

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Специальность 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Профиль «Технология автоматизированного машиностроения»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Решение задач технологии машиностроения методами
технического творчества» _

Студент

Д.Л. Бородинкина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.С. Селиванов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель магистерской
программы

д.т.н., доцент

Н.М. Бобровский

(личная подпись)

« ____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент

А.В. Бобровский

(личная подпись)

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Теоретико-методологические предпосылки решения задач технологии машиностроения методами технического творчества.....	12
1.1. Теория творчества как феномена человеческой деятельности в исторической ретроспективе и сущность технического творчества.....	12
1.2. Техническое творчество в контексте вузовской подготовки студентов по направлению подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения	27
Выводы по первой главе	35
Глава 2. Противоречия в технических задачах и их выявление.....	41
2.1. Алгоритм решения изобретательских задач	41
2.2. Алгоритм выявления противоречий.....	48
2.3. Выбор методов технического творчества для изучения в вузе.....	58
Выводы по второй главе.....	65
Глава 3. Метод эмпирических правил.....	68
3.1. Выбор эмпирических правил в аспекте изучения в вузе.....	68
3.2. Правила «Разделение – объединение» и «Криволинейность».....	74
3.3. Методическое обеспечение учебного курса «Методы технического творчества».....	75
Выводы по третьей главе.....	82
Заключение.....	86
Библиографический список.....	90
Приложения.....	96

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Современный специалист в области технологии автоматизированного машиностроения – это профессионал, который должен обладать целым набором компетенций, в том числе и в области решения теоретических и практических задач методами технического творчества. Обеспокоенность работодателей, принимающих на производство выпускников вуза, связана с тем, что большинство их молодых коллег более или менее обучены в студенческие годы решению задач, снабжённых моделью решения, но испытывают большую трудность, зачастую непреодолимую, когда перед ними ставятся творческие задачи с неявной формулировкой, с отсутствием алгоритма решения, с возможностью его многовариантности, неясностью направления поиска ответа.

Неслучайно во многих высших учебных заведениях вводится учебный курс, связанный с основами инженерного творчества, либо творческие задачи органично включаются в структуру той или иной дисциплины. Их принципиальное отличие в том, что если большинство традиционных учебных курсов, начиная с математики, механики и заканчивая вариативным блоком дисциплин, дают знания, навыки и способы решения четко определенных инженерных задач (например, вычисление объема тела сложной формы, расчета вала на прочность, выбор технологического оборудования и другие), то процесс овладения инженерным творчеством призван к тому, чтобы студенты получали знания и навыки, а также осваивали способы деятельности в постановке и решении именно творческих задач, возникающих в процессе проектно – конструкторских разработок при техническом освоении новых изделий, их эксплуатации, ремонте и так далее.

Следствием актуализации учебного материала, связанного с решением студентами теоретических и практических задач методами технического творчества, овладения технологией создания новых технических решений в

области производственной деятельности станет то, что, с неизбежностью, увеличится количество и качество технических новшеств в целом по стране.

Анализ научных трудов, так или иначе разрабатывающих различные аспекты технического творчества, показывает, что этому важнейшему аспекту подготовки инженеров посвящало свои исследования довольно большое количество авторов. Особенно важные результаты получены в этом направлении следующими из них: Г.С. Альтшуллером, Г.С. Альтовым, Е.И. Артемьевым, И.Л. Викентьевым, А.В. Гордеевым А.В, Д.С. Детинкиным, Б.Л. Злотиным, А.В. Зусманом, Г.С. Пигоровым, Г.И. Ивановым, И.К.Кайковым, В.В. Лихоносовым, С.А. Новосёловым, А.И. Половинкиным, А.Н. Резниковым, Л.А. Резниковым, И.Б. Савватимовой, Ю.П. Саломатовым, А.Б. Селючкиным, М.А. Шатериным. Однако заявленному для настоящей диссертации решению задач технологии машиностроения методами технического творчества перечисленные авторы достаточного внимания не уделяли.

Актуальность исследования на научно-теоретическом уровне основывается на осмыслении и обосновании сущности технического творчества. Изучение научной литературы, отражающей разработку методов технического творчества, связанную с повышением профессиональной компетентности выпускника вуза, свидетельствует о существующих **недостатках:**

- традиционная система вузовской подготовки студентов по направлению подготовки бакалавров 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения не обеспечивает в должной мере освоения ими инженерным творчеством в области решения задач;

- недооцениваются возможности реализации методов технического творчества для развития профессиональной компетентности выпускников, в целом;

- далеко не достаточно разработаны подходы к решению творческих задач и не вписаны в целостную систему технологии автоматизированного машиностроения.

Анализ исследований последних лет, осмысление вузовской практики в заявленном ракурсе позволили выявить **противоречия** между:

- необходимостью исследования сущности творческих задач, способов их решения и их недостаточной разработанностью и обоснованностью;

- востребованностью практикой вузовской подготовки бакалавров по направлению подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения введения в учебный процесс творческих задач для овладения технологией их решения и отсутствием для этого достаточного теоретического обоснования;

- существующей системой обучения по направлению подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения и далеко не достаточным использованием технического творчества в аспекте решения творческих задач.

Обозначенная актуальность настоящего исследования и выявленные недостатки, противоречия и тенденции современного вузовского образования, направленные на активизацию овладения студентами техническим творчеством, позволили сформулировать его **проблему**: какой должна быть разработка способов решения творческих задач для направления подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения, чтобы она способствовала формированию в вузе такого выпускника, который бы отвечал требованиям современного производства в области инженерного творчества.

В соответствии с проблемой определилась тема исследования: «Решение задач технологии машиностроения методами технического творчества».

