПР для более глубокого анализа и принятия решения.

Пример возникновения идей в процессе мозгового штурма представлен ниже:

В книге Дж. Диксона «Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений» приведены протоколы нескольких мозговых штурмов. Вот отрывок из одного протокола, зафиксировавшего решение задачи о том, как при сортировке отделить зеленые (незрелые) помидоры от созревших:

«Том: Мы сортируем их по цвету. В данном случае, вероятно, нужно применить индикатор цвета.
Эд: Излучательная или отражательная способность. Зеленый помидор должен иметь большую отражательную способность, чем созревший.
Дейв: Твердость. Мы надавливаем на них слегка или притрагиваемся к ним.
Дик: Электропроводность.
Том: Сопротивление электрическому току.
Дейв: Магнетизм!
Дик: Размер. Разве зеленые помидоры не меньше по размеру?
Эд: Вес. Созревшие помидоры будут тяжелее.
Том: Размер и вес должны быть связаны друг с другом.
Дейв: Размер и вес дают плотность.
Эд: Удельный объем.
Том: В зрелых помидорах много воды, потому они имеют удельный объем воды.

Дейв: Они плавают или тонут?
Дик: Может быть, сортировать их по плотности – в зависимости от того, плавают они в воде или тонут?
Необязательно в воде, может быть, и в другой жидкости.»

Метод мозгового штурма имеет много разновидностей и модификаций. В частности, одним из его вариантов является так называемый метод 635, характеризующий фиксированным числом участников и определенной процедурой взаимодействия между ними на этапе генерации идей.

В работе группы принимают участие 6 человек. Каждому из них выдается специальный бланк сбора идей. Все участники записывают в свой бланк по 3 основные идеи и передают его по кругу следующему участнику, который изучает полученный бланк и дополняет его тремя новыми идеями и т.д. После 5 итераций (повторов) все бланки заполняются и в итоге содержат 108 идей, которые передаются «критикам». Практика использования метода 635 показывает, что представленные в письменной форме идеи отличаются большей обоснованностью и четкостью, чем высказанные устно, хотя часто бывают менее оригинальными.

Метод коллективного блокнота позволяет сочетать независимое выдвижение идей каждым членом рабочей группы с их коллективной оценкой и процессом выработки решения. Метод реализуется следующим образом: каждый участник получает блокнот, в котором записывает в общих чертах без применения специальных терминов существо проблемы, а также данные, позволяющие ориентироваться в ней.

В течение месяца каждый участник ежедневно заносит в блокнот возникающие идеи, касающиеся рассматриваемой проблемы, оценивает их и определяет, какие из них могут обеспечить наилучшее решение задачи. Одновременно формулируются наиболее целесообразные направления исследования. Кроме того, в блокноте фиксируются идеи, находящиеся в стороне от основной проблемы, развитие которых может оказаться полезным для нахождения конечного решения.

Систематизация зафиксированных в блокнотах идей осуществляется руководителем группы, а заключительное творческое обсуждение – всеми членами группы.

Метод лестницы – метод поэтапного «связывания идей», в ходе которого участников процесса принятия решения стимулируют высказать свои идеи.В начале 2 человека самостоятельно работают над задачей и затем встречаются, чтобы представить полученные результаты и вместе обсудить их. Между тем третий человек также работает над задачей и на следующем этапе представляет свои результаты группе из двух человек и так дальше, до тех пор, пока не соберется вся группа, чтобы вместе прийти к какому-либо решению. Новый участник группы должен представить свои идеи, независимо от того, что уже знает группа, которая уже обсудила подлежащую обработке задачу.

Метод лестницы приводит к успеху тогда, когда у самостоятельно работающего человека достаточно времени для работы над задачей до ее представления группе, и у группы достаточно времени на дискуссию. Преимущество этого метода в том, что каждый участник группы должен генерировать собственные идеи, при этом он не испытывает на себе влияние группы. С другой стороны, преимущество существует и для группы – у нее есть возможность не останавливаться на одном решении, а постоянно получать новые точки зрения.

Методы ассоциаций и аналогий предполагают активизацию в первую очередь ассоциативного мышления человека. К этим методам относятся: метод синектики, метод фокальных объектов, метод генерирования случайных ассоциаций.

Метод синектики – это комплексный метод стимулирования творческой деятельности, использующий приемы и принципы как «мозговой атаки», так и метода аналогий и ассоциаций. Данный метод предназначен для разработки альтернатив путем ассоциативного мышления и поиска аналогий решаемой задаче. Само слово «синектика» – неологизм, означающий объединение разнородных элементов.

Разработчиком метода синектики является У. Гордон, который, проанализировав записи групповой работы изобретателей, заметил, что новые важные идеи обычно появляются на основе аналогий с природными явлениями или другими аспектами жизни.

В отличие от мозгового штурма целью синектики является не увеличение количества идей, а формирование небольшого набора

альтернатив (даже единственной альтернативы), решающих данную проблему.

План действий при использовании метода синектики заключается в следующем:

1. Тщательно подбирается группа «синекторов», состоящая из 5-7 человек, которые отбираются по критериям гибкости мышления, диапазона знаний и практического опыта (предпочтение отдается людям, менявшим профессии и специальности), контрастности их психологических типов, общительности и подвижности.

2. Этой группе предоставляется возможность попрактиковаться в использовании аналогий, чтобы ориентировать активность мозга на решение предложенной проблемы.

3. После выработки навыков совместной работы группа синекторов приступает к систематическому решению сложных проблем, которые передаются ей руководителем организации; на решение каждой проблемы методом аналогий обычно требуется несколько недель при полном рабочем дне.

4. Результаты работы «синектической» группы представляются заказчику (руководителю) для оценки и внедрения.

В процессе работы «синекторы» используют аналогии четырех типов:

– Прямые аналогии (реальные). Их часто находят в природе путем наблюдения и изучения биологических процессов в животном и растительном мире. Например, наблюдение за полетом птиц, вероятно, привело человека к идее создания первых самолетов.

– Субъективные аналогии (телесные). Эти аналогии порождаются двигательными рефлексами и ощущениями человека, которые по своей природе хорошо организованы, и их осмысление может подсказать интересную идею. Например, можно вообразить свое тело на месте нового технического устройства, «почувствовать себя им» и представить, как бы мы работали и что бы испытывали в этом качестве.

– Символические аналогии (абстрактные). К ним относятся метафоры и сравнения, в которых характеристики одного предмета отождествляются с характеристиками другого, и возникает новое качество, понятие или процесс, например, устье реки, дерево решений, заглушить вибрацию, подавить конкуренцию и т.д.

– Фантастические аналогии (нереальные). Использование таких аналогий означает попытку представить вещи такими, какими они не являются, но какими мы хотели бы их видеть. Например, хотелось бы, чтобы компьютер легко воспринимал человеческую речь и мгновенно по нашему желанию решал задачи любой сложности, или хотелось бы, чтобы дорога существовала лишь там, где ее касаются колеса нашего автомобиля.

Пример использования синектического метода приводится по учебному пособию Шеметова П.В. и коллектива авторов.

Одна швейцарская фирма попросила ученых из компании Meyer-Hentschel помочь сделать ее магазины более удобными для пожилых покупателей. А как понять, что нужно старушке? Для этого был создан AgeExplorer – костюм, похожий на наряд мотогонщика, имитирующий болезни и проблемы пожилых людей. В шлем вмонтированы затычки для ушей, перед глазами – защитное стекло, которое делает мир мутным и уныло желтоватым. Более того, все суставные соединения костюма сделаны тугими, а перчатки имитируют артрит. Испытателями стали 4500 человек. Большинство – представители бизнеса. Оно и понятно: мир стремительно стареет, бизнесмены изучают новый рынок – делают ортопедические лыжные ботинки и мобильные телефоны, удобные для пораженных артритом пальцев. Но есть у AgeExplorer и другое предназначение. Ученые надеются, что они научат молодежь понимать, как несладко приходится в этом мире пожилым.

Метод фокальных объектов (МФО) создал в 1923г. Э. Кунце – профессор Берлинского университета, в 50-е г.г. метод усовершенствовал Ч. Вайтинг в США. В методе используются ассоциативный поиск и эвристические свойства случайности.

Метод фокальных объектов заключается в перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый объект, который лежит как бы в фокусе переноса и потому называется фокальным. В результате возникает ряд неожиданных вариантов решения. Этот метод дает хорошие результаты при поиске новых модификаций известных систем. Он позволяет, например, быстро найти идеи новых необычных товаров, способов обслуживания в супермаркетах, способов управления. Ряд авторов считают метод фокальных объектов частным случаем синектики.

Пример использования метода фокальных объектов приводится по учебному пособию Шеметова П.В. и коллектива авторов.

Принцип использования метода фокальных объектов

При разработке номера с дрессированными животными в цирке в качестве слов – объектов переноса использовались различные слова, среди которых было и слово «шуба». В результате номер представлял из себя следующее. На арену выходит женщина в столь великолепной, украшенной лисьим воротником шубе, что невольный вздох восхищения проносится по рядам зрителей. Но вдруг звучит хлопок – и «шуба», распадаясь на множество живых зверьков, стремглав исчезает за кулисами. Туда же с большим достоинством удаляется и недавний «воротник».

Метод генерирования случайных ассоциаций (метод гирлянд случайностей и ассоциаций (ГСиА)) является развитием метода фокальных объектов. Автором метода является Буш Г.Я., разрабатывавший приемы осознанно-логического и интуитивно-практического поиска решений изобретательских задач.

Метод предполагает наличие двух списков: списка объектов и списка признаков. На основании этих списков формируется третий список – список связей объектов и признаков. Используются случайные комбинации объектов и признаков, в результате чего формируются случайные ассоциации.

Метод гирлянд ассоциаций от метода фокальных объектов отличается тем, что дает большое число сочетаний фокального объекта со случайными. Расширение сочетаний понятий также достигается за счет использования синонимов объекта.

Таким образом, в состав методов активизации творческого и ассоциативного мышления входят: метод «мозгового штурма», «метод 635», метод «коллективного блокнота», метод «лестницы», методы «ассоциаций и аналогий».

Итак, важнейший элемент творчества – это представление конечного результата до решения задачи, «знание о незнании».

Идеализация как метод моделирования в науке состоит в том, что выявив некоторое важное для нас свойство, тенденцию, мы предполагаем, что это свойство, тенденция достигает своего предела. При этом в модели могут быть отброшены остальные, неважные для конкретного рассмотрения свойства, характеристики объекта или процесса. Процедура идеализации дает возможность

сформировать логический предел развития реального объекта – идеальный объект.

Идеал в общественных науках, в искусстве определяется энциклопедическим словарем как «идея, понятие, высшее совершенство, высшая конечная цель деятельности, стремлений, помыслов, совершенный образ, предел каких-либо мечтаний».

Два различных понятия идеального сливаются вместе в ситуации, когда мы строим идеальную функциональную модель технической системы. Она соответствует научной идеализации, так как формирует образ системы, через описание только ее полезной функции. И этот же образ может быть представлен как высшая конечная цель деятельности по совершенствованию технической системы.

Идеальные объекты создают определенный образ будущей конструкции. Существование этого образа связано с наличием у разработчика творческого воображения, фантазии. Обычно разработчики находятся в тисках реально возможного, постоянно учитывают существующие ограничения. При работе с идеальным объектом эти ограничения могут быть существенно ослаблены или сняты вообще.

Функциональная идеализация применяется при решении широкого круга задач. Рассмотрим, на какой базе она основана. В рамках функциональных моделей система описывается только через свою функцию. Для подобного описания не представляется важным, из чего «сложена» система. Предположим, что в борьбе за повышение эффективности она изготавливается из все более «невесомых» элементов. Свое логическое завершение такой процесс находит в «идеальной технической системе». Под идеальной системой понимается такая система, затраты на получение полезного эффекта в которой равны нулю. При этом под затратами понимается самый широкий круг понятий – энергия, материалы, занимаемое пространство. Понятие идеальной технической системы было выдвинуто Г.С. Альтшуллером. Образ идеальной системы позволяет сконцентрировать внимание разработчика только на ожидаемом полезном эффекте, лучше осознать, что требуется потребителю. Оценим, насколько эффективным может быть использование такого подхода к определению цели в практической деятельности.

Для этого рассмотрим эксперимент, проводившийся с использованием сюжета из сказки А.С. Пушкина о золотой рыбке. Итак, у старухи поломалось корыто, а дед в это время поймал золотую рыбку, которая взялась выполнить любое желание. Что же попросила старуха? Она попросила новое корыто. В процессе разворачивания сюжета мы видим, как меняются представления о возможном и требования. Но они все время остаются конечными, хотя выполненное желание приводит к расширению понимания возможностей и росту неудовлетворенности. И только в своем последнем желании старуха, наконец-то приближается к истинной идеализации, к преодолению предела обыденных возможностей, к истинному всемогуществу. Она просит неограниченные права по управлению миром. (И, конечно не получает их, так как просьба эта очень запоздала, на ее выполнение не осталось ресурсов).

Здесь интересен постепенный переход от конкретных требований к предельным. Эксперимент, упомянутый выше, многократно проводился с группами инженеров, изучавших ТРИЗ. Им предлагалось, оказавшись в ситуации, описанной в сказке (надо стирать, а корыто прохудилось), что-то попросить у золотой рыбки. Значительная часть испытуемых просила стиральную машину. И только меньшая часть формулировала свой запрос по-иному.

Эффективный подход связан с пожеланием иметь результат без технической системы, которая сейчас обеспечивает его достижение. Это может быть пожелание иметь чистую, самоочищающуюся, не пачкающуюся одежду, одноразовую одежду. Как можно видеть, существует два принципиально разных подхода к постановке цели, формированию ожидаемого результата – через выбор уже существующего технического средства и через определение истинных ценностей, истинных потребностей.

Как же практически может использоваться понятие идеальной технической системы? Это важный и эффективно действующий инструмент, широко применяющийся как самостоятельно, так и в составе комплекса иных средств. О его использовании в составе алгоритма решения изобретательских задач мы поговорим позднее. Сейчас же рассмотрим возможности его автономного применения. Но перед этим еще раз зафиксируем, что важнейшей (системной) закономерностью, присущей всем объектам техники в их

историческом развитии, является закономерность уменьшения затрат на получаемую продукцию, за выполняемую функцию.

Доведенная до своего логического завершения, эта закономерность позволяет построить новую модель технического объекта – идеальную техническую систему. Рассмотрим эту тенденцию на примерах.

Пример № 1. Наиболее ярким, наглядным примером повышения идеальности технических систем является развитие компьютерной техники. Всего за несколько десятков лет компьютеры прошли путь от огромных сооружений со сроком бесперебойной работы в несколько часов, до микроминиатюрных конструкций, занимающих кубические сантиметры и не требующих обслуживания в течение всего срока своего функционирования. При этом невообразимо выросли скорость счета, память, скорость обмена информацией. Журнал «Эксперт» в мае 2000 года привел данные, показывающие уменьшение количества атомов, которые необходимо организовать для хранения одного бита информации. Если в пятидесятых годах их для этого требовалось 10^{12}, то в 1975 году уже 10^{8}, а в настоящее время – 10^{4} атомов. В ближайшее время возможен переход к квантовым компьютерам, в которых один атом будет хранить один бит информации.

Внешне тенденция к миниатюризации электронных приборов, казалось бы, противоположна тенденции развития транспортных и обрабатывающих средств. Аппараты, машины, устройства этого направления все увеличиваются в размерах. Но что происходит на самом деле? Обратимся к примерам.

Абсолютно идеальное транспортное средство – когда средства нет, а груз транспортируется (другими словами, когда груз сам движется в нужном направлении с необходимой скоростью). Стремление к этому идеалу проявляется в повышении отношения «вес полезного груза к полному весу транспортного средства».

Пример № 2. Журнал «Компьютерра» от 7 декабря 1999 года сообщил о статье в немецком журнале «Lastauto – Omnibus» («Грузовик – Автобус»). Этот журнал долгие годы проводит эксплуатационные испытания тяжелых автопоездов по кольцевой трассе длиной 745 километров. Так вот, за тридцать лет, с 1966 года по 1996 год, удельная мощность этих сорокатонных чудовищ выросла с 5,53 до 10,60 лошадиной силы на тонну, средняя скорость

возросла с 49,4 до 71,6 километра в час, расход же топлива снизился с 48,8 до 33, 4 литра на сотню километров. То есть комплексный показатель транспортной эффективности, отнесенной к единице топлива, а проще говоря, к литру солярки, возрос в 2,2 раза! И это при невиданном улучшении экологических показателей данного вида транспорта.

Как видно из примеров, в обоих случаях реализуется одна и та же тенденция – все более экономная реализация требуемой функции.

Итак, под идеальной технической системой понимается получение полезного результата без каких бы то ни было затрат, то есть реализация функции в чистом виде. Предмет нашей обработки сам преобразуется в нужное нам изделие. Модель объекта, с которой работают при функциональной идеализации, очень эвристична. Предполагается, что требуемую функцию мы получаем без каких-либо затрат, следовательно, и без технической системы. Модель идеального объекта состоит в том, что самого объекта нет. Выполнение его функции теперь поручается тому изделию, обработку которого было необходимо проводить. При этом предполагается, что объект обработки имеет определенные внутренние резервы, которые и могут быть использованы.

Если объект уже как-то обрабатывается другой системой, то можно возложить выполнение требуемых функций на существующую систему. Сама постановка вопроса акцентирует поиск этих резервов, что в большом числе случаев приводит к возможности существенно уменьшить требования к инструменту, средствам обработки, т.е. произвести переформулирование проблемы. Концентрируя внимание на объекте обработки, мы рассматриваем его не отвлечённо, а в реальных условиях, в динамике.

Пример № 3. Для крепления крышек различных химических аппаратов (теплообменников, реакторов и т.п.), применяют шпильки – металлические стержни с резьбой по обоим концам (см. рис. 2). На аппарат, работающий под большим давлением, может потребоваться до 200 шпилек. Каждая шпилька выполнена из стали, имеет диаметр в 50–70 мм, длину до 400 мм.



Рис. 2. Шпилька

Все они должны иметь клеймо – на клейме указывается номер аппарата. Клеймо наносится ударом молотка по остро заточенной форме, приложенной к торцу шпильки (см. рис. 3). Работа трудоемкая, делать ее надо сразу после изготовления шпильки. Необходимо дать предложения по совершенствованию процесса клеймения.

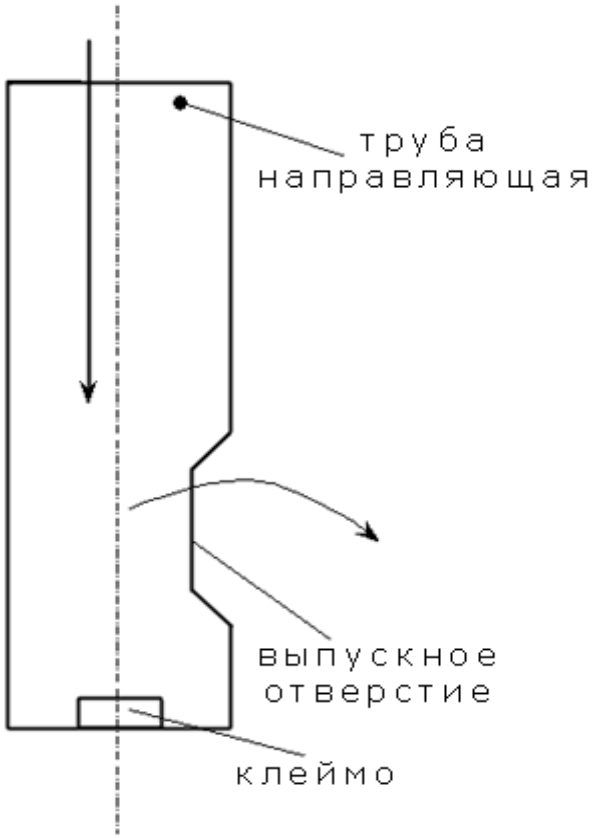


Рис. 3. Шпилька (в разрезе)

В исходной постановке задачи было необходимо «механизировать процесс клеймения шпилек». Сформулировав требование: «шпилька сама клеймится», мы задаем рамки системы, в которой будет происходить данная операция. Эта формулировка является эвристической подсказкой, позволяющей локализовать область, в

которой мы будем искать средства выполнения нужной нам операции. Поэтому методически верно будет уточнить ее. Необходимо раскрыть смысл термина «клеймится». Клеймение в рамках данной нам технологии осуществляют ударом молотка с клеймом на бойке. Т.е. клейму придают определенную кинетическую энергию, которая при соударении со шпилькой превращается в деформацию металла. Следовательно, задача рабочего или механического пресса – придать энергию, обеспечить соударение.