Объект исследования: процесс вузовской подготовки по направлению подготовки бакалавров 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения с включением технического творчества.

Предмет исследования: способы решения задач технологии машиностроения методами технического творчества.

Цель исследования – повышение уровня подготовки студентов машиностроительного профиля путём овладения ими решением задач методами технического творчества.

В соответствии с целью поставлены следующие **задачи:**

- 1) уточнить сущность технического творчества;
- 2) выявить особенности внедрения технического творчества в процесс вузовской подготовки по направлению подготовки бакалавров 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения;
- 3) раскрыть основные характеристики методов технического творчества;
- 4) разработать способы решения творческих задач методами технического творчества;
- 5) проверить эффективность освоения предложенных способов решения творческих задач в области машиностроения.

Теоретико-методологическую основу исследования составили ведущие положения современной методологии творчества (П.К. Анохин, К. Баррет, К. В.П. Беспалько, В. Библер, Н.М. Гнатько, Н.В. Гончаренко и др.), основ технического творчества (В.С. Алексеев, В.Е. Альберт, Г.С. Альтшуллер, В.И. Белозерцев, Г.Я Буш, И.Л Викентьев, А.И. Гасанов, А.В. Гордеев, В.А. Горский, Дж. Джонс, Дж. Диксон, Б.Л. Злотин, И.К. Кайков, А.В. Кудрявцев и др.), креатологии как новой формирующейся науки о творчестве, его процессах и методических инструментах решения проблем и создания качественно новых объектов в технике, науке, бизнесе и т.п. (С.В. Антоненко, Б.М. Гохман, А.В. Зусман, В.П. Козинец, В.В. Малый, А.Г. Махмудов, Г.С. Пирогов, Н.А. Резник, А.П. Ефимочкин и др.).

Опытно-экспериментальная база исследования: ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», институт Машиностроения, кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Организация и этапы исследования:

На **первом этапе** (2014 – 2015 гг.) изучена научная литература по проблеме исследования; уточнена сущность технического творчества; выявлены особенности внедрения технического творчества в процесс вузовской подготовки бакалавров направления 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения; даны основные характеристики методов технического творчества; разработаны способы решения творческих задач методами технического творчества;

На **втором этапе** (2015 – 2016 гг.) внедрены разработанные способы решения творческих задач в учебный процесс вузовской подготовки по направлению подготовки бакалавров 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения Тольяттинского государственного университета. На **третьем этапе** (2016 г.) обобщены итоги проведённой работы; выверены логика изложения материала, теоретические и практические выводы; оформлены полученные данные в соответствии с жанром магистерской диссертации; исследование подготовлено к защите.

Научная новизна исследования состоит в том, что:

- дано обобщение сущностной характеристики понятия «техническое творчество», заключающееся в том, что это самостоятельная, педагогически обусловленная творческая деятельность учащейся молодежи, направленная на создание объективно или субъективно новых, общественно или индивидуально полезных технических объектов и эффективно способствующая формированию знаний, умений, навыков и качеств личности, присущих изобретателям. Также техническое творчество – это процесс решения творческой технической задачи, под которой признаётся та, которая решается техническими средствами. Творчество как процесс запускается с выбора творческой задачи, а завершается её решением,

успешности которого содействует современная технология творчества. Поскольку объекты техники – это и устройства, и способы, и вещество, постольку всякий объект являет собой совокупность технических решений. Сущность творчества обозначается и через создание нового и полезного или значимое развитие уже существующего объекта творческого преобразования. Тогда главным определением творчества становится создание объективного нового и полезного объекта и/или его развитие в условиях неполноты информации.

- выявлены особенности внедрения технического творчества в процесс вузовской подготовки по направлению подготовки бакалавров 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения;
- раскрыты основные характеристики методов технического творчества;
- разработаны способы решения творческих задач методами технического творчества.

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в том, что:

- обобщены теоретические основы технического творчества;
- исследованы с теоретических позиций методы технического творчества;
- дано теоретическое обоснование способам решения задач методами технического творчества.

Практическая значимость исследования состоит в:

- разработке и внедрении в учебный процесс вузовской подготовки по направлению 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения способов решения творческих задач методами технического творчества в курсе «Методы технического творчества».

Достоверность и обоснованность выводов и результатов исследования обеспечена чёткостью исходных теоретико-методологических установок исследования; логичностью и целостностью подходов к разработке

проблемы; применением методов, адекватных объекту, предмету, цели и задачам исследования; оптимальным сочетанием теоретической и практической частей.

Апробация и внедрение результатов исследования осуществлялось на протяжении всех лет выполнения работы. Основные положения диссертации представлялись на семинарах кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» института Машиностроения ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», а также апробировались посредством участия в конференциях и через публикации:

I. Участие в конференциях:

- 1) IV международная научно-техническая конференция (Резниковские чтения) – Тольятти, 27 – 29 мая 2015 года;
- 2) XLI Самарская областная студенческая научная конференция. – Самара, 14 – 24 апреля 2015 года;
- 3) Всероссийская научно-техническая конференция для молодых ученых и студентов с международным участием. – Пенза, 12 – 14 марта, 2015 года.

II. Публикации:

1. Гордеев, А.В., Бородинкина, Д.Л. Противоречия в технических задачах [Текст] / Технологические и теплофизические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства: труды IV международной научно-технической конференции (Резниковские чтения), (Тольятти 27 – 29 мая 2015 года): в 2 ч. / ред кол. А.В. Гордеев [и др.]. – Тольятти : ТГУ, 2015. Ч.2 – С. 323-326.
2. Гордеев, А.В., Бородинкина, Д.Л. Выбор методов технического творчества для изучения в вузе [Текст] / Технологические и теплофизические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства: труды IV международной научно-технической конференции (Резниковские

чтения), (Тольятти 27 – 29 мая 2015 года): в 2 ч. / ред кол. А.В. Гордеев [и др.]. - Тольятти : ТГУ, 2015. Ч.2 – С. 330 -333.