Теперь требование может звучать так: «шпилька сама накапливает энергию (разгоняется) и ударяет по клейму». Можем ли мы представить себе эту картину? Конечно, это сделать намного проще, чем в первоначальном варианте. Шпилька может сама разогнаться, если ее бросить вниз. Упасть точно на клеймо – задача более трудная. Необходимо организовать процесс падения, он должен происходить в каких-то направляющих. А как поднять шпильку на высоту, с которой она будет падать? Это делать не надо, так как шпилька после обработки на станке уже находится на определенной высоте.

Итак, все или почти все может происходить «само собой». В данной ситуации шпилька – это металлический стержень, намного более массивный, чем молоток, с помощью которого производится клеймение. Но для того, чтобы заставить именно шпильку самостоятельно выполнять требуемую работу, пришлось использовать понятие идеальности. Все должно происходить само собой, без затрат энергии и материалов. Обслуживающей, обрабатывающей системы быть не должно, а результат должен получаться.

Пример № 4. Знаменитое Месояхское месторождение природного газа, многие годы питавшее энергией Норильск с его мощным горнометаллургическим комбинатом, со временем потеряло силу: упало давление в подземных пластах. Скважины пришлось законсервировать, хотя по подсчетам специалистов в недрах осталось еще не меньше половины запасов газа. Оставлять в недрах такое богатство – дорого, и откачивать газ специальными насосами невыгодно – тоже дорого.

Модель системы будет иметь вид: «газ сам выходит из недр». Еще более точно «газ сам откачивает себя из недр». Здесь может быть предложено откачивать газ, вращая насосы двигателями, работающими на том же газе. Но это, как мы уже выяснили, дорого.

Задача была решена разработчиками, сумевшими использовать для откачки газа энергию газовых потоков другого месторождения. Газоносные пласты Месояха подсоединили через эжекторную станцию к трубопроводу, по которому с большой скоростью идёт газ Соленинского месторождения. Этот скоростной поток и служит откачивающей средой. Таким образом, удается извлекать ежегодно сотни миллионов кубометров газа.

Пример № 5. Известному создателю куполов Р.В. Фуллеру принадлежит высказывание: «Если вы хотите установить степень совершенства здания, взвесьте его». Действительно, при прочих равных показателях более легкое здание предпочтительно – на него пошло меньше материала. Стены, элементы перекрытий и т.п. нужны нам не сами по себе, а как носители определенных функций. И чем меньше затрат необходимо на реализацию этих функций, тем лучше. История архитектуры, градостроительства, показывает нам, как неуклонно повышается степень «невесомости» зданий. Рассмотрим в качество примера элемент конструкций, во все времена являвшимся образцом наивысшего уровня архитектурного искусства и инженерных знаний – сферический купол.

Один из наиболее древних дошедших до нас значительных куполов перекрывает Римский Пантеон, созданный еще во времена античности. Пролет купола 43,3 метра, толщина в верхней части 1,6 м, в районе опор 2,5 м, средний вес одного квадратного метра порядка 8000 кг. Общий вес купола составляет 10000 тонн. Рекордные показатели Пантеона по диаметру перекрываемой без промежуточных опор площади продержались 18 столетий. Снизить удельный вес купола и увеличить его пролет позволил только переход к новым материалам. Вот краткая летопись борьбы за «невесомость куполов». Рекорд Римского Пантеона был перекрыт только в начале двадцатого века. Зал «Столетия» в Польше имел диаметр 47 метров. Вес купола при этом снизился в полтора раза. В 1930 году в Лейпциге был построен купол над рынком. Он покрывал основание диаметром 76 метров. Использование металла высокого качества позволило снизить вес купола до двух тысяч тонн. Вес одного квадратного метра составил 476 килограмм. В 1956 году в одном из университетов США была построена аудитория с куполом, имеющим диаметр проекции в 91,5 метра. Здесь уже использовался алюминий, и это дало возможность вновь резко

снизить вес конструкции – до 93 тонн. Один квадратный метр теперь весит 22,6 кг. Наконец, в 1984 году в СССР был построен стенд для испытания опор и линий электропередач. Диаметр перекрываемой площади составлял 220 метров, а весил купол всего 152 тонны!

В 400 раз снизился удельный вес одного метра поверхности. И это при том, что площадь, покрываемая куполом, выросла в тридцать раз.

В основном прогресс в строительстве куполов зависел от появления новых материалов. Материалы становились более «идеальными», они выполняли требуемые функции все более компактными средствами и позволяли создавать все более легкие конструкции.

Принцип повышения идеальности широко используется и в бизнесе. Многие предприятия обеспечивают снижение себестоимости продукции с помощью принципа «Потребитель сам...». Интересные примеры этого приводит Эдвин Тоффлер в книге «Третья волна».

Пример № 6. В 1956 году Американская телефонная и телеграфная компания, исследуя запросы в области коммуникации, начала вводить новую электронную технологию, которая позволила абонентам самостоятельно звонить на дальние расстояния. Сегодня стало возможным осуществлять прямой набор во многие заокеанские страны. Набирая соответствующий номер, потребитель выполняет задачу, прежде возлагавшуюся на оператора.

В 1973–1974 годах из-за арабского эмбарго на нефть цены на бензин поднялись. Крупнейшие нефтяные компании получили огромную прибыль, но местные бензозаправочные станции вынуждены были отчаянно бороться за экономическое выживание. Желая снизить цену, многие владельцы бензоколонок ввели самообслуживание. Поначалу это казалось странным. Газеты печатали забавные истории о водителях, которые пытались вставить шланг в радиатор. Однако вскоре потребитель, лично заправлявший свою машину, уже никого не удивлял.

В тот же период появились электронные банкоматы, которые не только упразднили понятие «часов работы» банка, но также зна-

чительно сократили число кассиров, предоставив клиенту осуществлять операции самому, прежде выполнявшиеся банковскими служащими.

То, что клиент самостоятельно выполняет часть работы, не так уж ново – экономисты называют это «экстернализацией стоимости труда». На этом принципе построены все супермаркеты. Улыбающегося продавца, знавшего ассортимент и приносившего вам товар, заменила тележка для покупок, которую вы сами катите перед собой.

Благодаря совершенствованию техники стоимость междугородних телефонных переговоров снизилась и это создает условия для развития в будущем системы ремонта, при котором владелец бытовой техники сможет, глядя на экран своего телевизора и слушая советы мастера, сам починить свою технику.

Еще 10 лет назад в Соединенных Штатах непрофессионалам продавалось только 30% электроинструментов, остальные 70% покупали плотники и другие ремесленники. Менее чем за 10 лет эти цифры поменялись местами: сегодня только 30% инструментов покупают профессионалы, а 70% потребители, которые все чаще следуют призыву «сделай сам».

Еще один вид реализации принципа идеальности – включение все большего числа потребителей в процесс проектирования изделий. Роберт Андерсон, руководитель отдела информационных услуг компании «Рэнд Корпорейшен», предполагает: «Через 20 лет самой творческой вещью будет необычайно творческое потребление. Например, вы дома придумываете для себя фасон одежды или вносите изменения в стандартную модель, а компьютер выкроит ее для вас с помощью лазера и сошьет на машинке с цифровым управлением».

Модель идеальной технической системы «заряжает» человека для решения или для оценки решения и в этом ее необходимость. Понятие идеальности задает внутреннюю планку для полета, прыжка, оно является топливом или стимулирует появление этого топлива, формирует внутренние критерии для процесса отбраковки приходящих при решении вариантов.

На базе модели идеальной технической системы Г.С. Альтшуллером был построен оператор ИКР (идеальный конечный результат). Суть его состоит в том, что задачу по реализации какой-

либо функции возлагают на выбранный элемент (объект обработки, либо элемент технической системы, уже выполняющий какую-то полезную функцию).

Структура оператора ИКР: Элемент сам выполняет требуемое действие (вместо иного элемента) продолжая выполнять функцию, ради которой он был первоначально создан.

Так в уже приведенных примерах усовершенствования конкретных технических систем были реализованы следующие ИКР:

1. Шпилька САМА набирала энергию для деформации своего торца, сохраняя способность выдерживать силовую нагрузку в процессе работы.

2. Газ Соленинского месторождения САМ создает разряжение, достаточное для выкачивания дополнительного газа из недр, продолжая транспортироваться к потребителю.

В обоих рассмотренных примерах реализована общая схема – вместо специализированной системы обработку объекта поручают самому объекту (или объекту, сопутствующему). Этот подход можно назвать наиболее эффективным. Техническая система отсутствует, а функция ее выполняется. В этом случае мы имеем пару: «Обрабатываемый объект – отсутствующая техническая система».

ИКР: «Объект сам обрабатывает себя, не ухудшая своих потребительских свойств».

Если же осуществить такой подход не удается, то возможны иные варианты построения ИКР.

Пара элементов теперь выглядит так: Инструмент (рабочий орган технической системы) – отсутствующие вспомогательные элементы системы.

ИКР: Инструмент сам обрабатывает объект, без вспомогательных элементов технической системы.

И, наконец, если не удается сократить систему, с помощью которой мы проводим обработку, то следует повышать эффективность, сокращая иные системы, действующие совместно. Следовательно, пара примет вид: «Система А – отсутствующая система Б».

ИКР: Техническая система А сама обрабатывает объект как техническая система Б, продолжая обрабатывать его и как А.

Рассмотрим эти варианты несколько подробнее. Во всех этих формулировках присутствует некоторый элемент, которому пору-

чается выполнение не только своей функции, но и вдобавок, функции иных элементов. Вот как это может выглядеть на реальном примере: В качестве системы А рассмотрим токарный станок, в качестве системы Б связанный со станком магазин заготовок. Тогда для обрабатываемой детали вариант 1 может быть сформулирован в следующем виде: «Деталь сама придает себе требуемую форму, продолжая быть полезной для потребителя».

Второй вариант построения модели идеальной системы нам придется формулировать уже для инструмента, имеющегося в станке – для резца. Он может иметь следующую форму: «Инструмент сам обрабатывает деталь без поддержки вспомогательных элементов (станины, суппорта и прочего)».

И, наконец, третий вариант формулировки может выглядеть так: «Станок сам хранит заготовки деталей, не прекращая их обрабатывать».

Еще один пример: построение вариантов ИКР для транспортного средства:

А. Полезный груз сам себя транспортирует, не теряя потребительских качеств.

Б. Кузов транспортного средства сам перемещает полезный груз, без двигателя, движителя и системы управления.

В. Транспортное средство само обрабатывает транспортируемый груз (например, изготавливает бетон из компонентов), продолжая транспортировать его.

На практике реализуется большое количество разнообразных инструментов, помогающих изобретателю повышать идеальность существующих систем. Все они, оставаясь однотипными по существу, внешне принимают различные формы.

Контрольные вопросы

1. Какие условия необходимо соблюсти, чтобы метод мозгового штурма был максимально результативным?
2. Перечислить основные этапы проведения мозгового штурма.
3. Охарактеризовать разновидности и модификации метода мозгового штурма.
4. В чем заключается метод «синектики» и чем он отличается от метода мозгового штурма?
5. Алгоритм использования метода «синектики».

6. ОСОБЕННОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

6.1. Законы развития науки и техники

Особенностями научно-технического творчества являются:

1. Зоркость в поисках проблем. Способность увидеть то, что не укладывается в рамках ранее усвоенного. Способность кодирования информации нервной системой. Задача развития творческих способностей состоит в том, чтобы помочь человеку найти себя, т.е. понять, какие символы, какой код. Информации для него доступны и приемлемы. Тогда мышление его будет максимально продуктивным и доставит высшее удовлетворение.

2. Способность к свертыванию мыслительных операций. Человек обладает способностью к свертыванию длинной цепи рассуждений и замене их одной обобщающей операцией. Процесс свертывания мыслительных операций – это частный случай проявления творческой способности к замене нескольких понятий одним, к использованию более емких в информационном отношении символов.

3. Способность к переносу опыта, умение применить навык, приобретенный при решении одной задачи, к решению другой, а также способность к выработке обобщающих стратегий и умения видеть аналогии.

4. Боковое мышление. Боковое мышление оказывается действенным и помогает найти решение проблемы при одном непременном условии: она должна стать устойчивой целью научно-технической деятельности, доминантой творческого процесса. Свойство мозга формировать и длительно удерживать в состоянии возбуждения нейронную модель цели, направляющую движение мысли, есть, по-видимому, одна из составных частей таланта.

5.Цельность восприятия. Это способность воспринимать действительность целиком, не дробя ее (в отличие от восприятия мелкими независимыми порциями). Умение опознавать образы, реагировать на сходные объекты независимо от индивидуальных различий – одно из фундаментальных свойств мозга, с него начинается мышление. Физиологической основой образа служит нейрон-

ная модель или совокупность нервных клеток и их связей, образующих сравнительно устойчивую во времени группу. Нейронная модель – кодовое обозначение объекта или события. Структура модели имеет сходство со структурой отражаемого объекта.

6. Сближение понятий. Легкость ассоциирования понятий и их отдаленность, смысловое расстояние между ними. Такая способность ярко проявляется, например, в синтезе острот. Мыслительный процесс отличается от свободного ассоциирования тем, что мышление – это направленное ассоциирование. Фактором, направляющим его и превращающим в мышление, является цель.

7. Готовность памяти. Готовность памяти выдать нужную информацию в нужную минуту – один из компонентов сообразительности.

8. Гибкость мышления. Это способность быстрого и легко переходить от одного класса явлений к другому, далекому по содержанию. Сюда входит и умение вовремя отказаться от скомпрометированной гипотезы.

9. Способность к оценке. Умение выбирать одну из многих альтернатив по ее проверке.

10. Способность к сцеплению**.** Свойство объединять воспринимаемые раздражители.

11. Легкость генерирования идей. Чем больше идей выдвигает человек, тем больше вероятность, что среди них будут ценные. Для того чтобы возникла мысль, необходимо возбуждение, по крайней мере, двух хранящихся в мозгу моделей. Мысль, идея – не нейронная модель, а движение, последовательная активация и сопоставление моделей.

12. Способность предвидения. Генерирование научно-технических идей неотделимо от фантазии или воображения человека. Принято различать три типа воображения:

а) логическое выводит будущее из настоящего путем логических преобразований;

б) критическое ищет, что именно в современной технике, системе образования, общественной жизни;

в) интуитивное – на основе жизненного опыта, высокой степени чувствительности к развитию тех или иных объектов.

13. Способность к доработке. Это не просто настойчивость, собранность и волевой настрой на завершение начатого, а именно

способность к доработке деталей, к мучительной и кропотливой доводке первоначального замысла.

14. Готовность к риску – еще одна особенность творчества в научно-технической, научной и технической деятельности. Человек, имеющий много идей, должен уметь смело высказывать и отстаивать их.

15. Уровни научно-технической деятельности. К области научно-технического творчества относятся:

а) открытия – это установления неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в познании;

б) изобретение – новое и обладающее существенными различиями техническое решение задачи в любой области экономики, социального развития, культуры и обороны страны, дающее положительный эффект;

в) рационализаторское предложение – это техническое решение, являющееся новым и полезным для предприятия, организации или учреждения, которому оно подано, и предусматривающее изменение технологии производства или конструкции изделий, применяемой техники или состава материала.

Формы творчества, в той или иной мере присущие различным видам научно-технической деятельности по созданию новой техники, характеризуются своим научно-техническим содержанием и соответствуют разным уровням новизны. Их можно разделить на несколько групп, основанных на разработке качественно иных принципов или процессов, ведущих к коренному преобразованию техники и, как правило, к качественным сдвигам в развитии науки и техники.

История науки есть история смены различных теорий и их борьбы. Неполнота, несовершенство знаний неизбежно приводит к тому, что один и тот же ряд наблюдаемых фактов получает разное объяснение у разных ученых, они видят эти факты как бы с различных ракурсов. Это зависит от различия взглядов, склада мышления, дарования и т. п. Однако с течением времени наука неизбежно приходит к единому взгляду на них.

Рассмотрим законы развития науки:

Первый закон. Он называется законом относительной самостоятельности развития науки. Такая относительная самостоятельность включает в себя внутреннюю логику развития, потребность в систематизации знаний, борьбу мнений, взаимное влияние наук, взаимодействие с разными формами общественного сознания, преемственность идей и т. п. – то есть все те факторы, от которых, если не считать потребности производства (или бытовые), зависит развитие науки.

Второй закон. Следующий закон отражает такие явления, как критика и борьба мнений в науке. То есть развитие науки происходит на основе борьбы новых и старых идей.

Третий закон. Этот закон выражает взаимодействие наук и имеет сейчас особенно важное значение для понимания происходящих процессов научно-технического прогресса.

Наука представляет собой единое целое. Существующее разделение науки на отдельные области обусловлено различием природы вещей и закономерностей, которым эти вещи подчиняются в процессе движения и развития. Различные области науки развиваются, взаимодействуя друг с другом разными путями:

– через использование знаний, полученных другими науками;

– посредством использования методов изучения других наук;

– через технику и производство;

– через изучение общих свойств различных видов материи.

Четвертый закон характеризует процесс математизации практически всех научных дисциплин. Математика проникает сейчас даже в такие области знания как история, биология и др. С помощью ЭВМ расшифровываются древние рукописи Майя и т. п. Во многих разделах физики, астрономии – математика является незаменимым аппаратом.

Пятый закон относится к дифференциации и интеграции наук, которые неизменно присутствуют в развитии современного естествознания.

Процесс дифференциации – перерождение различных ветвей науки в самостоятельные научные дисциплины. Вместе с тем этот процесс сопряжен с процессом интеграции, связывающим разные отрасли естествознания, так как наблюдается бурное развитие пограничных наук: генная инженерия, биогеохимия, инженерная психология и др.

Шестой закон – преемственность в науке. Наука представляет собой продукт деятельности многих поколений. Ее объективное содержание не выходит с общественного строя, а развивается и накапливается на протяжении всей истории человечества. Использование и развитие знаний, накопленных предыдущими поколениями, то есть преемственность, представляет собой объективный закон развития науки. Без него просто невозможно никакое развитие!

Седьмой закон, открытый Ф. Энгельсом, – ускоренное развитие науки – действует и сейчас. Достижения XIX века во много раз превосходят достижения XVIII века, а достижения XX века (даже второй его половины) превосходят достижения предыдущих времен.

Восьмой закон свидетельствует о неизбежности научных революций. Анализ истории развития естествознания показывает, что оно и развивалось очень неравномерно. Периоды относительной стабильности, постепенного накопления знаний неизбежно с течением времени сменялись более кратковременными периодами революций, когда происходит коренная ломка теоретических представлений, считавшихся ранее незыблемыми.

Девятый закон описывает усиление связи науки с производством, что в итоге привело к пониманию науки как одного из важнейших элементов производительных сил. В результате возникла техногенная цивилизация, на смену которой идет антропогенная цивилизация или постиндустриальное общество.

Наука есть создание жизни. Из окружающей жизни научная мысль человека берет приводимый в форме научной истины материал. Наука есть проявление действия в человеческом обществе совокупной человеческой мысли.

Первый закон прогрессивной эволюции техники

Действие закона прогрессивной эволюции в технике аналогично действию закона естественного отбора, который Ч. Дарвин открыл в живой природе.

Закон имеет следующую формулировку. В технических объектах с одинаковой функцией переход от поколения к поколению вызван устранением выявленного главного дефекта (дефектов), связанного, как правило, с улучшением критериев развития, и происходит при наличии необходимого научно-технического уровня

и социально-экономической целесообразности следующими наиболее вероятными путями иерархического исчерпания возможностей конструкции:

а) сначала при неизменном физическом принципе действия и техническом решении улучшаются параметры ТО до приближения к глобальному экстремуму по значениям параметров;

б) после исчерпания возможностей цикла; а) происходит переход к более рациональному техническому решению (структуре), после чего развитие опять идет по циклу а). Циклы: а) и б) повторяются до приближения к глобальному экстремуму по структуре для данного принципа действия;

в) после исчерпания возможности циклов; а) и б) происходит переход к новому физическому принципу действия, после чего развитие опять идет по циклам а) и б). Циклы: а) и б) повторяются до приближения к глобальному экстремуму по принципу действия для множества известных физических эффектов.

При этом в каждом случае перехода от поколения к поколению в соответствии с частными закономерностями происходят изменения конструкции, корреляционно связанные с характером дефекта у предшествующего поколения, а из всех возможных изменений конструкции реализуется в первую очередь то, которое позволяет устранить дефект при минимальных интеллектуальных и производственных затратах, т.е. здесь проявляется принцип наименьшего действия.

В формулировке закона использовано понятие «глобальный экстремум». Математически строгое определение этого термина дается в математической дисциплине, называемой вариационным исчислением. Смысл термина можно понять, исходя из следующего рассуждения. Функции нескольких переменных могут иметь экстремумы, соответствующие определенным комбинациям значений переменных. Это локальные экстремумы. Очевидно, что множество локальных экстремумов позволяет выделить общий для них глобальный экстремум функции нескольких переменных.

В процессе совершенствования объекта в рамках одного физического принципа действия критерии развития обычно меняются не равномерно. В первое время после перехода от одного цикла к другому рост совершенствуемого критерия экспоненциально

ускоряется, а потом затухает, что, собственно, и говорит об исчерпании данного цикла. Поэтому зависимость значения критерия развития от времени имеет S-образную форму и называется S-функцией. Иногда ее называют жизненным циклом изделия.

Интересно отметить, что такая форма жизненного цикла свойственна не только техническим объектам, но и объектам природы. Она и открыта была в 1845 г. Верхолстом при изучении кривых роста популяций живых существ.

Самое важное приложение закона прогрессивной эволюции заключается в построении на его основе методологии системного иерархического выбора глобально-оптимальных конструкторско-технологических решений – от выбора рациональной функциональной структуры до оптимального технического решения.

Методология ориентирована на изучение и использование всех возможных путей улучшения ТО. Если при этом решение каждой задачи будет выполняться с достаточно полным информационным обеспечением и будет находиться глобально оптимальное решение, то можно гарантировать, что создаваемый ТО по уровню будет соответствовать мировым достижениям.

Следует заметить, что для перехода к использованию нового физического принципа действия не всегда нужно ждать исчерпания ресурсов уже используемого физического принципа действия (ФПД).

Если при наличии необходимого научно-технического потенциала переход к новому техническому решению или принципу действия обеспечивает получение дополнительной эффективности, существенно превышающей дополнительные интеллектуальные и производственные затраты, то может произойти скачок к новому техническому решению или принципу действия и без исчерпания возможностей совершенствования старого технического решения. Нередко это приводит к параллельному развитию выполнения одинаковых функций на основе разных ФПД. Например, получение электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях; совершенствование тепловозов и электровозов; строительство кирпичных и панельных жилых домов.

Большое практическое значение в рамках рассматриваемого закона имеет изучение закономерности изменения критериев развития на протяжении использования одного принципа действия, т.е. изучение S-функций.

Это позволяет установить, насколько недоиспользованы возможности реализованного в техническом объекте ФПД, если эти возможности имеют значительные резервы, на основе прогнозирования, базирующегося на экстраполяции S-функции, можно сформулировать конкретное задание на улучшение основных показателей ТО.

Если же анализ показывает, что возможности применяемого принципа действия практически исчерпаны, делается вывод о необходимости поиска нового ФПД.

Второй закон стадийного развития техники (открыт С.С. Товмасяном)

Этот закон отражает изменения, происходящие в процессе исторического развития как отдельных классов ТО, так и техники в целом.

Его можно сформулировать следующим образом. ТО, предназначенные для обработки материалов, имеют четыре стадии развития, связанные с реализацией четырех фундаментальных функций, (см. закон соответствия между функцией и структурой):

1) на первой стадии ТО реализует только технологическую функцию, стальное делает человек;

2) на второй стадии развития ТО реализует технологическую и энергетическую функции;

3) на третьей стадии добавляется функция управления;

4) на четвертой стадии добавляется функция планирования.

Переход к каждой очередной стадии происходит при исчерпании природных возможностей человека по дальнейшему увеличению производительности и др. качественных показателей, а также при наличии необходимого научно-технического уровня и социально-экономической целесообразности.

Практическое использование закона стадийного развития связано с получением в процессе исследования технического объекта ответов на следующие вопросы:

На какой стадии развития находится изучаемый технический объект?

Ограничивают ли возможности человека существенное улучшение основных показателей ТО?

Имеются ли необходимые научно-технические возможности для перехода на следующую стадию?

Имеется ли социально-экономическая целесообразность перехода на следующую стадию?

Следует обратить внимание на тот интересный факт, что, чем больше функций передается от человека к технике, тем глубже инженер должен знать эргономику – науку о физических и психический возможностях человека.

Из закона стадийного развития техники вытекают две важные закономерности:

Каждая стадия развития техники, как правило, имеет два периода развития: сначала основная фундаментальная функция реализуется с помощью универсального технического средства, затем происходит дифференциация и специализация технических средств. Так, на первой стадии развития техники был пройден путь от общего рубила до 500 разновидностей одних только молотков; на второй стадии от мускульной энергии пришли к современному разнообразию источников энергии; на третьей – от универсальной ЭВМ к специализированным ЭВМ и микропроцессорам.

При этом на каждой новой стадии резко возрастает относительное разнообразие технических объектов и область их применения в связи с появлением широких возможностей конструктивного изменения и приспособления подсистемы, реализующей очередную фундаментальную функцию, и комбинирования этой подсистемы с различными вариантами других подсистем технического объекта.

Чем большее число фундаментальных функций реализовано с помощью технических средств, тем меньше ограничений накладывают естественные возможности человека, тем больше возможностей открывается для совершенствования технического объекта и тем выше темпы технического прогресса.

Третий закон расширения множества потребностей-функций

Для открытия новых направлений развития техники важно предусмотреть появление новых потребностей в обществе. В этом отношении полезен закон расширения множества потребностей-функций. Выше приводилась формулировка этого закона, данная К. Марсом.

Современная формулировка звучит следующим образом.

При наличии необходимого потенциала и социально-экономической целесообразности возникшая новая потребность удовлетворяется с помощью впервые созданных технических средств; при этом возникает новая функция, которая затем существует до тех пор, пока ее реализация будет обеспечивать сохранение и улучшение жизни людей. Число таких потребностей-функций монотонно возрастает по экспоненциальному закону

Полезно отметить, что трудом ряда ученых (А. Маслов и др.) удалось установить приоритет потребностей, который позволяет судить о направлениях развития техники:

А) Вечные потребности, значимость которых всегда остается неизменно высокой: обеспечение пищей, обеспечение жильем, обеспечение одеждой, обеспечение оборонной техникой, защита от преступных нападений, защита от природных катастроф, защита от болезней и болевых ощущений.

Б) Вечные потребности, значимость которых сильно возросла в XX в: защита от больших искусственных катастроф и локальных аварий в промышленности, на транспорте и т.д. Получение новой информации, сбор, хранение, обработка и передача информации. Красота окружающей среды. Обеспечение индивидуально и общественно полезного досуга людей.

В) Новые потребности, возникшие во второй половине XX в. и по значимости близкие к вечным. Защита от глобального уничтожения человечества. Обеспечение нормальной пресной водой. Обеспечение нормальным воздухом. Обеспечение нормальных условий сна.

Все это обобщенные первичные потребности, которые имеют многоуровневое иерархическое разделение на частные первичные потребности. Они, в свою очередь, вызывают вторичные потребности первого уровня в производстве ТО, далее второй уровень и т.д.

Четвертый закон относительного постоянства

Этот закон можно сформулировать следующим образом: не существует изделий, не имеющих отклонений относительно некоторого материального образца. Ошибкой считается лишь превышение допустимого отклонения.

Для конструктора и изготовителя этот закон имеет важное значение, поскольку он представляет собою основу определения границ допускаемых изменений материального комплекса с позиций эффективности технических средств.

В машиностроении оценка допускаемых отклонений от номинальных параметров, является предметом изучения отдельной научной дисциплины «Основ взаимозаменяемости». Здесь учитывается, с одной стороны, возможность применяемого технического оборудования обеспечить ту или иную точность выполнения операции, с другой стороны, возможность ТО, изготовленного с определенными отклонениями от номинальных характеристик, выполнять заданные функции.

Чтобы предвидеть отклонения свойств изделий, необходимо понимать, что производство представляет собою стохастический процесс. Стохастический или случайный процесс является результатом действия множества элементов со случайными свойствами – элементов, которые, однако можно описать не случайным образом, а на основе теорий вероятностей.

Доступный пример стохастического процесса – поведение студентов. Оно носит случайный характер. Пример – очередность выхода из аудитории после звонка. Длительное наблюдение позволит предсказать некоторую вероятность этой очередности.

Допуски и посадки, определяемые в соответствии с законом относительного постоянства, лежат в основе стандартизации типовых деталей и инструмента, применяемого в различных отраслях производства. Научно-технический прогресс способствует повышению точности процессов и изделий. Поэтому действие закона связано с развитием техники.

Пятый закон возрастания разнообразия технических объектов

Разнообразие технических объектов, составляющих техносферу мира, страны или отрасли, а также разнообразие отдельного класса технических объектов, имеющих одинаковую обобщенную функцию, в связи с необходимостью наиболее полного удовлетворения человеческих потребностей, обеспечения наиболее высоких темпов повышения производительности труда и улучшения других критериев прогрессивного развития техники со временем монотонно и ускоренно возрастает по экспоненциальному графику.

Возрастание происходит за счет появления новых потребностей-функций, качественной и количественной специализации функций, а также за счет дифференциации технических объектов, выполняющих качественно и количественно одинаковую функцию, но имеющих различия по конструкции.

Это эмпирической закон, выведенный на основе большого статистического материала. Возрастание разнообразия технических объектов, как и объектов природных, не может происходить безгранично. Вспомним, например, что все многообразие и многоцветие природы слагается из химических элементов, которых, немногим более сотни. Поэтому, наряду с законом возрастания разнообразия технических объектов, в природе и технике действует излагаемый ниже закон ограниченного разнообразия.

Шестой закон ограниченного многообразия

Применительно к технике закон может быть сформулирован следующим образом.

Многообразие, являющееся необходимым условием существования единства сложных технических средств и способов их действия, должно иметь границы.

Правда, известно, что увеличение различий между характеристиками изделий объективно обусловлено требованием их общественно-технической адекватности в непрерывно усложняющемся мире, где действует закон возрастания разнообразия технических объектов.

Но, с другой стороны, чем шире используется данное техническое средство, тем в большей мере приобретает значение закон

ограниченного разнообразия. Пример – изготовление разными заводами телевизоров с унифицированными схемами. Закон проявляет себя в унификации и стандартизации.

Седьмой закон возрастания сложности технических объектов

Качественную историческую картину возрастания сложности ТО описал К. Маркс. Об этом шла речь выше.

Сложные системы

Технические системы с числом элементов 104–107 и выше с массовым случайным их взаимодействием, например, АТС.

Превращающиеся системы

Системы, способные к росту, развитию, самоорганизации. Число элементов 108–1030.

Парадоксальные системы

Системы столь обширные и сложные, что они способны управлять пространством и временем, и изменять космические формы своего бытия. Число элементов 1030–10200

А.Н. Половинкин предпринял попытку вывести универсальный показатель сложности.

Показатель сложности S определяется положительным числом, большее значение которого соответствует более сложному ТО.

Восьмой закон убывающей полезности

Этот закон является общим, действующим как в живой природе, так и в технике.

В живой природе он проявляется в снижении работоспособности стареющего организма, в снижении урожайности плодоносящих растений и т.д. В технике закон проявляется как в области ее совершенствования, так и в области эксплуатации технического объекта. Он может быть сформулирован следующим образом.

Затраты на совершенствование технического объекта в пределах одного физического принципа действия по мере исчерпания резервов ФПД приносят все меньший эффект. По мере старения технического объекта, находящегося в эксплуатации, частота его

отказов возрастает, а расходы на восстановление растут, пока не достигнут размеров получаемого от восстановления эффекта.

Следовательно, существует срок службы ТО, после которого восстановление и дальнейшая эксплуатация ТО становятся нецелесообразными.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), по мнению её создателя Г.С. Альтшуллера, включает принципы управления мышлением при решении изобретательских задач, которые могут быть перенесены на организацию творческого мышления в любой области человеческой деятельности.

Прежде чем перейти к решению изобретательской задачи, её надо понять, а чтобы понять, необходимо построить соответствующую модель.

Модель – это созданная в процессе анализа или решения задачи искусственная структура, в которой сохранены существенные для дальнейших исследований свойства моделируемого объекта. Академик Н.Н. Моисеев под моделью понимал упакованное знание, несущее вполне определённую, ограниченную информацию о предмете (явлении), отражающее те или иные его свойства. Модель можно рассматривать как специальную форму кодирования информации. В отличие от обычного кодирования, когда известна вся исходная информация, и мы лишь переводим её на другой язык, модель, какой бы язык она не использовала, кодирует и ту информацию, которую люди ещё не знали. Можно сказать, что модель содержит в себе потенциальное знание, которое человек, исследуя её, может приобрести, сделать наглядным и использовать в своих жизненных нуждах.

При решении изобретательской задачи моделируемый объект, каким бы простым он не казался, необходимо рассматривать как техническую систему (ТС) совокупности элементов, обладающей свойствами, отсутствующими у любого отдельно взятого её элемента.

Отсюда, элемент технической системы – её элементарная единица, способная к выполнению определённой функции и обладающая некоторыми свойствами, не исчезающими при отделении от системы.

В свою очередь, функция технической системы или её элементов – модель их действия, приводящего к появлению или сохранению выделенного события в другой технической системе или элементе той же ТС. Она включает описание элемента или ТС, на которые направлено действие, и самого действия, приводящего к количественному (состояния) или качественному (свойства) изменению параметра (-ов) потока (-ов) энергии, вещества, информации, проходящего (-их) через ТС или её элемент (-ы). Именно функции соединяют элементы в систему.

6.2. Системная вертикаль ТС

Таким образом, ТС – это полный целостный набор элементов, взаимодействующих между собой так, чтобы могла реализовываться функция ТС, её целевое назначение.

В общем виде иерархию модели ТС можно представить в виде системной вертикали (рис. 4).

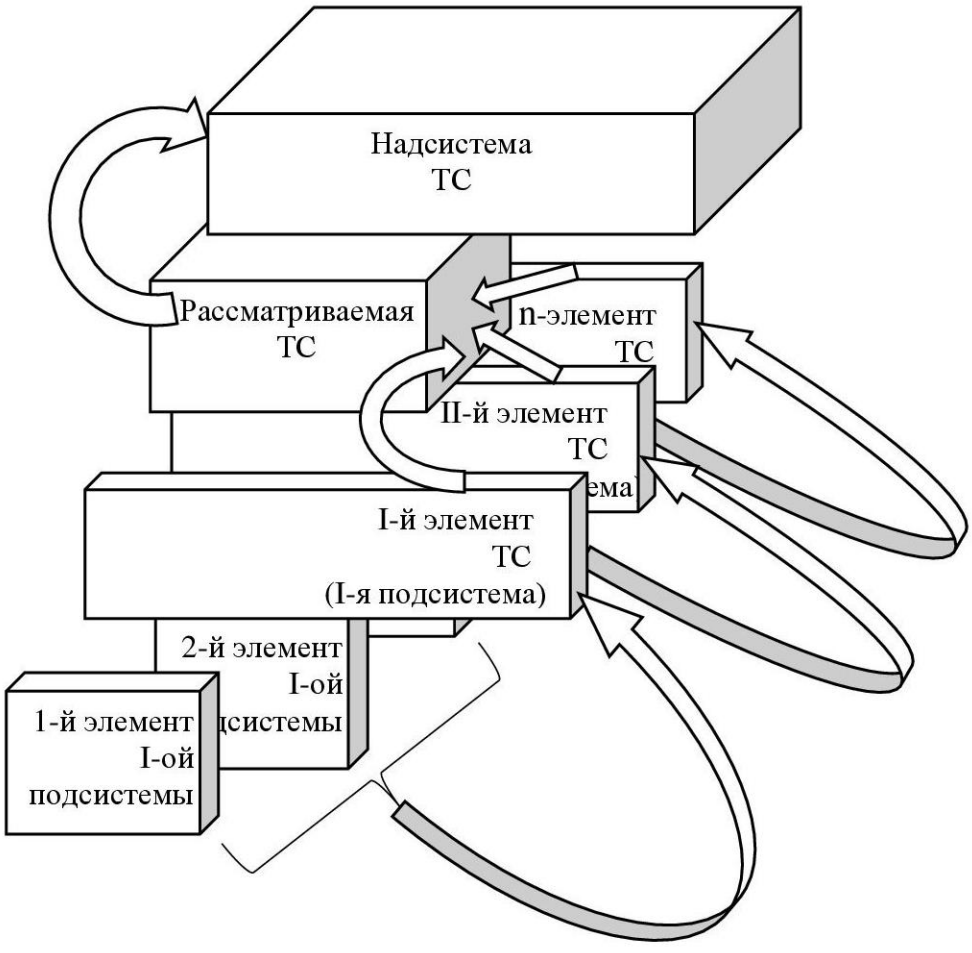


Рис. 4. Системная вертикаль ТС

Развивая представленную системную вертикаль вниз, вверх и вглубь, можно создавать не только простые, но и сложные модели, исследуя более глубокие слои (подсистемы) рассматриваемой ТС или уходящие выше по лестнице её надсистем. Наличие надсистемы и подсистем обеспечивает рассматриваемой ТС обладание свойством как элементной, так и функциональной полноты.

С момента создания ТРИЗ и до неё было разработано большое количество различных моделей (инструментов), применение которых повышало эффективность решения творческих изобретательских задач. В настоящее время необходимо активизировать работу по созданию эффективных методик применения различных моделей (инструментов) ТРИЗ и их комплексов, ориентированных на гарантированный синтез новых ТС.

Приведём пример, иллюстрирующий методику использования различных моделей для решения изобретательской задачи, при этом в качестве искомой ТС возьмем уже известное изобретение. Таким образом, вначале мы подтвердим действенность рассматриваемой методики, идя к известному изобретению от его прототипа, а затем, взяв это изобретение за прототип и используя рассматриваемую методику, синтезируем новую ТС, на которую будет подана заявка на предполагаемое изобретение.

Представим графическую модель (эскиз) известной ТС – способ обработки поверхностей вращения (рис. 5).

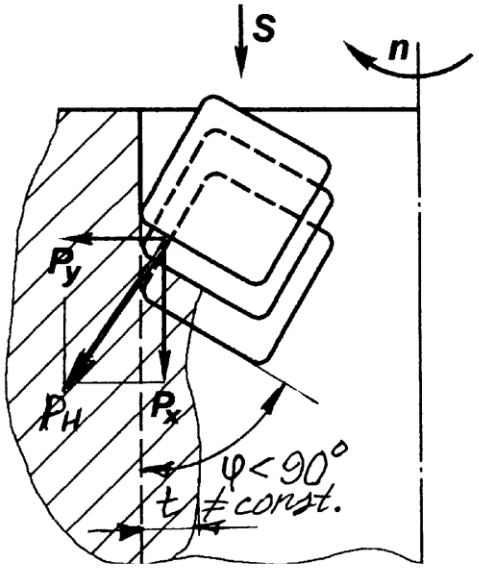


Рис. 5. Графическая модель (эскиз) исходной ТС

На основе анализа представленной графической модели ТС составим словесную модель в виде описания проблемной ситуации.

В массовом высокопроизводительном автоматизированном производстве на черновых операциях обработки неточных поверхностей вращения (например, литых заготовок) используется схема резания с разделением припуска между режущими инструментами резцового блока (формообразующим и черновыми резцами) по глубине резания или по подаче.

Такая схема обладает рядом недостатков:

– низкая точность обработки поверхности заготовки формообразующим резцом на черновой операции;

– определяющее влияние больших переменных сил резания на точность обработанной поверхности из-за копирования (наследования) резцами резцового блока исходных погрешностей черновой поверхности заготовки;

– увеличение припуска для введения дополнительных переходов на предварительных операциях обработки поверхности заготовки.

Проведя анализ представленных моделей и выделив функциональные элементы надсистемы и самой ТС, построим её структурно-функциональную модель (рис. 6).