3. Детинкин, Д.С., Бородинкина, Д.Л. Модернизация эмпирических правил решения технических задач [Текст] / Технологические и теплофизические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства: труды IV международной научно-технической конференции (Резниковские чтения), (Тольятти 27 – 29 мая 2015 года): в 2 ч. / ред кол. А.В. Гордеев [и др.]. - Тольятти : ТГУ, 2015. Ч.2 – С. 426-428.

4. Бородинкина, Д.Л. Применение эмпирического правила «Объединение» для совершенствования шлифовальных операций / Тезисы докладов XLI Самарской областной студенческой научной конференции. Ч. I, 14 – 24 апреля 2015 года. – Самара: ГБУ СО «Агентство по реализации молодежной политики», 2015. – С. 287.

5. Бородинкина, Д.Л., Гордеев, А.В. Алгоритм выявления противоречий в технических задачах / Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием // МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. - С. 123 – 126.

6. Гордеев, Д.Л. Бородинкина, Д.Л. Эмпирические приемы разрешения противоречий в технических задачах [Текст] / А.В. Гордеев, Д.Л. Бородинкина. - Вектор науки ТГУ, 2015. № 2 (32-2). – С. 57 – 62.

Основные положения, выносимые на защиту:

- сущность понятия «техническое творчество» заключается в том, что это самостоятельная, педагогически направляемая творческая деятельность учащейся молодежи, направленная на создание объективно или субъективно новых, общественно или индивидуально полезных технических объектов и эффективно способствующая формированию знаний, умений, навыков и качеств личности, присущих изобретателям. Техническое творчество – это и процесс решения творческой технической задачи.

- техническая творческая задача решается через устранение технического или физического противоречия при понимании творчества как созидающей и развивающей деятельности, которая вбирает в себя три её составляющие: выявление противоречия, его разрешение, поначалу на уровне идеи, и развитие идеи до её решения или развития объекта.

- творчество как процесс запускается с выбора творческой задачи, а завершается её решением, успешности которого содействует современная технология творчества, его инструменты: методы и правила организации эффективного творческого мышления; приёмы и методы, понимаемые как подсказки эвристических идей сильных творческих решений; описания мало известных, недавно установленных и введённых в практику творческого поиска законов развития технических и иных систем; типовые подходы и алгоритмы использования всего перечисленного.

- моделирование творческой задачи – один из центральных моментов современной прикладной теории творчества. Модель творческой задачи – это мини-задача, и её структура в упрощённом виде выглядит следующим образом: краткая характеристика объекта творчества - что требуется – при условиях, ограничениях.

- доминантным методом технического творчества для решения задач в вузовском курсе «Методы технического творчества» является метод эмпирических правил. В основу метода эмпирических правил положена идея эвристических приёмов. Целесообразно в курсе «Методы технического творчества» изучать следующие: 1. Разделение – объединение (ЭПР); 2. Упругость (ЭПУ); 3. Наоборот (ЭПН); 4. Криволинейность (ЭПК); 5. Динамичность (ЭПД); 6. Аналогия (ЭПА); 7. Вред в пользу (ЭПВ); 8. Состояние(ЭПС); 9. Посредник (ЭПП); 10. Физические поля (ЭПФ).

Структура работы: Диссертация объёмом 95, состоит из введения, трёх глав, заключения, библиографического списка и приложений, включает таблиц 1, рисунков 10.

Глава 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ МЕТОДАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА.

1.1. Теория творчества как феномена человеческой деятельности и сущность технического творчества.

Анализ познания творчества в его ретроспективе приводит к пониманию, что в процессе развития и углубления такого познания выделились, хоть и неравномерно по годам, три направления: мировоззренческое, теоретическое и технологическое.

Первое из них – *мировоззренческое* вычленилось ещё в VI веке до нашей эры. В те далёкие времена учёные-мыслители без помощи какого-либо инструментария, только наблюдая и размышляя, постигали сущность вещей, материи, движения и их отражения в человеческом сознании. Однако уже тогда стал себя обнаруживать и обретать мыслительные контуры важнейший способ познания – метод, переводимый с латинского как путь к чему-либо.

Развитие мировоззренческого направления, начатое ещё великими учёными древности, показало чрезвычайную сложность изучения творчества. Объясняется это тем, что оно нераздельно с познанием. В то же время исследование творчества требует его ясного вычленения и определения своего инструментария как совокупности элементов знания. К таковым относятся методы творчества, благодаря которым удаётся избежать бессистемного поиска на основе проб и ошибок и создавать новое [42, с. 50 – 59]

Так, Гераклит исследует диалектический метод. Демокрит описывает правила логики и утверждает, что движение неотделимо от материи и что аналогия – важнейший инструмент познания и творчества. Сократ развивает технологию диалога, способствующую обнаруживать противоречия.

Оставили свой значимый след в истории постижения творчества и такие мыслители, как Платон, Аристотель, Архимед, Герон Александрийский и др.

Так, только Архимед изобрёл знаменитый винт, военные осадные машины, рычаг, зажигательное зеркало и способ, который позволяет различать золото и медь по их плотности посредством измерения количества вытесненной воды.

Герон Александрийский на века прославил своё имя, написав исторические книги «Пневматика» и «Механика», описав в них фонтаны, сифоны, пожарный насос, реактивную паровую турбину.

Для контекста нашего исследования особенно значимо известное каждому живущему на Земле восклицание Архимеда: «Эврика!» (нашёл!), произнесённое им при открытии закона гидростатики, поскольку это восклицание обратилось в такое значимое для нашего исследования понятие, как «эвристика», под которым разумеют методические рекомендации по поиску новых решений. Впервые эти рекомендации обобщил Папп Александрийский в трактате «Искусство решать задачи». В современном понимании эвристика – «наука, изучающая закономерности и методику процессов поиска и нахождения такого решения той или иной задачи, которое, сводя к минимуму или в какой-то мере ограничивая перебор возможного множества решений этой задачи, сокращает время на решение по сравнению с существующими известными в исследовательской деятельности методами (например, методом слепого перебора решений, методами, принятыми в классических аксиологических исчислениях и т.п.)» [27].

Другим, не менее важным для нашей работы методом познания и творчества, которым также руководствовались Архимед и Эпикур, стал метод комбинирования. В раннем средневековье Раймунд Луллий даже предложил специальную «логическую машину», состоящую из вложенных друг в друга концентрических кругов, на которых было нанесено множество элементарных понятий. Вращением, независимым друг от друга, этих кругов

можно было как угодно комбинировать понятия между собой, якобы создавая (в виде совокупности понятий) новые знания [5].

Исследователи признают, что современная методология технического творчества ещё не располагает целостным учением о методах, хотя имеет в своём арсенале комплекс вполне достаточных **принципов**:

- адекватности выбираемого метода особенностям творческой задачи и цели её решения;
- направленности творческого поиска и минимизации благодаря этому количества проб;
- оптимального программирования творческого поиска;
- упорядочения логической и активизации интуитивной составляющих творческого мышления;
- универсальности языка описаний;
- выявления и разрешения противоречий;
- привлечения свободных вещественно-волевых ресурсов при решении инженерных задач;
- обязательности использования при поиске законов строения, функционирования и развития объектов творческого преобразования;
- комплексности, системности знаний творчества [43, с. 52 - 53].

Современные **методы инженерного творчества** имеют богатую представимость: постановка и анализ задач; методы мозгового штурма, А. Осборн и конференция идей, В. Гильде; метод каталога, Ф. Кунце; метод эвристических приёмов; морфологический анализ, Ф. Цвикки, и синтез технических решений; метод 14 операций преобразований, Р. Коллера; инженерно-стоимостный анализ, Л. Майзла; метод фокальных объектов, Ч. Вайтинг; метод гирлянд случайностей и ассоциаций, Г. Буш; синектика, В. Гордон; автоматизированный синтез физических принципов действия; автоматизированный поиск оптимальных технических решений; функционально-стоимостный анализ технических объектов; комплексы

теории решения изобретательских задач – ТРИЗ, Г.С. Альтшуллер; комплекс ТРИЗ + ФСА (интенсивная технология творчества) и др.

Второе направление в развитии изучения творчества – *теоретическое*. Оно стало формироваться с XVI века и связано с именами Френсиса Бекона, Рене Декарта, Готфрида Лейбница и Бернарда Бальцано. Первый из них Френсис Бекон разрабатывал индуктивный метод познания и коллективную организацию науки, второй - Рене Декарт - метод анализа проблемы и деления её на задачи, третий - Готфрид Лейбниц - формализации операций над основными понятиями, четвёртый - Бернардо Бальцано описал уже в XIX веке искусство изобретательства.

XX век был прославлен в исследуемом ракурсе такими учёными, как Ж.А. Пуанкаре, П.К. Энгельмейер, А.А. Богданов. В XXI веке значимы труды А.В. Гордеева, А.Т. Шумилина, В.Н. Николко, Б.В. Новикова, а в психологии творчества – М.Г. Ярошевского, В.А. Пономарёва, В.А. Моляко и др.

Именно теоретическое направление развития знаний творчества дало осознание того, что необходимо обеспечивать интегративность процесса такого развития, под которым понимается потребность применения иных наук по причине того, что творчество многоаспектно. Это и философия, и психология, и педагогика, и кибернетика с её теорией принятия решений, и науковедение, и социология, и информатика, и инноватика, и инновационный менеджмент, и др.

Технологическое направление развития знаний творчества сравнительно молодое, хотя само понятие «технология творчества» появилось гораздо раньше. Технологическое направление начало формироваться с 30-х годов прошлого века и связано с начавшимся в XX веке ускорением научно-технического прогресса, породившего три революции: промышленную, научно-техническую и ныне развивающуюся – интеллектуальную. Отличительным признаком нового направления является формирование в развитых странах инновационных экономик, характеризующихся введением новшеств и нововведений, заменой

экономики вещей на экономику знаний, когда ведущим товаром становятся не материальные предметы, а знания, находящие своё отражение в интеллектуально обогащённой информации, при возрастании наукоёмкости производств.

Не меньшая роль отводится и созданию специальной технологии творчества, её нарастающей массовости освоения, прежде всего школьниками и студентами, её масштабном применении на практике.

Всплеск интереса к технологии инженерного творчества произошёл во второй половине XX века, чему, во многом, способствовали исследования Г.С. Альтшуллера и его научной школы по проблемам теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), методик функционально-стоимостного анализа (ФСА), взаимодополнения ТРИЗ, ФСА и формирования тем самым интенсивной технологии творчества (ИТТ) с последующим переложением этой технологии и соответствующих ей знаний на ПЭВМ.

Современная технология творческого инженерного поиска требует системного подхода к получению знаний творчества [36], к тому же она управляема. «И хотя получение в результате применения такой ТРИЗ-технологии сильных, высокоэффективных инженерных решений всё ещё остаётся вероятностным процессом, сама эта вероятность возрастает за счёт ТРИЗ на 2 – 3 порядка (от долей процента до единиц или десятков процентов), хотя величина её тем меньше, чем больше сложность творческой задачи» [24].