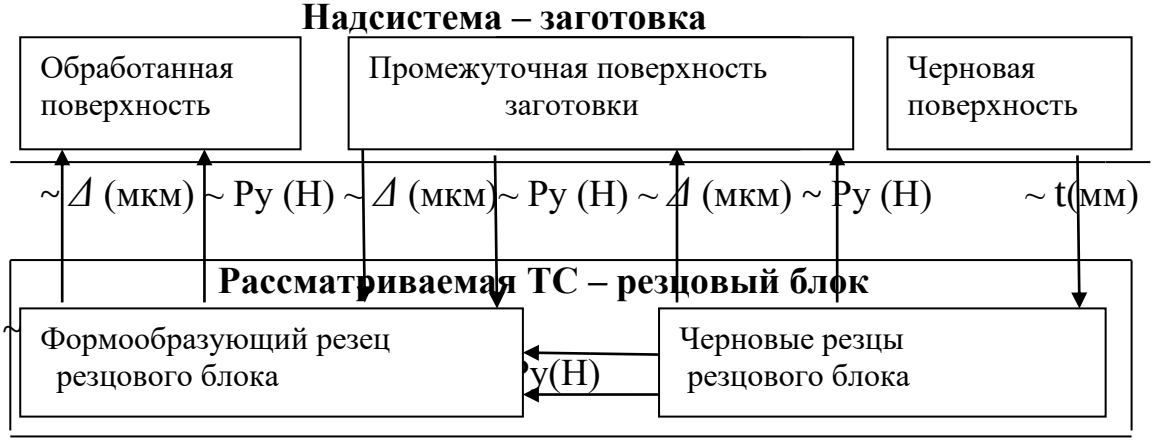


Рис. 6. Структурно-функциональная модель ТС

Модель формулировки и оценки события будет содержать следующее: при удалении большого неравномерного (~) припуска

t (мм) с поверхности заготовки черновыми резцами резцового блока возникает силовой поток, характеризующийся значительной по величине переменной (~) радиальной составляющей P_y (Н) силы резания, которая приводит к упругим деформациям Δ элементов ТС. Переменная P_y вызывает колебания элементов ТС (в частности, формообразующего резца), которые копируют (наследуют) исходные погрешности черновой поверхности заготовки, через промежуточную, на обработанную поверхность, что приводит к снижению её точности. Модель действия силового потока на элементы ТС можно описать математически:

$$J = P_y / \Delta \text{ (Н/мкм)}, \qquad (1)$$

где J – жёсткость ТС;

P_y – радиальная составляющая силы резания;

Δ – величина упругих деформаций.

Анализ модели (1) показывает, что т.к. жёсткость ТС – величина постоянная, то значение и изменение величины упругих деформаций Δ(мкм) пропорционально значению и изменению силы Py (Н), зависящей, в свою очередь, от величины и неравномерности припуска t (мм) на обработку черновой поверхности заготовки. Таким образом, упругие деформации Δ влияют на работу формообразующего резца резцового блока, и исходные погрешности частично копируются на обрабатываемую поверхность заготовки, снижая её точность.

Приведённый анализ модели действия силового потока на элементы ТС показывает, что узловым компонентом ТС является формообразующий резец резцового блока. Ему необходимо создать такие условия функционирования, при которых действующий на него силовой поток (Н) будет минимальным и постоянным по величине. Это возможно тогда, когда снимаемый формообразующим резцом припуск (мм) будет минимальный и постоянный по величине, не зависимо от имеющих место исходных погрешностей черновой поверхности заготовки.

Эти условия должны найти отражение в предварительной модели будущего решения задачи, т.е. сформулированы в модели идеального конечного результата (ИКР). Выберем в качестве носителя действия по удалению припуска и формированию парамет-

ров точности обрабатываемой поверхности заготовки – ТС (резцовый блок с черновыми и формообразующим резцами). Тогда ИКР будет заключаться в том, что формообразующий резец сам формирует требуемые параметры точности, когда обрабатывает поверхность, независимо от величины припуска и исходных погрешностей черновой поверхности заготовки, т.е. не наследует эти погрешности, возникающие из-за деформации ТС под действием переменных сил резания.

Следующим этапом методики применения различных моделей (инструментов) ТРИЗ будет выявление и формулирование моделей технического и физического противоречий.

Техническое противоречие (ТП) – модель конфликта, состоящая из описания двух состояний ТС с выявлением положительных и отрицательных последствий каждого из этих состояний, т.е. улучшение какого-то свойства системы, приводит к ухудшению другого её свойства. Построение и анализ моделей параметров ТС, включающих их оценку в том числе количественную, позволяющую определять степень обостренности ТП.

В рассматриваемом случае, для удаления больших исходных погрешностей с поверхности заготовки черновыми резцами резцового блока, припуск должен быть значительным по величине, но при этом в ТС неизбежно возникают, под действием переменных сил резания, деформации (колебания), которые копируются формообразующим резцом, в результате чего снижается точность обработанной поверхности, наследующей исходные погрешности. Техническое противоречие заключается в том, что для повышения точности обработанной поверхности, возникающие деформации ТС (колебания) не должны копироваться формообразующим резцом резцового блока, а это значит, снимаемый им припуск должен быть минимальным и равномерным по величине.

Получается, что рассматриваемая схема резания не обеспечивает удаление большого неравномерного припуска без снижения точности обработанной поверхности, т.е. удовлетворить одну потребность без ущемления другой не представляется возможным.

В таком случае, необходимо выявление и формулирование модели физического противоречия. Физическое противоречие заключается в том, что к одному свойству (параметру) ТС или её элементу предъявляются взаимоисключающие требования.

В нашем случае физическое противоречие в том, что удаляемый резцовым блоком рассматриваемой ТС припуск, должен быть большим для удаления исходных погрешностей, и маленьким для повышения точности обработанной поверхности.

Для разрешения указанного физического противоречия используем приём разделения противоречивых свойств в пространстве и времени.

Сущность предлагаемого решения в следующем: разделим работу формообразующего и чернового резцов во времени и пространстве. Обработку начинаем опережающим врезанием формообразующего резца, прорезающего канавку на торцевой поверхности заготовки, а затем вводим в работу черновой резец, главный угол в плане которого равен 90 градусов (рис. 7).

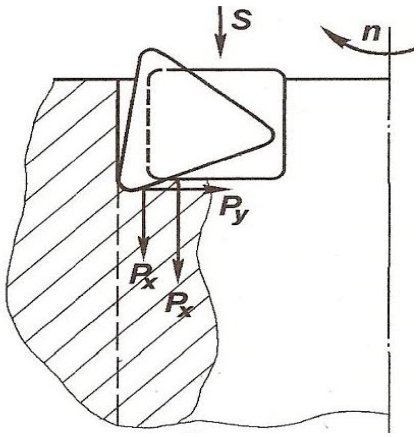


Рис. 7. Графическая модель (эскиз) предлагаемой ТС

Проведя анализ представленной модели и выделив функциональные элементы надсистемы и самой ТС, построим её структурно-функциональную модель (рис. 8).

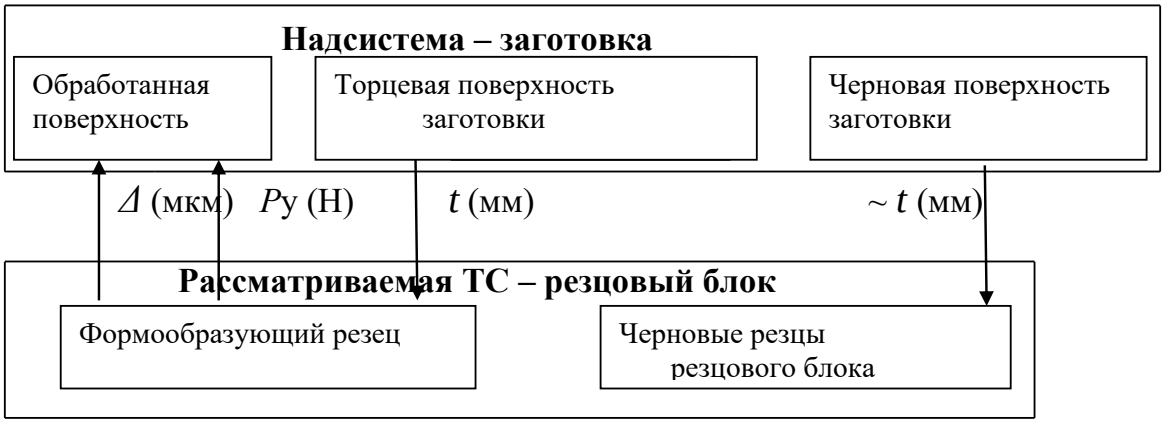


Рис. 8. Структурно-функциональная модель ТС

В результате указанной последовательности работы формообразующего и чернового резцов в пространстве и времени, формообразующий резец будет удалять минимальный и постоянный по величине припуск, обеспечивая обработку поверхности заготовки с требуемой точностью. При этом черновой резец, удаляя большой и переменный по величине припуск и зависая своей вершиной в предварительно прорезанной формообразующим резцом канавке, не может оказывать существенного влияния на его работу.

Основной технический результат заключается в следующем:

– опережающее врезание формообразующего резца, позволяет ему достигать требуемой точности обрабатываемой поверхности за счёт точения с минимальной стабильной величиной срезаемого слоя и постоянной радиальной составляющей силы резания *Py*;

– влияние упругих деформаций чернового резца на работу формообразующего, при удалении большого по величине припуска и копировании исходных погрешностей черновой поверхности заготовки, устраняется за счет зависания вершины чернового резца в предварительно прорезанной формообразующим резцом канавке;

– исключение возникновения упругих деформаций ТС, при удалении большого и переменного по величине припуска, под действием радиальной составляющей силы резания P_y обеспечивается за счёт торцевого резания чернового резца с главным углом в плане равным 90 градусов.

Продолжим совершенствование технической системы на основе исследования её новой структурно-функциональной модели (рис. 6).

Описание проблемной ситуации.

Предложенная схема резания, обеспечив требуемую точность обработки поверхности заготовки формообразующим резцом, не является производительной, т.к. черновой резец не позволяет повысить скорость резания из-за срезания большого неравномерного припуска, снижающего его стойкостные характеристики.

Формулировка и оценка события.

При удалении большого припуска *H* с поверхности заготовки черновым резцом возникает силовой поток, характеризующийся значительными по величине силами резания *P*, которые приводят к снижению скорости резания и стойкости инструмента, а значит

производительности обработки поверхности заготовки. При этом, формообразующий резец, работая в условиях удаления небольшого стабильного припуска, имеет определённые резервы по увеличению скорости резания V, а значит и производительности обработки.

Это событие можно описать математической моделью:

$$V = \pi \cdot D \cdot n/1000 \text{ (м/мин)}, \qquad (2)$$

где D – диаметр заготовки;

n – число оборотов заготовки.

Анализ модели (2) показывает, что увеличение скорости резания, при заданном диаметре D заготовки, возможно за счет повышения числа оборотов nзаготовки. Но значительное увеличение числа оборотов снижает стойкость режущих инструментов.

Формулировка ИКР.

Выберем в качестве носителя действия по обеспечению высокой производительности, при удалении большого и неравномерного припуска, черновой резец. Тогда идеальный конечный результат будет заключаться в том, что черновой резец сам, удаляя большой и неравномерный припуск, обеспечивает высокую скорость резания, а значит и производительность обработки.

Выявление и формулирование технического и физического противоречий.

Техническое противоречие можно сформулировать следующим образом: чтобы обеспечить черновому резцу высокопроизводительную обработку черновой поверхности заготовки, необходима большая скорость резания, а чтобы обеспечить формообразующему резцу необходимую стойкость, скорость резания не должна быть большой. Тогда физическое противоречие будет следующим: скорость резания должна быть и большой, и не большой.

Для разрешения указанного физического противоречия используем приём разделения противоречивых свойств в пространстве.

Сущность предлагаемого решения поясняется графической моделью (рис. 9).

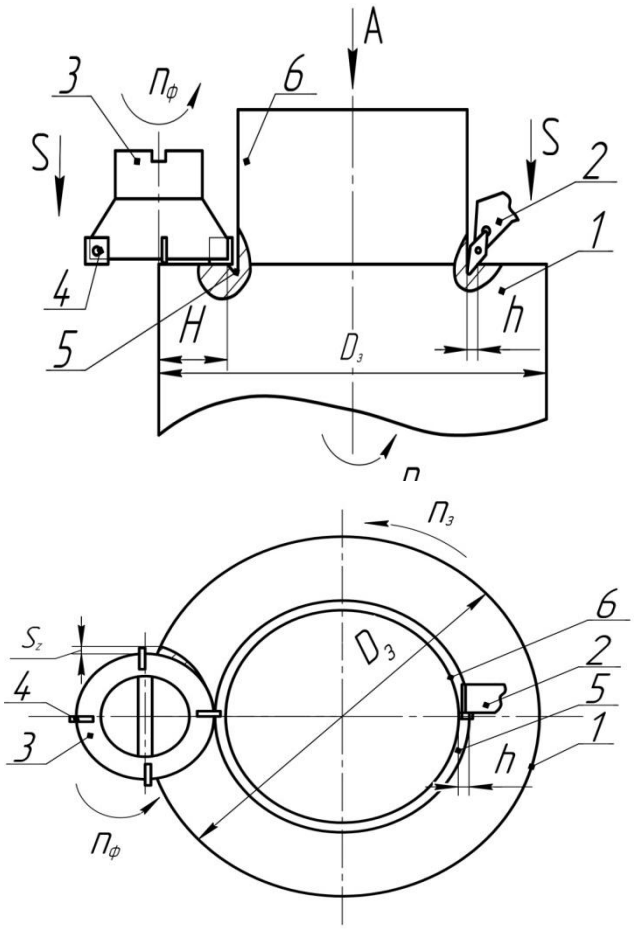


Рис. 9. Графическая модель (эскиз) новой ТС

Обработку черновой поверхности *6* заготовки *1*, вращающейся с оптимальным для чистового резца *2* числом оборотов $n_з$, предлагается осуществлять не токарным резцом, а вращающимся вокруг своей оси с большим числом оборотов *n*ф многозубым инструментом (торцевой фрезой *3*) при сообщении ему осевой подачи S, равной осевой подаче чистового резца *2*.

Таким образом, большой неравномерный припуск *H* удаляется с черновой поверхности *6* заготовки *1* не одним резцом, а несколькими *4*, расположенными по периметру торцевой фрезы *3*, вращающейся с числом оборотов (за один оборот заготовки) определяемым из математической модели (3):

$$n_ф = \pi \cdot D_з / Sz \cdot Z \text{ (об/мин)}, \qquad (3)$$

где $\pi \cdot D_з$ – длина окружности заготовки;

$D_з$ – диаметр заготовки;

Sz – подача на зуб многозубого инструмента;

Z – число зубьев многозубого инструмента.

Основной технический результат заключается в следующем:

– опережающее врезание формообразующего резца позволяет зубьям многозубого инструмента, зависая в предварительно проточенной формообразующим резцом канавке ширинойh, реализовывать высокоскоростное торцевое фрезоточение многозубым инструментом значительной части H неравномерного чернового припуска с обеспечением высокой степени устойчивости динамической системы;

– обеспечение устойчивости динамической системы при удалении значительной части H чернового припуска торцевым фрезоточением многозубым инструментом, позволяет формообразующему резцу достигать требуемого качества обрабатываемой поверхности за счёт точения с минимальной стабильной величиной срезаемого слоя h и постоянной силой резания;

– сочетание точения формообразующим резцом с минимальной стабильной величиной срезаемого слоя h и высокоскоростного торцевого фрезоточения многозубым инструментом с удалением значительной части H чернового припуска, позволяет существенно увеличить, как скорость осевой подачи S резца и фрезы, так и число оборотов nз заготовки, а, следовательно, технологическую производительность, с учётом исключения необходимости дополнительной обработки (проходов) и обеспечения надежного дробления стружки.

Использование нового способа будет эффективно при обработке поверхностей вращения заготовок из труднообрабатываемых материалов как на карусельных станках, так и на многокоординатных токарных станках с ЧПУ, при наличии привода вращения осевых инструментов, устанавливаемых в револьверной головке.

Контрольные вопросы

1. Что относится к особенностям научно-технического творчества?
2. В чем заключается сущность законов развития науки?
3. Охарактеризуйте законы развития техники?
4. Дать определение ИКР и привести примеры реализации на практике идеального конечного результата.
5. В чем заключаются технические и физические противоречия, привести примеры их разрешения на практике.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1
МЕТОД ФОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ, ГИРЛЯНД СЛУЧАЙНОСТЕЙ И АССОЦИАЦИЙ

1. Теоретическая часть

Метод фокальных объектов – метод индивидуального или коллективного поиска новых оригинальных идей, или новых разновидностей товаров широкого потребления.

Метод был предложен русским ученым М. Ломоносовым, а затем был развит и усовершенствован В. Кунцем. Слово «фокальных» означает, что объект находится в фокусе (центре) внимания человека при поиске оригинальных идей.

Применение метода не требует специального обучения, но для его эффективного использования нужно богатое воображение, развитое ассоциативное мышление, умение видеть скрытые свойства объекта. Работа по методу может использоваться как упражнение по развитию воображения и ассоциативного мышления.

Ассоциации являются отражением в сознании человека взаимосвязей предметов и явлений действительности в виде закономерной связи элементов сознания (ощущений, представлений), т.е. это образы, возникающие в сознании человека в ответ на какое-то раздражение, например, в ответ на слово – раздражитель. При этом выявляются так называемые первичные ассоциации, число которых в ответ на одно слово колеблется обычно в пределах 10.

Кроме первичных ассоциаций, вызываемых обычно без задержки (замедления), человек может генерировать большое число дополнительных ассоциаций, обычно именно эти ассоциации позволяют выявить неожиданные, нетримальные свойства рассматриваемого понятия или объекта.

Умение найти связи между, на первый взгляд, независимыми утверждениями или предметами позволяет увидеть новые связи в технических объектах, и это приводит к появлению нестандартных решений задач.

Для развития ассоциативного мышления можно (в качестве тренировки) установить ассоциативные переходы между двумя любыми, случайными, не связанными понятиями. Чем более развито у человека воображение, тем более дальние (по качеству промежуточных ассоциаций – шагов) ассоциативные переходы он может найти. Так, например, переход от понятия «мост» к понятию «паутина», которые весьма отдалены, может иметь вид: «мост-река – берег – почва – трава – паук – паутина».

Также эффективным упражнением по развитию ассоциативного мышления является установление продолжительных ассоциативных переходов между двумя совершенно независимыми или противоположными утверждениями. Например, «когда гремит гром…» и «солнце слепит глаза…». На первый взгляд связи между этими утверждениями нет, но двигаясь от первого утверждения по ассоциативной цепочке переходов, можно в конце концов прийти ко второму утверждению, выстроив ассоциативную связь между ними.

2. Методика проведения поиска оригинальных (новых) идей методом фокальных объектов, гирлянд случайностей и ассоциаций

Поиск новых решений производится в несколько этапов (шагов).

Рассмотрим пример.

1-й шаг. Выбор объекта совершенствования, постановка задачи, определение недостатков исходного объекта.

2-й шаг. Определение синонимов объекта (стул) ими будут кресло, табурет, пуф. Составим гирлянду синонимов: стул – кресло – табурет – пуф.

3-й шаг. Произвольный выбор случайных объектов, не имеющих отношения к решаемой задаче. Например, наобум из головы или из энциклопедического словаря, или, как угодно, по-другому выбирают несколько имен существительных, которые даже не обязательно должны обозначать технические объекты. Из отобранных слов составим вторую гирлянду. Например: электролампочка – решетка – карман – кольцо – цветок – пляж.

4-й шаг. Составление комбинаций из элементов гирлянды синонимов и гирлянды случайных объектов. Например, получим:

стул с электролампочкой, решетчатый стул, стул с карманами, стул для пляжа, электрическое кресло, табурет для цветов и т.д.

5-й шаг. Составление перечня признаков случайно выбранных объектов. Необходимо определить возможно большее количество признаков в течение двух-трех минут. Все признаки удобно свести в таблицу, при этом необходимо как можно шире охватить область поиска признаков, перечисляя как основные, так и второстепенные, и малозначительные.

Таблица

Перечень признаков случайно выбранных объектов

Наименование	Признак
Электролампочка	Стеклянная, свето и теплоизлучающая,
	колбообразная, прозрачная с цоколем.
	с электроконтактами, матовая, цветная
Решетка	Металлическая, пластмассовая,
	плетеная, сварная, кованая, гибкая,
	жесткая, крупная, мелкая, с разными
	ячейками и т.д.
Карман	Передний, боковой, задний, наружный,
	Внутренний, накладной, ложный, с
	молнией, прозрачный.
Кольцо	Металлическое, деревянное,
	пластмассовое, витое, сплошное,
	надувное, эмалированное, с
	гальваническим покрытием, с гербом,
	с орнаментом, с драгоценными
	камнями, с часами, приемником и т.д.
Цветок	Одноцветный, многоцветный,
	душистый, пятнистый,
	колоколообразный,
	поворачивающийся к солнцу, полевой,
	самораскрывающийся, осенний,
	водяной, садовый, балконный, с
	шипами, симметричный,
	искусственный и т.д.
Пляж	Морской, речной, солнечный,
	песчаный, галечный, гладкий,
	бугристый, узкий, длинный, заросший
	и т.д.