При безоговорочном принятии ещё с древних времён необходимости развития технического творчества как в научном, так и образовательном планах, всё ещё нет принимаемого всеми учёными единого определения понятия технического творчества, которых насчитывается несколько сотен. Творчество определяют через состояние человека, активизирующее его способности, через процесс и механизм развития человека, других объектов творческого преобразования. Важными понятиями при этом обозначаются такие, как интеллект, интеллектуальные продукты, интеллектуальные

резервы, творческое сопровождение внедрения, креативность, эвристика. С ними в ряд выстраиваются на передовых позициях и понятия проектирования: потребность, функция как способность к действию, идея как принцип действия, конкретное решение, проект. Точнее всего, на наш взгляд, раскрывается сущность исследуемого понятия применительно к описываемым условиям С.А. Новосёловым, который подчёркивает, что это самостоятельная, педагогически направляемая творческая деятельность учащейся молодежи, направленная на создание объективно или субъективно новых, общественно или индивидуально полезных технических объектов и эффективно способствующая формированию знаний, умений, навыков и качеств личности, присущих изобретателям [39]

В нашей работе мы будем руководствоваться также и пониманием технического творчества, предложенным А.В. Гордеевым, тем более что оно полностью учитывает учебные условия Тольяттинского государственного университета, доцентом которого А.В. Гордеев до недавнего времени являлся и под руководством которого начиналось настоящее исследование.

Техническим творчеством в исследуемых условиях цитируемый автор предложил считать процесс решения творческой технической задачи [15]. Технической задачей признаётся та, которая решается техническими средствами. Поскольку объекты техники – это и устройства, и способы, и вещество, постольку всякий объект являет собой совокупность технических решений. А совокупность взаимоувязанных объектов образует техническую систему.

Как решается техническая задача? Через устранение противоречий. Если это технический объект, то устранение противоречий между его положительными и отрицательными свойствами. Если физический объект, то между противоположными состояниями изменённого объекта.

Технические задачи ранжируются по содержательной сути. Одни из них относятся к исполнительским, имея единственное решение. Другие – к инженерным, решаемым в множестве вариантов, но один из которых –

оптимален. Третьи – к компромиссным, поскольку их решение не полностью соответствует требованиям противоречий. Наконец, четвёртые относятся к творческим. Их решение направлено на устранение технического или физического противоречия. При этом творчество воспринимается здесь в качестве созидающей и развивающей деятельности, которая вбирает в себя три её составляющие: выявление противоречия, его разрешение, поначалу лишь на уровне идеи, и развитие идеи до её решения или развития объекта.



Рисунок 1.1. Виды технических задач

Итак, три действия: выявление, разрешение и развитие – и есть основное содержание творческой деятельности, как и её отличительные внутренние признаки. Внешние признаки – это её результаты, оценивающиеся по двум характеристикам: новизна и полезность. Из трёх перечисленных действий важнейшее – разрешение противоречий в процессе поиска идеи. Тем самым, сущность творчества обозначается через создание нового и полезного или значимое развитие уже существующего объекта творческого преобразования. Тогда главным определением творчества, разделяемым А.В. Гордеевым и нами, становится «создание объективного нового и полезного объекта и/или его развитие в условиях неполноты информации» [43].

Выявляя сущность творчества, нельзя обойти вниманием основные формы её проявления, поскольку для нас важна и реализация теоретического

осмысления в учебной деятельности студентов. Определяя творчество как процесс, в том числе процесс поисковой деятельности человека, принимаем и то, что влияет на этот процесс: творческое состояние, специфика творческой задачи и сведений о ней, реализация метода или комплекса методов творчества при их эффективности.

Под технической задачей будем понимать задачу, относящуюся к областям человеческой деятельности, которая решается техническими средствами [15].

Итак, творчество как процесс запускается с выбора творческой задачи, а завершается её решением, успешности которого содействует современная технология творчества, его инструменты. К инструментам творчества учёные относят: методы и правила организации эффективного творческого мышления; приёмы и методы, понимаемые как подсказки эвристических идей сильных творческих решений; описания мало известных, недавно установленных и введённых в практику творческого поиска законов развития технических и иных систем; типовые подходы и алгоритмы использования всего перечисленного [48].

К алгоритмизированному можно отнести и описание задачи, начинающееся с возникновения проблемной ситуации, выбора задачи, правильной её формулировки, творческого упрощения представлений об объекте задачи – её мысленного моделирования. Тогда схема описания задачи, по Альтшуллеру [5], включает:

- название объекта,
- формулировку его назначения,
- перечисление основных частей объекта,
- формулировку лежащего в основе задачи технического противоречия,
- указания на искомый результат решения и его ограничения.

По Н. К. Моисеевой [34], схема описания задачи как модели постановки задачи творческой выглядит следующим образом:

- рассмотрение противоречий,

- выявление требований, связей между требованиями,
- определение условий, ограничивающих выбор,
- выявление противоречий в виде потребностей (потребителей),
- представление противоречий в виде логически оформленной задачи творчества - ЗТ,
- установление признаков качества решения ЗТ,
- установление признаков качества решения ЗТ,
- окончательное формулирование ЗТ.

По А.И. Половинкину [41], задача описывается в соответствии с выбранным объектом описания самого объекта. Чем больше объём, тем выше уровень этого описания и тем более полно должны описываться и объект поиска, и содержание элементов творческой задачи. Сам состав описания задачи состоит из пяти элементов:

- описание проблемной ситуации,
- описание функции (назначения) объекта,
- выбор прототипа и составление списка требований,
- составление списка недостатков прототипа,
- предварительная формулировка задачи на уровне «дано – требуется».