6-й шаг. Генерирование идей путем поочередного присоединения к техническому объекту и его синонимам признаков случайно выбранных объектов. Например, присоединяя к гирлянде синонимов стул – кресло – табурет – пуф гирлянды признаков электролампочки можно получить следующее соединение: стеклянный стул, теплоизлучающее кресло, колбообразный пуф, прозрачное кресло, стул с электроконтактами и т.д.

Аналогично образуется перечень новых конструкций при присоединении гирлянды синонимом с другими признаками гирлянды случайных объектов.

7-й шаг. Генерирование гирлянд ассоциаций. Поочередно из признаков случайных объектов, сведенных в таблицу на четвертом шаге, генерируются гирлянды свободных ассоциаций. Так как они могут получиться неограниченной длины, их следует ограничить по времени. Каждый член коллектива занимается составлением гирлянд самостоятельно. Рассмотрим для примера генерирование гирлянды ассоциаций по первому признаку случайного объекта и электролампочки. Этот признак у нас эпитет «стеклянная». Необходимо сначала поставить вопрос, что напоминает слово «стеклянная». Ответ может быть, например, волокно. Далее задастся вопрос: что напоминает слово «волокно»? Кому-то оно напоминает плетение, вязание. Если следовать дальше, то вязание может напомнить бабушку, у которой ревматизм, она его лечит на южном курорте, где жарко и она укрывается от солнца под зонтиком или в тени садовой беседки, где отдыхают в солнечные дни. Солнце может напомнить эллиптические орбиты, по которым движутся планеты и летают космонавты, стать которыми мечтают все дети и т.д. Отсюда гирлянда ассоциаций будет выглядеть следующим образом: стекло – волокно – вязание – бабушка – ревматизм – курорт – юг – жара – тень – зонтик – садовая беседка – солнце – эллипс – орбита – планета – космонавт – дети.

Аналогично создаются гирлянды ассоциаций по всем другим признакам лампочки, а затем генерируются гирлянды и по всем признакам других объектов таблицы.

8-й шаг. Генерирование новых идей. К элементам гирлянды синонимов технического объекта поочередно пытаются присоединить элементы гирлянд ассоциаций. Например, только с использо-

ванием первой гирлянды ассоциаций можно получить: стеклянный стул, кресло из стекловолокна, вязаный пуф, табурет для бабушки, кресло для лечения ревматизма, курортное кресло, кресло от жары, кресло для космонавта и т.д.

На этом шаге осуществляется оценка полученных технических объектов с точки зрения наличия оригинальных и заманчивых. Если таких оказывается мало, то можно продолжить создание гирлянд ассоциаций на основе какого-нибудь нового элемента гирлянд из 6-го шага.

9-й шаг. Оценка и выбор рациональных вариантов идей. Из множества сгенерированных на предыдущих шагах не рациональных, травиальных и даже нелепых идей, как правило, всегда найдутся оригинальные и рациональные. На практике интересные идеи составляют от 2% до 50% из всех выдвинутых. Подмечена такая закономерность, что чем больше найдено оригинальных идей, тем меньше среди них рациональных, т. е. наблюдается их обратно пропорциональная зависимость. Отбор вариантов обычно производят в несколько этапов. Сначала вычеркивают явно нерациональные варианты. Затем отбирают наиболее оригинальные варианты сомнительной полезности, но привлекающие своей неожиданностью. Список этих вариантов целесообразно изучить с привлечением экспертов или творческого коллектива.

В список рациональных решений включают варианты наилучшим образом, отвечающие поставленным целям и требованиям производства.

10-й шаг. Отбор наилучшего варианта из рациональных. Весьма простым и эффектным является метод **экспертных оценок.**

В состав группы экспертов обычно включают конструкторов, технологов, экономистов, психологов, дизайнеров, коммерческих работников, из торговли, потребителей, а в ряде случаев и других специалистов – в области моды, стандартизации, информатики и т.д.

На основе анализа все идеи можно классифицировать по:

– функциональному назначению (кресло для лечения, для загорания и т.д.)

– конструкции объекта (кресло с зонтиком, карманом, встроенным радиоприемником и т.д.)

– технологии изготовления (плетеное кресло, эмалированный стул и т.д.)

– материалу (стеклянный стул, пластмассовое кресло, шерстяной пуф и т.д.)

– форме объекта (чашеобразное кресло, эллипсообразный пуф и т.д.)

– принципу действия (передвижной стул, катапультируемое кресло и т.д.)

– внешнему виду и оформлению (прозрачное кресло, разноцветный пуф и т.п.)

Идеи, классифицированные подобным образом, иногда целесообразно комбинировать, так можно получить эллипсообразное пластмассовое кресло с зонтиком (для пляжа) со встроенными часами и радиоприемником.

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Выбор объекта и описание проблемной ситуации.
3. Поиск оригинальных идей в соответствии с п.2. методики (в отчет вносятся только те случайные объекты, их признаки и элементы гирлянд ассоциаций, на основе которых и были предложены оригинальные идеи на 4-й, 6-м и 8-м шагах).
4. Классификация полученных идей.
5. Комбинирование отдельных идей и описание 2-х – 3-х рациональных предложений.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность метода и область его применения?
2. Что подразумевает «ассоциативное мышление»?
3. Этапы поиска новых решений методом «фокальных объектов...»?
4. Принципы классификации полученных идей?

Практическая работа № 2
МЕТОД АНАЛОГИЙ

1. Теоретическая часть

Термин «аналогия» означает сходство (подобие) предметов по какому-либо признаку, в каких-то свойствах или отношениях. Как метод решения задач, аналогия используется во многих областях знаний (математика, физика, техника и т.д.).

Существует несколько классификаций аналогий. В логике аналогии разделяют на аналогию свойств и аналогию отношений. Аналогия свойств рассматривает сходные объекты, при этом переносимыми признаками являются их свойства (открытие новых месторождений полезных ископаемых в соответствии со свойствами уже известных). При аналогии отношений объекты характеризуются аналогичными отношениями (микро- и макромиры).

Различают строгую, нестрогую и ложную аналогии. При моделировании ответственных процессов в технике, применяют строгую аналогию (при создании термоядерного реактора, вместо гравитационного поля, удерживающего высокотемпературную плазму на Солнце, использовали сильное магнитное поле). Нестрогая аналогия используется при испытании моделей объектов (самолётов, кораблей, мостов, платин и т.п.) с целью получения заключения о возможном поведении их натурных образцов в реальных условиях эксплуатации. Примером ложной аналогии может служить имитация драгоценных камней, копии произведений искусства.

По классификации Г.О. Буша различают функциональную (моделирование в технике функциональных свойств отдельных органов или систем живых организмов), структурную аналогию (сотовые элементы радиаторов и стен по принципу восковых сот, многоярусные высотные башни по аналогии со стеблями растений), аналогию внешней формы (брелки, приманки, куклы, маскировка и т.п.), аналогию материалов (искусственные материалы по образцу естественных, замена дефицитных и дорогостоящих материалов более доступными) и аналогию отношений (масштабирование, моделирование и т.п.).

При использовании синектики (мозговой штурм, проводимый специально обученной группой различных специалистов с активным использованием фантазии), как метода поиска новых технических решений, в процессе нахождения аналогичных ситуаций используются четыре вида аналогий:

– прямая (рассматриваемый объект сравнивается с более или менее аналогичным объектом из другой отрасли техники, или объектом живой природы);

– личная – эмпатия (решающий задачу вживается в образ совершенствуемого объекта, пытаясь выяснить возникающие при этом чувства, ощущения);

– символическая (обобщённая, абстрактная аналогия, при которой осуществляется попытка кратко, в двух словах описать объект с помощью образной, поэтической метафоры или сравнения, например, книга – молчаливый рассказчик, сигарета – медленный убийца).

– фантастическая (задача решается в фантастических условиях, т.е. нужно представить изменяемый объект таким, каким бы его хотелось видеть в идеальных условиях, без учёта реальных ограничений и возможностей. После нахождения решения проблемы в нереальных условиях, необходимо перенести его в реальные и устранить возникающие помехи его реализации известными техническими средствами).

Рассмотренные виды и формы аналогий могут служить руководящим материалом при поиске новых технических решений путём последовательного систематизированного нахождения аналогов в различных областях знаний или исследования объекта в различных условиях.

2. Методика провидения поиска решения технической задачи методом аналогии

1. Общие положения.

Студент выбирает технический объект (ТО) на своё усмотрение, после чего:

– ставит задачу по совершенствованию объекта и описывает проблемную ситуацию;

– ознакомившись с содержанием теоретической части (п.1), выбирает одну или несколько аналогий для использования при поиске

возможных решений поставленной задачи, устраняющих проблемную ситуацию;

– выделяет ту часть объекта, которая не отвечает предъявляемым требованиям и представляет эту часть в виде модели;

– индивидуально или коллективно с использованием выбранных аналогий осуществляет поиск аналогичных решений, отвечающих поставленной задаче;

– выбирает возможные варианты устранения проблемной ситуации;

– наиболее предпочтительный вариант полученной модели проблемной части объекта переделывает так, чтобы обеспечить требуемое действие при выполнении обязательных условий задачи;

– описывает полученный вариант усовершенствованного ТО;

– оформляет отчёт по работе.

3. Пример реализации метода аналогии

В качестве ТО выбираем водосточную трубу.

– Задача заключается в том, что в осеннее – весенний периоды, внутри водосточных труб скапливается лёд, который многократно оттаивая и замерзая, превращается в ледяную пробку. При очередном потеплении эта ледяная пробка, подтаяв от нагревшейся трубы, камнем падает внутри трубы вниз, деформируя и ломая её.

– Для поиска возможных решений задачи выбираем фантастическую аналогию с использованием множества маленьких человечков, которые могут действовать, понимать, принимать решения и т.п.

– Проблемной является внутренняя полость водосточной трубы, т.к. именно в ней намораживается ледяная пробка, которая в холодное зимнее время смерзается с внутренней стенкой трубы, а в период оттепели падает, отделяясь от неё при подтаивании и разрушая целостность трубы. Для моделирования ситуации необходимо, чтобы маленькие человечки, имея руки, органы чувств, мозг и неограниченные возможности их применения, могли исполнять все реальные и фантастические требования управляющего ими человека. Такая модель обладает и достоинствами личной аналогии – эмпатии, при этом не имеет присущих ей недостатков (невозможность применять действия, неприемлемые для человеческого организма, например, растворение в чём-либо, разрезание, дробление и т.п.).

– Представим ледяную пробку в виде кучи маленьких человечков. Проблема возникнет тогда, когда крайние из них отцепятся от стенки трубы при её нагреве солнечными лучами, и все человечки кучей свалятся вниз, разрушая своей массой трубу. Необходимо добиться, чтобы человечки, отцепляясь, падали небольшими группами или поодиночке.

– Возможен вариант, когда самых сильных человечков размещают в центре кучи, при этом сверху они держатся за карниз крыши, а по высоте трубы друг за друга. Все остальные держались бы за них. В этом случае, если крайние человечки отцепятся от трубы, то и они и все остальные будут удерживаться находящимися в центре кучи, а при необходимости постепенно перемещаться вниз, не разрушая, при этом, трубу.

– Заменяя маленьких человечков в центре кучи реальными техническими средствами (верёвка, проволока, цепь), закреплёнными за карниз крыши и размещёнными внутри трубы, можно обеспечить удержание, образовавшейся за зиму, ледяной пробки в подвешенном состоянии, до её полного, постепенно, оттаивания.

– Решение: закрепить на карнизе крыши дома верёвку, проволоку или цепь и опустить её внутрь водосточной трубы.

4. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Выбор объекта совершенствования.
3. Постановка задачи и описание проблемной ситуации.
4. Решение проблемы с использованием различных видов аналогий.
5. Описание принятого решения.

Контрольные вопросы

1. В чём сущность метода аналогии?
2. Строгая, нестрогая и ложная аналогии?
3. Аналогии по классификации Г.О. Буша?
4. Аналогии, используемые в синектике?
5. Этапы поиска решений методом аналогии?

Практическая работа № 3
МЕТОД МОЗГОВОЙ АТАКИ

1. Теоретическая часть

Метод мозговой атаки (МА) представляет собой эмпирически найденные эффективные способы решения творческих задач. Метод мозговой атаки (штурма) «brain-storming» появился в США в конце 30-х годов и стал известен широкому кругу специалистов с выходом в 1948 году книги А. Осборна «Прикладное воображение – принципы и процедуры творческого мышления». Предыстория его создания такова, что потребность в интенсификации поиска нестандартного решения в экстремальной ситуации привела к необходимости организации любой группы лиц в творческий коллектив. Творческий коллектив понимается как общность людей, объединившихся в формальную или неформальную группу для совместного решения творческих задач и производства новых идей.

Сущность МА состоит в том, что процессы «генерирования» идей творческим коллективом и их анализа в группе экспертов, разнесены во времени и пространстве. Высказанная в творческом коллективе одна идея базируется на другой, комбинируется с ней и порождает следующую, в результате возникает поток идей. В творческом коллективе происходит как бы цепная реакция генерирования идей, приводящая к интеллектуальному взрыву. Но, так как творческие идеи с трудом проявляются и высказываются в атмосфере критики, то процессы генерирования идей и их критической оценки разделяются во времени, при их соответствующей организации.

Метод МА рекомендуется для изучения в числе первых и обязательных эвристических методов при обучении студентов и, как показывает практика, достаточно легко и охотно осваивается ими, т.к. не требует специальной подготовки. Необходимо учитывать, что полученные в результате МА идеи имеют чаще всего ценность только как своеобразные заготовки, «затравки» потенциальных технических решений и должны быть подвергнуты дальнейшей проработке, развитию и инженерному анализу.

МА целесообразно использовать:

– при решении изобретательских задач в самых различных областях техники, особенно в недостаточно исследованных (выявление новых направлений решения проблемы);

– при самых различных постановках задачи (по форме, детальности и глубине проработки), а также для поиска новых сфер применения существующих изделий или материалов;

– на различных этапах решения творческой задачи и на различных стадиях разработки и проектирования изделий, в том числе с целью выявления их недостатков;

– в сочетании с другими методами технического творчества.

2. Методика проведения МА

1. Формирование учебной творческой группы.

Целесообразное количество участников в творческой группе от 3...4 до 10...15 человек. Исходя из этого, учебная группа делится на две подгруппы. Первая – «генераторы», только выдвигает (генерирует) идеи, вторая – «эксперты» по окончании работы первой выносит суждение о рациональности выдвинутых идей. При необходимости можно повторить занятие, поменяв участников ролями. Студентов с явно выраженным критическим складом ума нецелесообразно использовать в подгруппе «генераторов идей», т.к. их склонность обращать внимание, прежде всего на недостатки или отрицательные стороны высказанных другими идей, отрицательно сказывается на эффективности ее работы. В идеале творческая группа – это дружная сыгранная команда, члены которой взаимно усиливают друг друга.

2. Формулировка задачи.

Постановка задачи перед творческой группой может иметь самую различную форму и содержание. Преподаватель может поставить учебную задачу (типовую) с учетом специальности, по которой обучается данная группа студентов, а может сформулировать реальную проблемную, исходя из тематики научно-исследовательской работы кафедры.

В любом случае, предварительная краткая формулировка должна отвечать на следующие вопросы:

1. В чем состоит затруднение или проблемная ситуация и какова ее предыстория?

2. Что требуется сделать для устранения проблемной ситуации и что желательно в итоге иметь?

3. Что мешает решению проблемы или достижению цели?

4. Что дает решение проблемы для людей, предприятия или общества?

В учебных целях преподаватель может заранее дать задание одному или группе студентов, исходя из известных правил, сформулировать задачу на рекомендованную тему или на их усмотрение.

Правильная постановка творческой инженерной задачи – это половина ее решения и необходимо относиться к этому этапу с полной ответственностью и серьезностью.

3. Пример предварительной формулировки задачи.

1. При черновой обдирке крупногабаритных заготовок труднообрабатываемых жаропрочных материалов на токарном оборудовании образуется широкая сплошная сливная стружка. Обработка одной заготовки продолжается в течение 1-2 смен. В результате стружка забивает рабочую зону, наматывается на вращающиеся части станка, представляя опасность для станочника, вызывает трудности при ее уборке, транспортировке и переработке.

2. Необходимо обеспечить обработку, отвечающую требованиям техники безопасности и снижающую трудоемкость уборки, транспортировки и переработки отходов.

3. При оптимизации режимных параметров нельзя увеличивать затрачиваемое на обработку время. По этой же причине не желательна частая остановка оборудования для периодической уборки накопившейся стружки.

4. Решение задач позволит улучшить условия обслуживания оборудования, повысить производительность и качество обработки, снизить себестоимость переработки отходов, как в данном конкретном, так и в других аналогичных случаях.

4. Правила для участников МА.

Сеанс МА – это особое психологическое состояние участников, когда думается без волевых усилий, поскольку в атмосфере цепной реакции идей включается самый мощный аппарат творческого мышления – подсознание (интуиция) человека.

Отсюда существуют следующие правила организации работы участников МА.

1. Стремитесь высказать максимальное число идей, отдавайте предпочтение количеству, а не качеству идей и их рациональности. Формулируйте идею как можно короче.

2. Во время сеанса МА абсолютно запрещена критика. Запрещаются: неодобрительные замечания, иронические реплики, скептические оценки, "ядовитые" шутки, жесты и мимика, выражающие отрицательное отношение к высказанной другим идее. Запрет критики позволяет нейтрализовать психологические препятствия, связанные с застенчивостью, боязнью казаться смешным, потерять свое "лицо" во мнении окружающих.

3. Внешне и внутренне принимайте к действию, одобряйте и развивайте все идеи, даже заведомо непрактичные и кажущиеся глупыми. Плохие идеи – это катализаторы, без них не будет хороших. Отдавайте предпочтение не системной логике в мышлении, а озарениям, ассоциациям и безграничной фантазии.

4. Создавайте и поддерживайте в коллективе обстановку раскованности и непринужденности, шутки, каламбуры, юмор, смех способствуют продуктивному мышлению.

5. Стремитесь развивать, комбинировать и улучшать высказанные ранее идеи, получать от них новые ассоциативные варианты.

5. Запись и оформление результатов МА.

Как правило, фиксирование идей, высказываемых участниками МА, производится одним из трех способов:

– обычной записью на листе бумаги или на учебной доске;

– с помощью магнитофона;

– каждый участник после высказывания записывает свою идею, лучше на приготовленную заранее отдельную карточку.

После сеанса, совместно с другой подгруппой «экспертов», проводится редактирование полученного списка идей с полукритическим отношением. При этом отбрасываются наименее приемлемые и абсурдные идеи, а также могут быть усилены и конкретизированы некоторые из отобранных или дополнены новые, возникающие во время редактирования. Все отобранные идеи жела-

тельно разделить на три группы: наиболее приемлемые и легко реализуемые для решаемой задачи, наиболее эффективные и перспективные, прочие.

Можно также выделить «категории» идей, объединяющие несколько идей по каким-либо признакам. Иногда они представляют наибольшую ценность МА.

6. Организация проведения МА.

Общая продолжительность МА составляет 2 учебных часа. Отдельные этапы МА имеют следующие затраты времени:

– формирование подгрупп и ознакомление участников МА с правилами проведения сеанса (5–10 мин.);

– постановка задачи руководителем сеанса МА (преподавателем) с ответами на вопросы (10–15 мин.);

– проведение мозговой атаки (20–30 мин.) с перерывом на 5 мин.;

– составление и редактирование списка идей (30–40 мин.).

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Формулировка задачи.
3. Протокол МА.
4. Классификация идей по группам.
5. Оценка наилучших идей на практическую реализуемость.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность метода прямой мозговой атаки (МА)?
2. Область применения МА?
3. Как формируется творческая группа?
4. Особенности постановки задачи перед творческой группой?
5. Правила для участников МА?
6. Как организуется проведение МА?
7. Как записываются и оформляются результаты МА?

Практическая работа № 4
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. Теоретическая часть

Материальная основа технических объектов (ТО) и технических систем (ТС), их элементы, структура и функции находятся в закономерной связи между собой.

В материальной структуре ТО каждый его элемент и конструктивный признак имеет вполне определенную функцию (назначение), по обеспечению работы ТО.

Построение конструктивной функциональной структуры (КФС) основывается на законе соответствия между функцией и структурой ТО.

КФС представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименования элементов ТО и объектов окружающей среды (ОС), а ребрами – функции элементов.

Для технологических процессов и способов обработки оперативно-режимной структурой называется граф, вершинами которого являются обрабатываемые объекты, а ребрами – элементарные операции с указанием режимов обработки.

Для материалов (веществ) структурой композиций называется граф, вершинами которого являются компоненты, из которых состоит композиция (материал), а ребрами – функции компонентов. КФС в различных формах используются при анализе и изучении отдельных ТО и ТС в целом, при освоении новой техники и ее эксплуатации, в процессе проектирования и конструирования новых изделий и модернизации существующих.

2. Методика проведения анализа технических систем

Студенту выдается задание по анализу выбранного им технического объекта в соответствии с его специальностью. Для определения соответствия выбранного ТО соответствующей специальности студент может использовать перечень типовых ТО, ТС и композиций, приведенных в разделе 4 настоящего методического

указания. Целесообразно выбирать реальные ТО, в том числе являющиеся предметом курсового и дипломного проектирования. Исходным для проведения анализа ТС является наличие у студента описания устройства и принципа функционирования, выбранного ТО, а также, при необходимости, его чертежа или схематического изображения с обозначенными позициями конструктивных элементов.

Работа выполняется в следующей последовательности.

В соответствии с описанием ТО его разделяют на соответствующее число элементов, каждый из которых имеет вполне определенную функцию по обеспечению работы ТО в целом или его отдельных элементов. Предельное детальное разделение ТО возможно до неделимых (в функциональном смысле) элементов.

Одновременно с разделением ТО на элементы выделяют объекты ОС (объекты производства), с которыми рассматриваемый ТО находится в функциональном или вынужденном взаимодействии и которые существенно влияют на его конструкцию. К объектам ОС относятся в первую очередь объекты, воспринимающие действие ТО, а также такие, как подводимая энергия, управляющие сигналы, объекты, на которые действуют отработанные вещества или неблагоприятные излучения и т.п.

Для последовательного описания (в виде таблицы) функций элементов выделяют главные элементы. К главным элементам относятся рабочие органы и другие элементы, которые непосредственно взаимодействуют с предметом обработки и объектами ОС.

При описании функций конкретного элемента целесообразно в скобках указывать обозначения других элементов и объектов ОС, с которыми данный элемент находится в функциональной связи.

Построение КФС начинают с изображения в виде прямоугольников вершин графа, которыми являются наименования элементов ТО и ОС, при этом он представляет собой структуру с многоуровневой иерархией. Объекты ОС составляют верхний горизонтальный уровень графа. Остальные уровни составляются из выделенных в соответствии с описанием ТО функциональных элементов.

После этого строят направленные ребра графа. Ребра выходят из вершин элементов, чьи функции они описывают, и заканчиваются в вершинах – элементах, работу которых они обеспечивают,

или в вершинах-объектах ОС, взаимодействующих с рассматриваемым элементом. Из каждой вершины – элемента выходит столько ребер, сколько функций имеет элемент. В итоге, получают структуру, включающую не только всю совокупность структурных элементов и их функциональную взаимосвязь, но и отражающую объединение всех функциональных элементов в потоки энергии, вещества и информации.

При построении КФС принимают следующие обозначения:

E_0 – главный элемент (если их несколько, то E_{01}, E_{02}...);

E_1, E_2...E_n– остальные элементы ТО;

V_1, V_2...V_n – объекты ОС;

$Ф_0$, $Ф_1$…$Ф_n$ – функции элементов (нумерация индексов соответствует нумерации элементов).

3. Примеры функционального анализа и построения конструктивно-функциональных и операционно-режимных структур

3.1. Построение конструктивно-функциональной структуры

В качестве примера для анализа и построения КФС выбрано устройство для загрузки заготовок, например, к резьбонарезному станку по а.с. № 988524 (рис. 1).

Устройство содержит основание 7, силовой цилиндр 3с толкающим механизмом и направляющий лоток 1. С целью обеспечения загрузки заготовок 13 непрерывным потоком в направляющий лоток 1, толкающий механизм выполнен в виде ползушки 4 с подпружиненными тормозными элементами 5и, смонтированных на ползушке 4, двуплечих рычагов 14, одни концы которых через серьги 2 связаны с корпусом силового цилиндра 3, а вторые – установлены с возможностью контактирования с заготовками 13, при этом шток 6 силового цилиндра 3 выполнен полым и закреплен на основании 7, а направляющий лоток 1размещен внутри штока 6. Основание 7 обеспечивает точное размещение устройства на корпусе 15 резьбонакатного станка. Тормозные элементы 5 ползушки 4 подпружинены упругими элементами 8, усилие которых регулируется резьбовыми пробками 9. Двуплечие рычаги 14 установлены на осях 10ползушки 4и одним концом через оси 11соединены с серьгами 2, которые, в свою очередь, через оси 12 соединены с

корпусом силового цилиндра 3.Рабочей средой, приводящей в действие силовой цилиндр, является сжатый воздух.

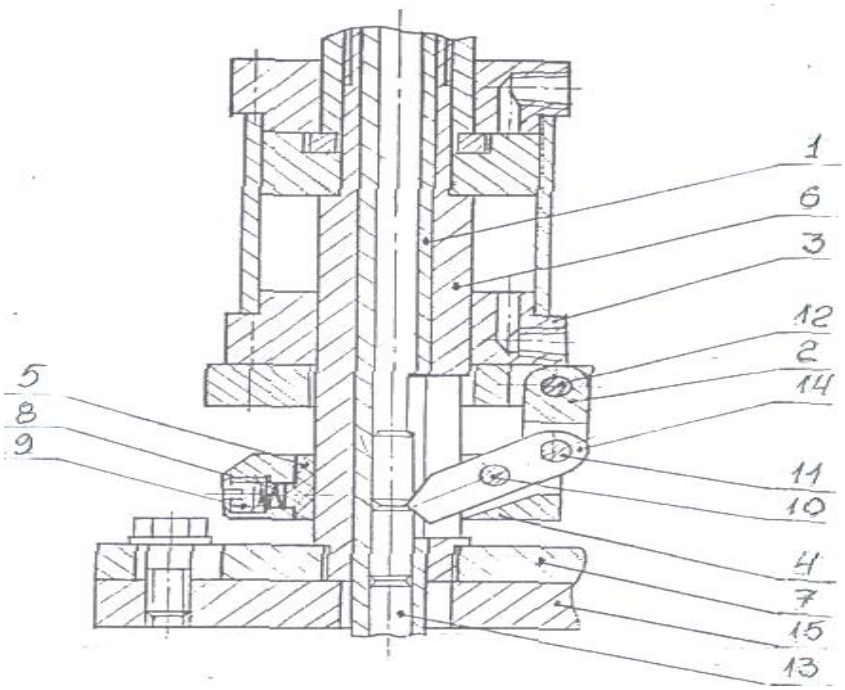


Рис. 1. Эскиз устройства для загрузки заготовок

Начнем анализ ТО с выявления объектов ОС и его главных элементов (ГЭ), при этом необходимо иметь в виду следующее:

– функция ГЭ, как правило, совпадает с функцией, самого ТО;

– ОС для ГЭ, как правило, совпадают с объектами, на которые направлено действие ТО. Полученные результаты сводятся в таблицу 1.

Таблица 1

Элементы ОС и ГЭ

ТО	ОС (V)	ГЭ (E_O)	Функция ГЭ ($Ф_0$)
Устройство для загрузки заготовок	Заготовка (V_1) корпус резьбонакатного станка (V_2) рабочая среда (V_3)	двуплечие рычаги	Подают (загружают) заготовки в рабочую зону резьбонакатного станка

Результаты разделения устройства для загрузки заготовок на элементы и описание функций этих элементов оформляют в таблицу анализа функций (табл. 2).

Таблица 2

Анализ функций устройства для загрузки заготовок

Элемент		Функция	
Обозначение	Наименование	Обозначение	Описание
E_0	двуплечие рычаги	$Ф_0$	подают (загружают) заготовки (V_1) в рабочую зону станка
E_1	направляющий лоток	$Ф_1$	направляет заготовки (V_1) в зону обработки
E_2	Серьги	$Ф_2$	передают рабочее усилие на двуплечные рычаги (E_0) через оси (E_{11})
E_3	Силовой цилиндр	$Ф_3'$ $Ф_3''$	преобразует энергию рабочей среды (V_1) в рабочее усилие передает рабочее усилие на серьги (E_2) через оси (E_{12})
E_4	ползушка	$Ф_4'$ $Ф_4''$ $Ф_4'''$ $Ф_4''''$	несет упругие элементы (E_8), пробки (E_9), оси (E_{10}), тормозные элементы (E_5)
E_5	тормозные элементы	$Ф_5$	тормозят перемещение ползушки (E_4)
E_6	Шток	$Ф_6'$ $Ф_6''$ $Ф_6'''$	размещает внутри себя лоток (E_1) несет на себе силовой цилиндр (E_3) обеспечивает работу тормозного элемента (E_5)
E_7	основание	$Ф_7'$ $Ф_7''$	размещает на себе шток (E_6) обеспечивает точное положение относительно корпуса (V_2) резьбонакатного станка загрузочного устройства
E_8	упругие элементы	$Ф_8$	создают усилие на тормозных элементах (E_5)
E_9	резьбовые пробки	$Ф_9$	регулируют усилие упругих элементов (E_8)
E_{10}	оси ползушки	$Ф_{10}$	обеспечивают поворот двуплечих рычагов (E_0) в пазах ползушек (E_4) для передачи усилия на заготовки
E_{11}	оси серег	$Ф_{11}$	обеспечивают подвижное соединение двуплечих рычагов (E_0) с серьгами (E_2) при передаче рабочего усилия
E_{12}	оси корпуса силового цилиндра	$Ф_{12}$	обеспечивают подвижное соединение серег (E_2) с корпусом силового цилиндра (E_3) при передаче рабочего усилия

4. Перечень примеров типовых ТО, ТС и композиций

«Металлорежущий станок», «Шпиндельный узел металлорежущего станка», «Подшипниковый узел», «Подающая цанга», «Зажимное устройство», «Муфта», «Дифференциал», «Вращающийся центр», «Металлорежущий инструмент», «Резцовая вставка», «Резец с механическим креплением режущей пластины», «Инструментальный патрон», «Эжекторное сверло», «Метчик», «Способ кинематического дробления стружки», «Способ токарной обработки», «Способ нанесения износостойких покрытий», «Способ восстановления деталей», «Способ заточки инструмента», «Способ установки и базирования деталей», «Смазочно-охлаждающая технологическая среда», «Абразивный материал», «Инструментальный материал», «Износостойкое покрытие» и т.д. (см. рис. 2).

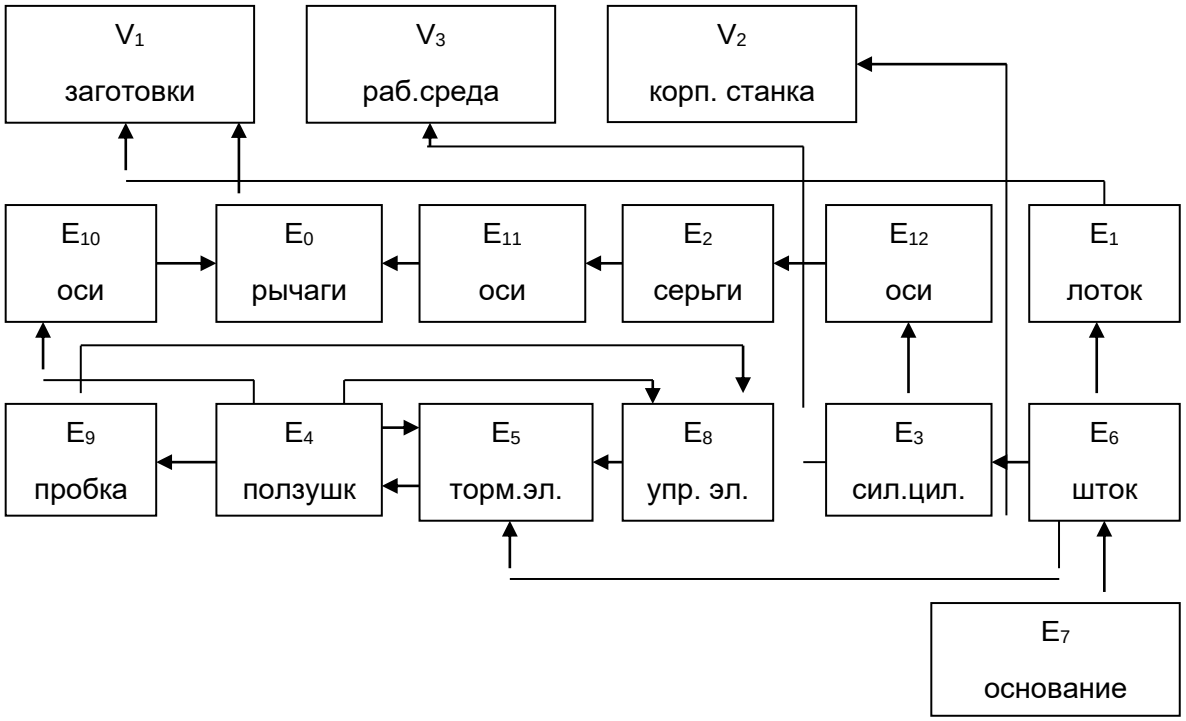


Рис. 2. Граф конструктивно-функциональной структуры

5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Изображение эскиза рассматриваемой ТС.
3. Описание рассматриваемой ТС в соответствии с ее эскизом.
4. Таблица элементов ОС и ГЭ.

5. Таблица анализа функций элементов ТС.
6. Граф функциональной структуры ТС.
7. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что относится к объектам ОС для данной ТС?
2. Что относится к главным элементам рассматриваемой ТС?
3. Определите наиболее функционально насыщенные элементы рассматриваемой ТО.
4. Определите элементы ТС выполняющие второстепенные функции.
5. Приведите пример использования другого по виду ТО или элемента, выполняющего функцию, аналогичную вашему ТО или его отдельному элементу.
6. Какой главный технический показатель определяет эффективность работы рассматриваемого ТО?

Практическая работа № 5
ИДЕАЛЬНЫЙ КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ И ЕГО ФОРМУЛИРОВАНИЕ

1. Теоретическая часть

Техническая система (ТС) после своего возникновения развивается на количественном уровне путём совершенствования её элементов (подсистем) и оптимизации их параметров. На этом эволюционном этапе возникающие противоречия обычно разрешаются несложными преобразованиями, и лишь после того, как оптимизационные ресурсы исчерпаны, может произойти качественный скачок к принципиально новой ТС.

Совершенствование ТС происходит целенаправленно, разработчик старается так её изменить, чтобы максимально приблизиться к результату, который он хочет получить.

Цель разработчика – улучшение каких-либо качеств ТС или устранение её недостатков без введения дополнительных элементов (подсистем), т.е. с наименьшими затратами. Для достижения этой цели необходимо сформулировать так называемый идеальный конечный результат (ИКР) и ориентироваться на него.

Идеальный конечный результат – это решение задачи таким способом, чтобы получить желаемый результат без введения в систему дополнительных компонентов, а путём преобразования уже существующих компонентов и/или связей между ними**.** По определению С.В. Кукалева**,** ИКР – это предварительная модель будущего решения задачи, в которой пространство поиска ресурса, обеспечивающего выполнение проблемной функции, сужено до границ этой функции. По утверждению Г.С. Альтшуллера: «Переход к ИКР отсекает все решения низших уровней, отсекает без перебора, сразу. Остаются те варианты, которые близки к ИКР и потому могут оказаться сильными. Дальнейший отсев вариантов происходит при формулировании физического противоречия».

2. Методика формулирования идеального конечного результата

Человек при решении изобретательской задачи мыслит по следующему алгоритму: «конкретная ТС – абстрактная модель ТС – конкретное решение задачи», т.е. задача, которая относится к какому-то реальному объекту, трансформируется сознанием в абстрактную модель. Практика показывает, что самый сложный переход – третий. Он часто осуществляется не на основе формализованной методики, а за счёт инженерных знаний, смекалки, творческого воображения и интуиции. За один цикл переходов можно решить сравнительно простые задачи. Более же сложные задачи требуют их рассмотрения с разных сторон, их представления в виде разных моделей, преобразование которых в модель решения осуществляются различными методами.

Для формулирования ИКР конкретной ТС необходимо осуществить следующее:

– описать устройство и принцип действия конкретной ТС;

– построить структурно-функциональную модель ТС;

– описать проблемную ситуацию (в виде предварительной формулировки задачи) с выделением конфликтующих элементов ТС;

– сформулировать и проанализировать событие с выделением носителя действия, которое изменяет параметры потока энергии, вещества, информации и приводит к проблемной ситуации;

– сформулировать ИКР.

3. Пример формулирования идеального конечного результата

3.1. Описание устройства и принципа действия конкретной ТС

В качестве конкретной ТС выберем способ многорезцового точения поверхностей вращения. В массовом высокопроизводительном автоматизированном производстве на черновых операциях наиболее часто используется модель схемы резания (рис. 1), которую можно считать традиционной, когда большой неравномерный припуск удаляется за один проход, часто с разделением между несколькими черновыми и формообразующими резцами или по глубине, или по подаче.

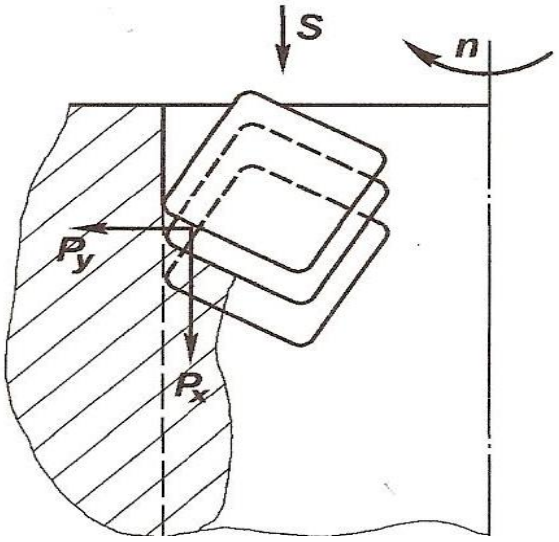


Рис. 1. Модель схемы резания

3.2. Построение структурно-функциональной модели ТС

Проведя анализ представленной на рисунке 1 модели схемы резания и выделив функциональные элементы надситемы и самой ТС, построим её структурно-функциональную модель (рис. 2).

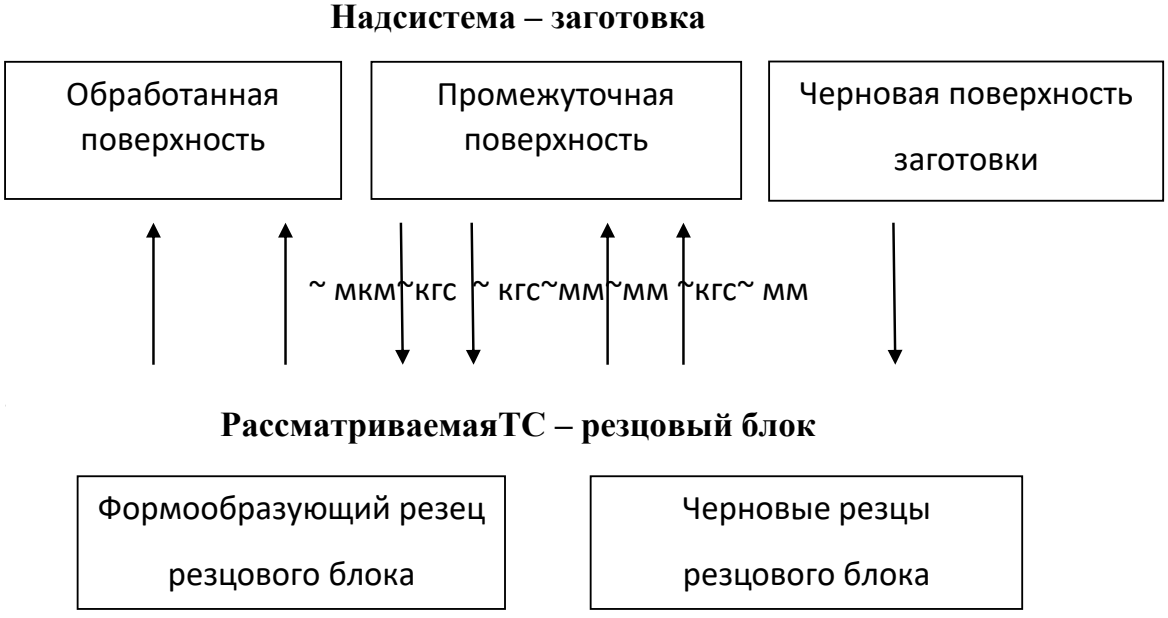


Рис. 2. Структурно-функциональная модель

3.3. Описание проблемной ситуации (в виде предварительной формулировки задачи) с выделением конфликтующих элементов ТС

Представленные на рисунке 1 модель схемы резания и на рисунке 2 структурно-функциональная модель ТС обладают рядом недостатков:

– Низкая точность обработки поверхности заготовки на черновой операции.