В перечисленных описаниях задач выделяются известные и неизвестные части и явно просматривается стремление сократить это описание, типизировать, формализовать элементы такого описания.

Подчеркнём, что моделирование творческой задачи – один из центральных моментов современной прикладной теории творчества.

В настоящем исследовании мы разделяем мнение многих современных учёных о том, что модель творческой задачи – это мини-задача, и её структура в упрощённом виде выглядит следующим образом: краткая характеристика объекта творчества - что требуется – при условиях, ограничениях.

В более конкретизированном виде схема полной типовой модели задачи выглядит следующим образом:

- исходная ситуация и потребности в их сопоставлении,
- описание проблемной ситуации,
- характеристика объекта и его недостатков с анализом прототипов,
- анализ требований, условий,
- формулировка мини-задачи,
- соображения о направлении, схеме и методах решения.

Со всей очевидностью, центральным в приведённых схемах является противоречие, отчего выявлению и разрешению противоречий будет посвящена отдельная часть нашего исследования. Здесь же заметим, что противоречие является центральной категорией диалектики, которая изучает противоречия в сущности предметов. «Это отношение между противоположными (т.е. взаимосвязанными и в то же время существенно различающимися, взаимоисключающимися) сторонами, свойствами предмета <...> Существование противоречий связано с многообразием элементов единого целого» [38].

Г.С. Альтшуллер ввёл понятие административного, технического и физического противоречий. Административное противоречие характерно для начала поиска, когда проблемная ситуация начинает проясняться, но ещё не приобрела очертания задачи. Противоречие здесь в том, что известна ситуация необходимости решения задачи, но непонятно, как решать, как сформировать задачу.

Техническое противоречие обозначает себя в процессе творческого поиска при выявлении противоречия между свойствами двух смежных элементов технического объекта. Решение творческой задачи на этом этапе связано с устранением недостатка, называемого именно этим противоречием. Суть физического противоречия – в противоречивых требованиях в свойствах только одного элемента.

В системе знаний творчества, определяемую ещё и как креатология, важны также и уже упоминаемые выше функции активных знаний, среди которых ориентирование в творческом поиске; объяснение причин,

следствий, явлений и др.; организация управления процессами поиска; подсказывание идей и активизация поиска; обеспечение поиска специальной информацией.

Вскрывая сущность технического творчества, нельзя не остановиться и на структуре процесса творчества, которая, конечно же, зависит от характера творческой задачи, как и от содержания всего процесса. Исследователи выделяют в структуре процесса творчества следующие этапы:

- 1) анализ и выбор творческой задачи;
- 2) сбор и аналитическая переработка необходимой для решения этой задачи информации;
- 3) поиск идеи решения, его замысла – концепции;
- 4) развитие идеи до реализуемого жизненного решения;
- 5) окончательная разработка и конкретизация решения [48].

Далее необходимо определиться также и с другими понятиями, которые не менее важны для настоящего исследования. Прежде всего, уточним, что объекты техники подразделяются на три типа - это устройства - конструкции, способы – технологии, а также вещества [40].

Вводится нами в контекст работы и понятие «устройство», понимаемое как объект техники, который отличается конструктивными особенностями. К ним относятся: определенные узлы, детали, элементы, форма этих элементов, материал, взаиморасположение, соотношение размеров и их взаимодействие, взаимосвязь.

Устройства - это машины, к которым отнесём и автомобиль, и металлорежущий станок, и промышленный робот, узлы машин, включающие двигатель, коробку скоростей, узел захвата; детали, среди которых и коленчатый вал, и шпиндель; механизмы; приборы; инструменты, как режущие, вспомогательные, так и измерительные.

Под **способом** в работе понимается объект техники, который характеризуется действиями, последовательностью действий, условиями

выполнения, режимом, вспомогательными средствами. Это и технологические процессы, и методы измерения, испытания, контроля.

Вид техники рассматривается как совокупность однородных объектов, которые выполняют одинаковые функции. Например, разные виды фрез входят в вид техники «Фрезы», а фреза, сверло, резец и др. относятся к виду техники «Режущие инструменты».

К **области техники** относится совокупность близких видов техники, Например, режущие инструменты и приспособления, а также металлорежущие станки относятся к «Обработке резанием» как к области техники.

Сложные объекты техники включают в свой состав более простые объекты. Для примера: станину, коробку скоростей, суппорт и т.д. содержит станок. А коробка скоростей включает валы, зубчатые колеса, муфты и др. Под **технической системой** понимаем совокупность нескольких объектов, которые находятся во взаимодействии или во взаимосвязи.

Совокупность **технических решений** представляет любой объект, техническое решение, Как объект техники, так и любое техническое решение представляет собой способ, устройство или вещество.

Техническое решение отличает совокупность **существенных признаков**. Существенный признак у технического решения приобретает тогда, когда его отсутствие лишает объект возможности выполнять свои функции или делает невозможным достигать поставленной при его создании цели.

Исполнительская задача – это такая техническая задача, решение которой осуществляется как выполнение заданных заранее действий заданными средствами в заданных условиях при единственно правильном решении.

Инженерная задача – это такая техническая задача, которую отличает то, что из возможных решений выбирается оптимальное. Чтобы решить инженерную задачу, нужны соответствующие инженерные знания,

включающие знания основных закономерностей, которые действуют при разных вариантах её решения.