– Определяющее влияние больших переменных сил резания на точность обработанной поверхности из-за копирования исходных погрешностей черновой поверхности заготовки.

– Увеличение припуска для введения дополнительных переходов на предварительных операциях обработки поверхности заготовки.

3.4. Формулирование и анализ события

При удалении большого неравномерного припуска (~ мм) с черновой поверхности заготовки возникает силовой поток, характеризующийся значительными по величине, переменными силами резания «*F*» (~ кгс), которые приводят к упругим деформациям «у» (~ мкм) элементов ТС. Переменные силы резания вызывают колебания элементов ТС (в частности. формообразующего резца резцового блока), которые копируются на промежуточную, а затем и на обработанную поверхность заготовки, что приводит к снижению точности её обработки. Это событие можно описать формулой:

$$J = F / 10y, \text{ Н/мкм},$$

где J – жёсткость ТС;

F – сила резания;

у – величина упругой деформации.

Т.к. жёсткость ТС – величина постоянная, то значение и изменение величины упругой деформации «у» пропорционально значению и изменению силы резания «*F*», зависящей, в свою очередь, от величины и неравномерности припуска на обработку черновой поверхности. Таким образом, упругая деформация «у» копируется

формообразующим резцом, как носителем действия, и переносится на обрабатываемую поверхность заготовки, снижая её точность.

3.5. Формулирование ИКР.

Так как носителем действия по формированию параметров точности обрабатываемой поверхности является формообразующий резец, то идеальный конечный результат будет заключаться в том, что формообразующий резец сам, независимо от черновых резцов ТС, будет формировать требуемые параметры точности обрабатываемой поверхности заготовки.

4.Содержание отчета

4.1 Цель работы.

4.2 Выбор конкретной ТС.

4.3 Изображение эскиза рассматриваемой ТС.

4.4 Описание рассматриваемой ТС в соответствии с ее эскизом.

4.5 Модель функциональной структуры ТС

4.6 Описание проблемной ситуации (в виде предварительной формулировки задачи) с выделением конфликтующих элементов ТС.

4.7 Формулирование и анализ события с выделением носителя действия, которое изменяет параметры потока энергии, вещества, информации и приводит к проблемной ситуации.

4.8 Формулировка ИКР.

4.9 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под идеальным конечным результатом?
2. Что понимается под структурно-функциональной моделью ТС?
3. Что понимается под конфликтующими элементами модели ТС и носителем действия?
4. Что включает в себя формулировка ИКР?

Практическая работа № 6
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. Теоретическая часть

Известно, что в инженерной деятельности существует определённый разрыв между знаниями в физике и их практическим использованием в технике. Задача заключается в том, чтобы создать эффективную связь между достижениями мирового естествознания и их техническим приложением.

Данный метод базируется на методологических принципах анализа технических систем, разработанных Р. Коллером.

Любая техническая система (ТС) характеризуется наличием в ней организованных потоков энергии, вещества или информации (сигналов). По наличию этих характерных потоков все ТС можно разделить на 3 класса:

– машины, характеризуются потоками и преобразованием энергии;

– аппараты, характеризуются потоками и преобразованием вещества;

– приборы, характеризуются потоками и переработкой информации (сигналов).

В современных сложных ТС присутствуют, как правило, два или три указанных вида потока одновременно.

В ТС могут изменяться только свойства и состояния потоков энергии, вещества и информации.

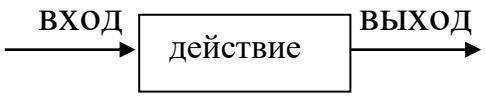
Изменение свойства связано с изменением единицы измерения физической величины и является качественным изменением.

Изменение состояния связано с изменением числового значения (количества) физической величины и является количественным изменением.

Сложные процессы изменений в ТС свойств и состояний потоков можно свести к конечному числу элементарных функций или основных операций.

Все потоки или процессы преобразования энергии, вещества и информации можно свести к определённым физическим, химическим, биологическим эффектам и явлениям, которые и реализуют элементарные функции.

Под элементарной функцией понимается описание того, какая физическая величина, благодаря какому процессу (действию), в какую другую физическую величину должна быть преобразована. Описание элементарной функции содержит 3 компонента: «что», «как», «во что» преобразуется. ТС можно представить в виде так называемого «черного ящика» с входами и выходами. Сам «ящик» играет роль процессора, преобразующего входы в выходы. В физическом аспекте входы и выходы представляют собой полезные или избыточные (вредные) параметры потоков энергии, вещества и информации.



В процессе преобразования «входа» в «выход» изменяется либо числовое значение физической величины (происходит количественное преобразование), либо размерность физической величины (происходит качественное преобразование).

При большом разнообразии «входов» и «выходов» элементарных функций различных ТС, разнообразие операций («действий») несоизмеримо меньше.

Исключив описание элементарной функции (т.е. «входов» и «выходов»), получим основную операцию («действие») и наоборот, если в основной операции опишем «вход» и «выход» в виде свойств и состояний определённых видов энергии, вещества или сигнала, то получим описание некоторой элементарной функции.

Любую ТС и её элементы по Коллеру можно выразить или описать через 14 пар основных операций, связанных свойствами инверсии действий, т.е. они являются противоположными друг другу.

2. Методика проведения функционально-физического анализа ТС

Студенту выдаётся задание по анализу и совершенствованию выбранного им технического объекта (ТО).

Суть работы состоит в углублённом изучении конструкции и структуры элементов ТО, их функциональной взаимосвязи, характера передаваемых элементами ТО и преобразуемых в нём потоков энергии, вещества и информации (сигналов), с их описанием в виде «входов» и «выходов». При этом необходимо понять и уточнить следующее:

– из каких элементов состоит ТО;

– какие функции выполняет каждый элемент ТО;

– в чём заключается проблемная ситуация;

– какие потоки (вещество, энергия или информация) преобразуется при функционировании каждого элемента ТО (описать «действие»);

– какой единицей измерения характеризуются потоки на «входе» и «выходе» (приложение 4);

– какой основной операцией (Коллера) можно выразить «действие» (функцию) элемента ТО;

– на основе какого физико-технического эффекта (ФТЭ) реализуется функция («действие») каждого элемента ТО (дать математическое описание физико-технического эффекта);

– какими недостатками характеризуется реализуемый каждым элементом физико-технический эффект.

Все полученные данные анализа сводятся в таблицу, после чего на бальной основе осуществляется, исходя из выявленных недостатков, оценка эффективности реализуемых физико-технических эффектов по реализации функций элементов ТО.

Конструктивный элемент(ы) ТО, имеющие худшие оценочные показатели выбираются для дальнейшего совершенствования на основе количественных изменений параметров реализуемого физико-технического эффекта или его качественного преобразования (замена одного ФТЭ на другой из соответствующего фонда ФТЭ).

3. Пример функционально-физического анализа технологической системы

В качестве примера ТС, для её функционально-физического анализа, выберем схему удаления припуска на операции чернового растачивания отверстия цилиндрической заготовки (рис. 1).

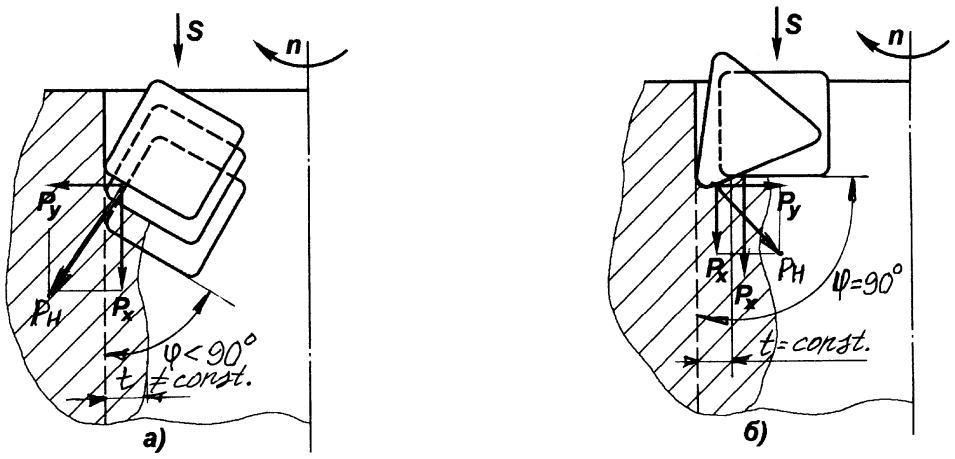


Рис. 1. Схема удаления припуска на операции чернового растачивания отверстия цилиндрической заготовки

В массовом высокопроизводительном автоматизированном производстве наиболее часто на черновых операциях используется схема резания (рис. 1а), которую можно считать традиционной, когда большой неравномерный припуск удаляется за один проход, часто с разделением между несколькими резцами или по глубине, или по подаче. Эта схема имеет ряд недостатков:

– определяющее влияние сил резания на точность обработки;

– увеличенный допуск на размер обрабатываемой поверхности;

– дополнительные операции (переходы) на предварительном этапе обработки неточной заготовки.

Выявив участвующие в процессе резания элементы и определив их функции, построим граф операционно-режимной структуры (рис. 2).

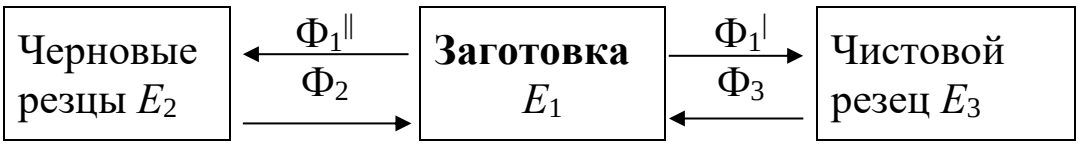


Рис. 2. Граф операционно-режимной структуры

Результаты анализа графа операционно-режимной структуры процесса резания по схеме (рис. 1а) сведём в таблицу.

Таблица

Анализа графа операционно-режимной структуры процесса резания по схеме

N п/п	Название элемента и его обозначение	Функция элемента и его обозначение	Вход	Действие	Выход	Основная операция (Коллера)	Физико-технический эффект (ФТЭ)	Недостаток реализации ФТЭ	Оценка
			Элементарная ф – я						
1	Заготовка (E_1)	Имеет припуск, удаляемый резанием ($Ф_1$)	ММ КГС	Неравномерный и большой припуск вызывает колебания сил и смещения в упругой системе	ММ КГС	Уменьшение – увеличение; Колебание	$j=P_y/Y$	Колебание силы из-за неравномерности припуска через упругую систему. Снижает точность обработки	4
2	Черновые резцы (E_2)	Срезают часть припуска ($Ф_2$)	КГС	Упруго деформируют заготовку переменными силами резания при колебании припуска	КГС	Уменьшение – увеличение; Колебание	$P_y=P_H \cdot \sin\varphi$ $P_H=k \cdot t \cdot s$	Величина силы резания зависит от главного угла в плане “φ”, а её колебание от переменной глубины резания “t”.	2
3	Чистовой резец (E_3)		КГС		КГС	Уменьшение – увеличение; Колебание	$P_y=P_H \cdot \sin\varphi$ $P_H=k \cdot t \cdot s$		2

Количественный анализ реализуемых при резании ФТЭ показал, что возможна альтернативная схема резания с разделением припуска между резцами и по подаче, и по глубине, при этом, формообразующий (чистовой) резец работает с опережающим врезанием при постоянных и оптимальных глубине и силе резания (t и P_y – const), а черновой резец, срезая оставшуюся переменную часть припуска, не может влиять на точность обработки. Его главный угол в плане должен быть равен 90˚, а вершина, по условию наладки, зависая в предварительно прорезанной чистовым резцом торцевой канавке, не касается обработанной поверхности, что исключает:

– возникновение в процессе работы чернового резца радиальной составляющей силы резания P_y;

– влияние переменной по величине главной составляющей силы резания P_z на точность обработки.

Из анализа графа операционно-режимной структуры (рис. 2) и альтернативной схемы резания (рис. 3) следует, что использование альтернативной схемы резания может обеспечить:

– значительное снижение влияние сил резания (P_y и P_z) через упругую систему (станок – приспособление – заготовка – инструмент) на точность операций черновой обработки;

– уменьшение допуска на размер обрабатываемой поверхности;

– сокращение числа операций (переходов) в структуре технологического процесса механообработки.

В то же время, альтернативная схема резания (рис. 3), не снижая производительности обработки, требует:

– дополнительного количества режущего инструмента;

– специальной настройки режущего инструмента на обработку поверхности.



Рис. 3. Альтернативная схема резания

4. Содержание отчёта

4.1. Выбор и краткое описание объекта ТС для функционально-физического анализа.

4.2. Описание проблемной ситуации.

4.3. Построение конструктивно- функциональной или операционно-режимной структуры (графа) объекта ТС.

4.4. Составление таблицы по итогам функционально-физического анализа графа.

4.5. Пример совершенствования ТС в виде эскиза, её краткое описание и построение (в случае изменения) соответствующего графа, а также оценка возможности

Контрольные вопросы

1. Сущность метода функционально-физического анализа ТС?
2. Что понимается под элементарной функцией?
3. Что понимается под основной операцией?
4. На основе чего осуществляется совершенствование ТС после его анализа?

ПРИМЕРЫ, ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

Перед тем, как приступить к самостоятельному решению технических задач, приведем несколько примеров задач, на которых можно проиллюстрировать применение различных принципов, методов и приемов ТРИЗ.

Примеры решения задач

1. ***Задача усовершенствования роликового конвейера для проката стеклянной ленты.*** Передвигаясь по конвейеру, лента выравнивается, охлаждается и застывает. Качество поверхности зависит от расстояния между соседними роликами, т.е. от диаметра роликов. Чтобы получить гладкую поверхность, нужны ролики возможно меньшего диаметра, вплотную придвинутые друг к другу. Но чем меньше диаметр роликов, тем сложнее и дороже конвейер, тем больше хлопот с его налаживанием, эксплуатацией, ремонтом.

Противоречие: ролики должны быть маленькими, чтобы получать гладкую поверхность, но ролики не должны быть маленькими, чтобы не увеличивать затраты по их обслуживанию.

Долгое время, это противоречие пытались сгладить путем компромисса: диаметр роликов сохраняли довольно большим, лист получался волнистым, потом его дополнительно полировали.

ИКР: роликов нет, а их функция выполняется.

Вот как передает Г.С. Альтшуллер процесс поиска устранения противоречия и нахождения решения: «Ролики должны быть как можно меньше...Тогда стекло будет гладким... Но самые маленькие ролики – это молекулы. Или лучше – атомы. Атомы! Вот решение задачи: стекло должно катиться на атомах. Атомы дешевы, не ломаются, дадут идеально ровную поверхность... Куча атомов-шариков... Расплавленный металл – вот, что вам нужно! Ванна с расплавленным металлом, а по поверхности скользит стекло. Конвейера в прежнем понимании не надо вообще. Идеальные ролики – это когда роликов нет».

К решению этой задачи могли привести и ТРИЗ-овские приемы, например увеличение степени дискретности (раздробленности) техническим систем. Эта задача могла быть решена и с помощью других приемов, например, синектических.

2. Австрийский музей решил купить во Франции картину известного художника. Подлинность ее была подтверждена группой компетентных экспертов. В их присутствии нотариус поставил на обратной стороне холста печать, удостоверяющую подлинность картины. В австрийском музее, куда со всеми предосторожностями она была доставлена, провели повторную экспертизу. Оказалось, что картина – подделка. Как это могло случиться? Не вызывает сомнений, что группа французских экспертов правильно установила, что картина – подлинник. Нотариус тут же поставил печать. И печать, как установили в Австрии, оказалась настоящей. Каким же образом картина оказалась поддельной?

Умберто Ломбарди, известный художник и бывший директор художественной галереи, придумал трюк, получивший впоследствии название «двойного полотна». В раме были две картины: снаружи – подлинная, а под ней – копия. Эксперты видели только подлинник. Нотариус же ставил печать на обратную сторону копии.

К такому криминальному «изобретению» и его раскрытию можно было бы прийти, используя такие приемы ТРИЗ, как «дробление», «сделать заранее», «посредник», «копирование».

3. Технология разделки древесины на фабрике предполагает «ножевой» способ резания, который заменять другим (например, пильным), нельзя. Однако возникает проблема: толстый нож преодолевает большое сопротивление резания, но портит древесину, вызывая сколы и трещины, выдергивая волокна. Чем тоньше нож, тем меньше повреждения, но тонкий нож не выдерживает усилий, необходимых для резания. Противоречие: нож должен быть толстым, чтобы не ломаться, и нож должен быть тонким, чтобы не портить древесину. Используя прием «дробление», можно прийти к решению, которое заключается в замене одного толстого лезвия на два тонких, соединенных поперечными стойками.

4. В одном итальянском музее была похищена ценная ваза. Вывезти ее за пределы страны без документов невозможно. Но ваза была вывезена, причем по настоящим документам. Как это удалось осуществить?

Решение задачи – в использовании приемов «посредник» и «копирование». Преступники изготовили копию вазы, вполне законно получили документы на ввоз ее в Италию якобы для реставрации, а через некоторое время вывезли подлинную вазу как отреставрированную копию по тем же документам.

Аналогичные приемы использовал мошенник Карбофос для вывоза ценного слона в культовом мультфильме «Следствие ведут Колобки».

5. Администрация супермаркета столкнулась с проблемой воровства продуктовых тележек из магазина (после выгрузки покупок в автомобиль, покупатели заталкивает в авто и саму тележку).

При постановке задачи администрация сформулировала ряд ограничений на решение:

– принцип доставки покупок к автомобилю на стоянке с помощью тележек должен быть сохранен;

– введение новых систем покупки товаров недопустимо;

– увеличение штата сотрудников для наблюдения за покупателями недопустимо;

– залог за тележку брать нельзя.

Первоначальная формулировка задачи: как сделать так, чтобы тележка была «привязана» к магазину (по аналогии с тем, как колесо или раму велосипеда закрепляют тросом или цепью к дереву, столбу и т.п.).

Противоречие: тележка должна иметь «привязь», чтобы ее нельзя было украсть, и тележка не должна иметь «привязь», чтобы ее можно было удобно перемещать.

ИКР1: Тележка сама предотвращает воровство, сама не дает себя украсть.

ИКР2: Покупатели сами не могут украсть тележку.

ИКР3: Покупатели сами не хотят красть тележку.

В результате развития вариантов ИКР возникли следующие «протоидеи»:

- При подъеме тележка превращается в «неподъемную».
- При перевороте тележка превращается в «непереворачиваемую».
- При погрузке в автомобиль тележка превращается в «незаталкиваемую».
- При закрытии крышки багажника тележка превращается в «негабаритную».
- При движении автомобиля тележка превращается в «нетранспортируемую».
- При выезде автомобиля за пределы парковки тележка превращается в «нескрываемую» (сигнал).

Решение: к краю тележки жестко прикрепить металлический штырь, не препятствующий движению тележки по магазину и стоянке, но препятствующий ее размещению в багажнике автомобиля.

6. Задача Робинзона. В известном романе английского писателя Д. Дефо «Робинзон Крузо» (1719 г.) описано, как в течение многих месяцев Робинзон выдалбливал лодку из огромного дерева, чтобы покинуть необитаемый остров. Но лодка оказалась слишком тяжелой, и перетащить к морю Робинзон ее не смог. Он попробовал «сделать наоборот» – подвести море к лодке, прорыв канал, но и эта попытка оказалась безуспешной.

Эта проблемная ситуация была признана Британской академией наук «нерешаемой». В 1986 г. Центральное телевидение СССР подготовило передачу, во время которой 6 команд в составе ведущих и квалифицированных специалистов в разных областях техники пытались решить эту задачу методом мозгового штурма. Было предложено довольно много идей, но ни одна из них не выводила на решение, которое было бы очевидно подходящим.

Можно предложить решение этой задачи с использованием ТРИЗ. Робинзону нужна большая и прочная лодка, чтобы можно было плыть по морю. Большая лодка, сделанная из дерева, всегда будет тяжелой. Противоречие: лодка должна быть тяжелой, когда она будет в море, и лодка не должна быть тяжелой во время перемещения к морю. Исходной идеей разрешения противоречия стало катить лодку, а не тащить (на это понадобится гораздо меньше усилий). В процессе мозгового штурма также была предложена

идея поставить лодку на катки, но эта идея не получила развития. Как можно поднять лодку, которая весит несколько тонн, чтобы подставить под нее катки? Нужен подъемный кран. Но откуда он в XIX в., да еще на необитаемом острове? ИКР для такой задачи: подъемный кран отсутствует, но его функции выполняются. «Лодка сама поднимает себя». Ресурс: сила тяжести. Принцип многоэкранности: лодку рассматриваем одновременно и как средство подъема (лодка тяжелая, значит она может выступать в качестве подъемной силы) и как объект приложения этой силы (лодку саму нужно поднимать). Как лодка может поднять сама себя? Это кажется невозможным, как Мюнхгаузен, вытащивший сам себя за волосы. Прием: дробление. Лодка мысленно разделяется на две части: нос и корма. Корма рассматривается в качестве силы, нос – в качестве объекта. Чтобы нос поднялся, корма должна опуститься. Под кормой выкапывается яма, при этом земля выбрасывается на корму лодки, чтобы сместить центр тяжести, что позволит меньше копать. Когда носовая часть лодки поднимется достаточно, подставляются катки, удаляется земля из лодки, и лодка сама опускается на подставленные катки. Решение задачи найдено.

Задачи и упражнения для самопроверки

Задача № 1. Что отдаст больше теплоты, грелка с водой или мешочек с песком того же размера и температуры?

Задача № 2. Как получить длинную (10–20 метров) ленту бересты?

Задача № 3. Можно ли слить в один стакан синие и красные чернила так, чтобы они не смешались?

Задача № 4. Можно ли определить диаметр тонкой проволоки имея тетрадь “в клетку” и карандаш?

Задача № 5. В высокотемпературных печах довольно быстро выгорает футеровка. Футеровка дорогая и преждевременная ее замена не желательна. С другой стороны, прорыв горячего металла еще более опасен. Что делать?

Задача № 6. Вам надо сделать самозакрывающуюся дверь. Как быть? Найдите ресурс, предложите несколько решений.

Задача № 7. Предложите абсолютно безопасный бассейн для не умеющих плавать.

Задача № 8. Как определить место прокола в велосипедной камере, в болотном сапоге?

Задача № 9. Зарыли трубу диаметром 20 см и забыли пропустить через нее кабель. Как быть?

Задача № 10. Как определить толщину одного листа в книге с помощью одной линейки?

Задача № 11. При создании стратостата Огюст Пикар столкнулся со следующей трудностью. Чтобы набрать высоту надо сбрасывать балласт (свинцовую дробь). Открывать люк герметичной кабины нельзя, так как вытечет воздух. Как быть? Рассмотрите два случая: балласт находится внутри и снаружи кабины.

Аналогичная задача встает и перед укротителем тигров. Как ему выйти из клетки с тиграми и не выпустить зверей наружу?

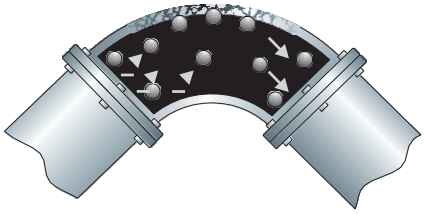
Задача № 12. Как предупредить сгибание гвоздей при их забивании в твердые породы дерева?

Задача № 13. Кронштадтская задача Петра Первого. Завоевав устье Невы, Петр 1 решил на острове Котлин в Финском заливе построить большой порт. Понадобились сухие доки для ремонта и строительства кораблей. Док представляет собой камеру на берегу в которую вводят корабль, затвор закрывают, воду откачивают, а судно садится на опоры и его ремонтируют. Это сухой док. Плавучий док представляет собой понтон, который сначала притопляют, вводят корабль, а потом откачивают воду и док с кораблем всплывает. Петр был человек горячий, строить плавучие доки ему было некогда, да и откачивать ручными насосами огромные массы воды

ему тоже не терпелось. Как быть? Выпив несколько штофов, а может быть и десятков штофов, он со своими сподвижниками решил эту задачу. Достаточно было ввести корабли и закрыть затворы. Все остальное делалось по ТРИЗ само. Предложите Ваше решение.

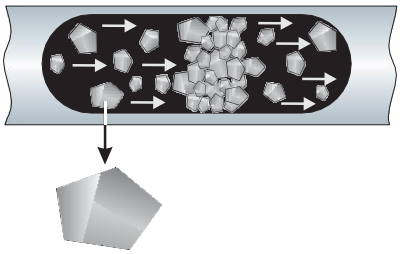
Задача № 14

На заводе есть труба, по которой перемещаются стальные шарики. В месте изгиба трубы они сильно её истирают. Приходится часто заменять изгиб трубы, что неудобно. Как быть?



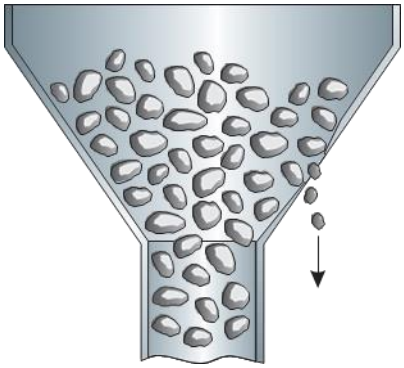
Задача № 15

На тепловых электростанциях применяют так называемые 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 твёрдых частиц. Как быть?



Задача № 16

На горнодобывающем предприятии руда быстро истирает стенки бункера. Как быть?



Задача № 17

На заводе пластмассовых игрушек возникла проблема – надо сделать ежа с длинными иголками. При отливке в пресс-форме иголки обрывались. Что делать? Плохо выполняет свою функцию и пластмасса, и пресс-форма. Разрабатывать новую пластмассу и пресс-форму дорого. В жидкую пластмассу решили добавить железные опилки, а потом вытянуть их в магнитном поле. Сформулируйте противоречие и назовите использованные приемы.

Задача № 18

Какое противоречие разрешили инженеры, сделав автобус, состоящий из двух подвижных друг относительно друга частей ("гармошку")?

Задача № 19

Александр Македонский объединил разрозненных воинов в тесно сомкнутые линейные построения – фаланги, сделав их по тем временам непобедимыми. Какой прием использовал Александр Македонский?

Задача № 20

Для обработки однотипных деталей, например, линз, их объединяют в блоки и совместно обрабатывают. Этот же принцип используют при транспортировке, например, пачек стекол, кирпичей… Как называется этот принцип?

Упражнение № 1

Сформулируйте ГФ для следующих технических систем:

- шариковая ручка;
- колесо телеги;
- броня танка;
- кулинарный молоток для отбивания мяса.

Упражнение № 2

1. Перечислите несколько возможных дополнительных функций ТС «шариковая ручка».
2. Найдите несколько возможных латентных функций ТС «воздушный шар».

Упражнение № 3

1. Перечислите подсистемы крепёжного устройства «винт с гайкой».

2. Перечислите основные подсистемы самолёта. Составьте его структурную схему.

3. Перечислите надсистемы самолёта в различные периоды его жизненного цикла: разработка нового самолёта, испытания, хранение, взлёт, полёт и посадка.

Упражнение № 4

Дана изобретательская ситуация: «После праздника несколько надувных шариков оказалось под потолком конференц-зала гостиницы. К началу следующего мероприятия шарики нужно убрать. Но лестницу подходящей длины взять негде. Использовать пожарную машину с длинной лестницей нежелательно – машина не попадёт в зал, кроме того, её приезд может потревожить постояльцев гостиницы. Что делать?»

Рассмотрите эту ситуацию. Сформулируйте несколько изобретательских задач на основе этой ИС с разной формулировкой НЭ. Какую задачу (какие задачи) из сформулированных вами вы считаете мини-задачей?

Упражнение № 5

Человек, который собирает в лесу ягоды, вынужден наклоняться за каждой ягодкой. Это может привести к повышению внутричерепного давления. Какие изобретательские задачи вы можете предложить для решения в рамках этой изобретательской ситуации?

Упражнение № 6

Постройте причинно-следственные цепочки для описанных ниже ИС. Цепочки постройте как внутрь системы, так и в надсистему.

Изобретательские ситуации:

- Если не закрывать бутылочку с лаком для ногтей, то лак быстро густеет. Наносить его становится неудобно.

- При интенсивной работе мобильного телефона быстро заканчивается заряд аккумулятора.
- При закрывании двери раздаётся скрип.
- Растения, украшающие холл больницы, сами выглядят нездоровыми: листья пожелтели и частично осыпались. Это плохо влияет на настроение пациентов.
- Поиск нужного документа в офисе занимает слишком много времени

Упражнение № 7

1. Постройте дерево целей для главной цели: издать сборник задач по технологии машиностроения.
2. Придумайте какую-либо главную цель и постройте для неё дерево целей.

Упражнение № 8

1. Мытьё окон – утомительная работа, которой приходится заниматься постоянно, иначе оседающая на стекле пыль очень скоро сделает окно непрозрачным. В высотных зданиях мытьё окон к тому же просто опасно. Придумайте, как повысить идеальность этой операции.
2. Длительность моментов, когда человек переживает острые ощущения, очень мала. Нужно сделать много снимков, чтобы «поймать» нужный момент и получить фотографию человека в таком состоянии. Как, не делая большого количества снимков, сфотографировать человеческое лицо в нужный момент, например, при катании на экстремальных аттракционах? Сформулируйте ИКР.
3. Весной, когда разливается река, может возникнуть необходимость быстро возвести дамбу. Завозить для этого специальные строительные материалы (бетон, камень, металлические листы) долго и дорого. А подручные материалы (песок, почва), к сожалению, очень быстро размываются потоками воды. Как повысить скорость и эффективность строительства такой временной дамбы?

Упражнение № 9

Найдите ресурсы, которые можно использовать для решения поставленных ниже задач.

1. Для комфортного обитания в жилых помещениях требуется поддерживать определённую влажность. Как можно добиться этого без использования специальных устройств – увлажнителей воздуха?

2. Проколотая шина велосипеда – это проблема во время дальней поездки, если с собой нет велосипедной «аптечки». С помощью каких ресурсов на камеру велосипедного колеса можно поставить заплатку?

3. Использование стиральных порошков упрощает стирку белья, но слив сточной воды загрязняет окружающую среду. Какие ресурсы белья, воды, стиральной машины и её надсистем могут быть использованы для стирки без стиральных порошков?

4. Знакомство нового сотрудника с коллегами не всегда проходит быстро. Как повысить эффективность этого процесса с помощью ресурсов самого сотрудника, а также надсистем, в которые он входит?

Упражнение № 10

Приведите примеры, иллюстрирующие данные приёмы устранения ТП:

1. Принцип дробления:

а) разделить объект на независимые части;

б) выполнить объект разборным;

в) увеличить степень дробления объекта.

2. Принцип вынесения:

Отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

В отличие от предыдущего приёма, состоящего в делении объекта на одинаковые части, здесь имеется в виду разделение объекта на разные части.

3. Принцип местного качества:

а) перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;

б) разные части объекта должны иметь (выполнять) различные функции;

в) каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для её работы.

4. Принцип объединения:

а) объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;

б) объединить во времени однородные или смежные операции.

5. Принцип предварительного действия:

а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично);

б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.

6. Принцип динамичности:

а) характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;

б) разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга;

в) если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.

7. Принцип проскока:

Вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.

8. Принцип «Обратить вред в пользу»:

а) использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта;

б) устранить вредный фактор за счёт сложения с другими вредными факторами;

в) усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

9. Принцип копирования:

а) вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощённые и дешёвые копии;

б) заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии);

в) если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным и ультрафиолетовым.

Упражнение № 11

1. К закону увеличения идеальности.

Первые океанские нефтеналивные суда (танкеры), построенные ещё в конце XIX века, имели водоизмещение от 3 тыс. тонн. С тех пор водоизмещение танкеров неуклонно растёт: 1939 г. – «Эмиль Минье» – 30 тыс. т; 1956 г. – «Юнигерс Аполло» – 109 тыс. т; 1973 г. – «Глобтик Токио» – 550 тыс. т; 1980 г. – «Сиуайз Джаэнт» – 640 тыс. т.

Докажите, что эти данные не противоречат закону возрастания идеальности.

2. К закону полноты частей системы.

• Определите полноту частей кондиционера. Какие элементы выполняют функцию трансмиссии?

• Рассмотрите телевизор как систему, состоящую из двигателя, трансмиссии, рабочего органа и системы управления. Определите, какие подсистемы выполняют функцию каждого из функциональных блоков.

3. К закону энергетической проводимости.

• Рассмотрите систему «продовольственный магазин» и проследите в ней потоки следующих объектов: а) деньги, б) покупатели, в) молоко, г) живая рыба, д) вода, е) электричество.

• Определите основные потоки в системе «пассажирский вагон».

• Определите в системе «электродрель ручная» все энергетические и информационные потоки.

4. К закону согласования ритмики.

Как проявляется закон согласования ритмики в таких системах, как бритва, железнодорожное полотно, кинотеатр, велосипед, контрольная работа по математике?

Упражнение № 12

В качестве повторения пройденного курса ответить на представленные вопросы и сравнить свои ответы с приведёнными ниже.

1. Всегда ли развитие идёт от простейшего технического объекта к полной ТС?

– Техническая система может остановиться в своём развитии по данной линии. Так, обычный столярный молоток, как и столетия назад, представляет собой рабочий орган с трансмиссией, а функции двигателя и органа управления по-прежнему выполняет человек. В то же время семейство молотков включает и такую специализированную ТС, как устройство для забивания свай в грунт, имеющее уже и двигатель, и орган управления.

2. Приведите пример развитой ТС со всеми основными функциональными блоками.

– Самолёт. Он имеет РО – винт (движитель) и фюзеляж с крыльями, двигатель9, трансмиссию, органы управления. Обратите внимание, что любой из функциональных блоков можно рассматривать как самостоятельную ТС, которая также может иметь свои функциональные блоки. Например, система управления современного самолёта – сама по себе сложная ТС, имеющая свои двигатели и трансмиссии.

3. Выше сформулирована ГФ молотка. Но ведь молотки бывают разные – от обычного столярного или кулинарного до молота для забивания свай. Разве у них одна ГФ?

– Главная функция первобытного молотка осталась таковой для всего семейства: изменять форму, свойства, положение в пространстве объекта путём нанесения ударов по его поверхности. В

то же время для специализированного молотка мы можем сформулировать ГФ точнее, с учётом его специализации.

4. Вы привели формулировки ГФ для сравнительно простых объектов. А как быть со сложными, многофункциональными системами, например, компьютером?

– То, что сейчас называют компьютерами – это большое семейство ТС, которые используются с разными целями. Техническая функция компьютера – это обработка электрических сигналов. А вот назначений (которые также можно назвать потребительскими функциями) даже у обычного офисного компьютера действительно очень много. При использовании различных программ ГФ может меняться.

5. Технические системы, выполняющие функции измерения или обнаружения, например микроскоп, имеют те же функциональные блоки?

– В измерительных системах присутствуют те же функциональные блоки. Так, рабочими органами микроскопа являются или окуляр, или экран, на который проецируется изображение. Система линз, по которым проходит световой поток, – это трансмиссия. Источник света (лампа или зеркальце, которое посылает солнечный свет на обследуемое поле) – это двигатель. Есть в микроскопе и своя система управления – это система наведения на резкость или система смены уровня увеличения.

6. Можно ли считать развитыми ТС, работающие как статические конструкции, например, телевизионную антенну или здание?

– Многие статические конструкции (свая, столб) до сих пор являются простыми техническими системами, находящимися в начале развития. Но современные статические конструкции представляют собой уже развитые ТС. Например, московская телевизионная башня – это пустотелая конструкция, внутри которой проходят сотни тросов, натянутых мощными моторами. Датчики следят за нагрузками, и если с какой-то стороны они увеличиваются, моторы натягивают или отпускают тросы по сигналу центрального

компьютера. Можно видеть, что здесь есть и двигатель, и трансмиссия, и органы управления.

7. Существует ли чёткая методика деления ТС на подсистемы?

– Технические системы делят на части относительно произвольно. Иногда достаточно поверхностного деления, которое потом несколько раз уточняют в зависимости от– цели задачи.

8. Всегда ли ресурсы, нужные для решения задачи, можно отыскать внутри ТС (среди её подсистем) или в ближайших надсистемах?

– Нет. Если внутренние или ближайшие ресурсы не обнаруживаются, то для решения привлекают внешние ресурсы.

9. Можно ли сказать, что в любой технической системе есть присущие ей противоречия?

– Из самого определения противоречий следует, что в природе их не существует. Противоречие лишь модель проблемной ситуации, и формулирует её сам человек

10. Могут ли нарушаться законы развития ТС?

– Существуют общие законы природы, например закон сохранения энергии. Такие законы невозможно нарушить. Но есть и другой класс законов – законы, установленные обществом: государственные законы, уголовный кодекс, правила дорожного движения и многие другие. В отличие от законов природы эти законы могут нарушаться, но за нарушением следует наказание.

Законы развития ТС тоже могут нарушаться. Никто не обязывает фирму, выпускающую некую продукцию, следовать этим законам. Однако нарушение законов приведёт к тому, что характеристики выпускаемой продукции будут хуже, чем в случае их соблюдения. Легко представить себе, например, нарушение закона энергетической проводимости. В этом случае часть энергии будет теряться, в результате понизится производительность, повысится себестоимость и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе имеющихся законов можно анализировать существующие конкретные технические объекты, устанавливать их уровень развития, а также прогнозировать их дальнейшее развитие. Но прогнозировать развитие науки и техники в целом очень затруднительно, так как такой прогноз будет условным и неточным.

В настоящее время еще не сложилась единая система законов развития науки и техник. Будущим исследователям законов развития науки и техники предстоит серьезно исследовать все имеющиеся материалы. Не менее интересно исследовать стремительно развивающиеся сегодня системы высоких технологий. Здесь тоже имеются свои законы. Особенно это касается микроэлектроники, компьютеров и программирования. В них наверняка имеются те законы и закономерности, которые еще не выявлены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтшуллер Г.С. Основы изобретательства. Центрально-черноземное книжное издательство. – Воронеж, 1964. – 120 с.
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука: Теория решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. М.: Сов. радио, 1979 (Кибернетика).
3. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И. Поиск новых идей: от озарения к технологии: Теория и практика решения изобрета- тельских задач. Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1989.
4. Бережных О.А. Самые большие корабли: С древнейших времен до наших дней. www.webpages.charter.net/abacus/news/ber.htm
5. Гин А.А. Теория решения изобретательских задач. Учебное пособие I уровня: учебно-методическое пособие / А.А. Гин, А.В. Кудрявцев, В.Ю. Бубенцов, А. Серединский. – 3-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 64 с.
6. Кукалев С.В. Правила творческого мышления или Тайные пружины ТРИЗ. Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФА – М., 2014. – 416 с.
7. Литвин С., Петров В., Рубин М. Основы знаний по классической ТРИЗ. www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=3597
8. Максимов А.Д., Фирсов А.К. Анализ способов черновой обработки наружных поверхностей вращения заготовок из труднообрабатываемых материалов и разработка нового с комбинацией резания резцом и фрезой. СТИН. 2015. №10. С. 10-12.
9. Патент RU № 2603417, B 23B 1/00. Способ обработки поверхностей вращения / А.Д. Максимов. Бюл. № 33, 2016.
10. Пини Б.Е., Максимов Ю.В., Попов А.В. Револьверная головка с пневматическим приводом поворота инструментального диска для станков с ЧПУ. СТИН. 2015. №10. С. 2-4.
11. Саламатов Ю.П. Система развития техники // Шанс на приключение. Техника – молодёжь – творчество / Сост. А.Б. Селюцкий. Петрозаводск: Карелия, 1991.

12. Шпаковский Н.А., Новицкая Е.Л. ТРИЗ. Практика целевого изобретательства. Учебное пособие. – М.: ФОРУМ, 2011. – 336 с.
13. Litvin S. Main Parameters of Value: TRIZ-based Tool Connecting Business Challenges to Technical Problems in Product/Process innovation. 7th Japan TRIZ Symposium, Yokohama, Japan, September 2011.
14. Malinin L. Technology selection based on main parameters of value and fuzzy logic. International Journal of Business Innovation and Research, Vol. 3, 2016.
15. Treacy M. Doesthe Voice of the Customer Matter? Advertizing Age, USA, 2005.
16. А.с. 1301563, СССР, В 23 В 1/00. Способ многорезцового точения / А.Д. Максимов, С.А. Ларионов. Бюл. № 13, 1987.
17. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. Петрозаводск: Скандинавия, 2003.

Учебное электронное издание

Левина Елена Михайловна, **Паршина** Светлана Алексеевна

ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Учебно-методическое пособие

Разработано с помощью программного обеспечения Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка: *Н.Р. Гуськова*
Подписано к использованию 21.03.2022
Объем издания 1,67 Мб. Тираж 50. Заказ № 17

Издательство Московского Политеха
115280, Москва, Автозаводская, 16
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru;
тел. (495) 276-33-67