Инженерная задача характеризуется тем, что она содержит в себе противоречия, которые проявляются в том, что, когда действие направляется на улучшение одного свойства технической системы (к примеру, увеличить S или V), тогда с неизбежностью начинают ухудшаться другие свойства (у инструмента уменьшается стойкость, увеличивается шероховатость). Указанные противоречия относятся, как уже отмечалось, к техническим противоречиям и понимаются как противоречие между свойствами системы при её изменении [5]. Техническое противоречие обозначает себя на этапе анализа условия задачи. Инженерная задача решается как разрешение выявленного технического противоречия при понимании, что есть два принципиальных пути её решения.

Путь первый характеризуется тем, что направлен на удовлетворение того и другого требования технического противоречия: отчасти усиливаются полезные свойства системы, однако, так же отчасти увеличиваются и вредные свойства.

К примеру, увеличивается скорость резания V не в 2 раза, а, положим, в 1,2 раза, что обеспечит обработку не 10 валов, а только 13 (не 16), однако падение стойкости инструмента отмечается как незначительное.

Компромиссная задача – это такая инженерная задача, в процессе решения которой реализуются лишь частично оба условия технического противоречия. Чтобы решить компромиссную задачу, достаточно обратиться к описанному в технической литературе инженерному опыту. Однако, когда частичного разрешения технического противоречия недостаточно, тогда требуется проведение анализа технического противоречия как более глубокого, называемого **физическим противоречием**, которое выявляется между двумя противоположными физическими состояниями объекта, приведённого в них для решения задачи [5].

Инженерная задача, решая которую удовлетворяем оба противоположных требования технического или физического противоречия, относится к **творческим задачам**. Цель решения творческих задач - совершенствование объектов техники (устройств, способов, веществ) посредством новых современных технических решений.

Анализируя проектную, исследовательскую и производственную деятельности современного инженера, убеждаешься, что в его работе возникает потребность в решении задач трёх уровней [14]:

1. Обращение к известным техническим решениям, их использование;
2. Проведение оптимизации параметров известных решений;
3. Запуск разработки процесса новых технических решений.

Использование становится первым уровнем известных технических решений и предполагает обращение к тому всеобъемлющему научному и производственному опыту, который нашёл свою реализацию в таких технических решениях, как устройства, конструкции, способы, технологии, вещества. Технические задачи на первом уровне направлены на уже применяемые в производстве известные устройства, способы или вещества, на анализ их показателей, как технических, так и экономических, на непрерывное совершенствование производства за счёт нахождения и использования прогрессивных решений.

В задачах первого уровня отсутствуют противоречия, и у них, почти всегда, единственное решение. Решение задач первого уровня специалистами производства направлено на его поддержание в соответствии с требованиями к уровню и даже отчасти повышать и уровень производства, и качество его изделий, но ожидаемого улучшения прогнозировать нельзя, так как применяются только такие технические решения, которые перешагнули срок своей защиты: либо патентования, либо засекречивания, и это решения с довольно большим сроком давности: от семи до 10 лет.

В качестве примеров решения технологами-машиностроителями подобных задач можно привести назначение режимов резания для конкретной производственной ситуации, содержащихся в справочных нормативах, использование позаимствованного на ином предприятии полуавтоматического зажимного приспособления вместо приспособления с ручным приводом, замена смазывающе-охлаждающей жидкости определённой марки (СОЖ) с учётом рекомендации производителя. Решать такие задачи, конечно же, необходимо в процессе производства, но их эффективность невелика в сравнении с получаемыми результатами при решении задач более высоких уровней.

Ко второму уровню относится **оптимизация** параметров уже существующих технических решений. Тем самым, задачами второго уровня является совершенствование уже используемых или намеченных к использованию устройств, технологий и веществ посредством совершенствования их параметров - конструкций, составов, режимов, и др., осуществляемого как результат проведённых аналитических исследований. При решении задач второго уровня также возникает техническое противоречие, сущность которого заключается в том, что при работе с определённым объектом с целью улучшения одного из его показателей, может возникнуть ухудшение других показателей. Вот почему, начиная решать техническую задачу следует поначалу установить находящиеся в ней технические противоречия.

Таким образом, решить задачу второго уровня – это значит разрешить технические противоречия, помня, что такая техническая задача содержит достаточно большое количество решений. Задача того, кто решает такую задачу, прежде всего инженера, - используя сформированные компетенции, выйти на оптимальное решение, найдя его из большого множества. Эти задачи, как уже отмечалось, называются инженерными.

К третьему уровню относятся творческие технические задачи, суть которых уже раскрывалась в настоящем исследовании. Решаются такие

задачи исключительно через создание таких решений, которые характеризуются как новые прогрессивные технические решения. В процессе решения творческой задачи выявляется находящееся в ней более острое противоречие, чем прежде. Его-то и называют физическим противоречием. Как уже отмечалось, это противоречие, порождённое противостоянием физических состояний технической системе, или её элемента, которые она приобретает при приведении в целях решения задачи.

Итак, повышение уровня задач, которые должен решать инженер, означает повышение эффективности их решения. Особенно результативен третий уровень решения задач, открывающий путь к созданию решений, определяемых как новые прогрессивные технические решения, обеспечивающие эффективность производства продукции машиностроения и её конкурентоспособность.

Общими выводами параграфа, раскрывающего фундаментальные положения теории технического творчества являются следующие:

- творчество – это разрешение противоречия в объекте преобразования или развития объекта;
- творчество должно быть методизировано – обладать развитой методологической базой, включающей арсенал методов и приёмов;
- творческое преобразование объектов происходит с опорой на законы их развития.
- цель решения творческой задачи - совершенствование объекта посредством новых современных прогрессивных технических решений.

1.2. Техническое творчество в контексте вузовской подготовки студентов по направлению подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения.

В соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 года, № 957 утверждён

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение [44]. В его V разделе «Требования к результатам освоения программы бакалавриата» подчёркнуто, что выпускник, который освоил программу бакалавриата, должен обладать, среди прочих, такими профессиональными компетенциями, как «способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности (ПК-4) и «умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения» (ПК-17).

Важным представляется пункт 5.6 цитируемого V раздела, в котором даётся разрешение на то, что «при разработке программы бакалавриата организация вправе дополнить набор компетенций выпускников с учётом направленности программы бакалавриата на конкретные области знания и (или) вид (виды) деятельности» [44]. Данное разрешение позволяет сохранить в учебном плане по направлению подготовки Машиностроение такой курс по выбору студентов (или элективный курс), как «Методы технического творчества» или «Основы технического творчества» успешно осваиваемый студентами базового для нашего исследования Тольяттинского государственного университета, и /или органически встроить техническое творчество в содержание и структуру профилирующих дисциплин профессионального цикла прежде всего для того, чтобы студенты освоили не только основное понятийное поле технического творчества, но и научились решать задачи машиностроения, типы которых нашли своё описание в первом параграфе главы.

Попутно заметим, что также и в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования, утверждённом приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 ноября 2015 года, № 1331 по направлению подготовки бакалавров 22.03.01

Материаловедение и технологии материалов [45] выпускнику предписывается овладение такими общепрофессиональными компетенциями, как «способность использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях (ОПК-2)», «способность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач (ОПК-4)» [45].

В исследуемый период мы анализировали деятельность студентов, занимающихся по рабочему учебному плану 15.03.01.62 направления подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения.

Проведённый теоретический анализ в ракурсе настоящего исследования позволил выявить основополагающие понятия технического творчества для решения исследуемых задач. Это техническое творчество, техническое и физическое противоречие, техническая, исполнительская, инженерная, компромиссная и творческая задачи. Выделенный понятийный ряд вплетается в учебный материал по освоению методологии технического творчества, направленный на эффективное овладение студентами решения задач машиностроения. Для этого одного элективного курса или курса по выбору студентов явно недостаточно. Необходимо пронизать большинство курсов, на которых доминантно осваиваются профессиональные компетенции, материалом по основам технического творчества, направленного на решение задач машиностроения.

Начинать такую подготовку студентов предпочтительно уже с первого курса обучения. В Тольяттинском государственном университете в институте Машиностроения такая практика внедрения основ технического творчества, направленного на решение задач машиностроения от курса к курсу, осуществляется кафедрой «Оборудование и технологии машиностроительного производства». Так, в соответствии с графиком учебного процесса в течение последних двух лет студенты бакалавриата

осваивают следующие учебные курсы и дисциплины профессионального цикла БЗ и БЗВ, входящие в номенклатуру кафедры:

Технология конструкционных материалов,
Детали машин и основы конструирования,
Метрология, стандартизация и сертификация,
Теория механизмов и машин,
Технологические процессы в машиностроении,
Введение в профессию,
Выбор методов получения и проектирования заготовок,
Металлорежущие станки,
Основы технологии машиностроения,
Технология машиностроения,
Приспособления для металлорежущих станков,
Технология изготовления инструмента,
Автоматизация производственных процессов в машиностроении,
Теория резания,
Проектирование режущего инструмента,
Проектирование машиностроительного производства.

Из дисциплин по выбору в Вариативной части рабочего учебного плана выделим «Методы технического творчества» – учебный курс, изучаемый студентами бакалавриата на выходе - в 8 семестре в количестве 72 часов: 30 часов аудиторных и 42 часа – отводимых на самостоятельную работу.

Как очевидно из приведённого перечня, студенты постепенно осваивают теоретические и практические составляющие профессиональной деятельности, получают знания о современном наличествующем уровне техники, о технических системах и необходимости решения технических задач в области машиностроения, получают представления о способах их решения. По мере изучения сущностных характеристик основных категорий изучаемых дисциплин, связанных непосредственно с профессией, студенты

бакалавриата овладевают фактологическими знаниями, умениями, навыками и способами деятельности в области выбранной специальности и сопряжённых с нею. Подготовка студентов идёт вширь и вглубь, обогащается их компетентностная база, в том числе начинают формироваться процитированные из соответствующего стандарта образования компетенции, связанные непосредственно с техническим творчеством: способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности (ПК-4); «умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения» (ПК-17), способность использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях (ОПК-2)», способность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач (ОПК-4).

Справедливости ради, стоит подчеркнуть, что начинают формироваться компетенции, необходимые для решения исследуемых в настоящем исследовании технических задач, достаточно субъективно, без обращения к какой-либо выверенной методике. Логика, которой, как правило, руководствуется преподаватель, предельно проста: «А делается это так-то и так-то уже давно. Приносит результаты. И вы делайте также!» Что означает такой подход? А то, что студент ориентируется лишь на репродуктивную деятельность – на запоминание того, что уже существует и что отработано годами. В лучшем случае его познавательная активность направляется на постижение логики использования простых методов конкретных технических решений, логики развития определённых типов техники, объектов, технических систем.

Анализ динамики развития изучаемого вида техники, приводит студентов бакалавриата к первым шагам обретения умения выстраивать

прогнозы, предположения о возможных последующих изменениях основных характеристик рассматриваемых объектов, среди которых размер, скорость, давление и др., определять тенденции его развития. Однако выявление их конкретных оптимальных значений в изменяющихся условиях производства ему не под силу.

По сути, речь идёт о самом первом уровне рассматриваемого вузовского обучения, который можно определить как **информационный**. На этом уровне студент осваивает в первом приближении решение производственных задач первого уровня, характеристика которым дана в первом параграфе настоящего исследования. Такому освоению способствует попутное изучение студентами бакалавриата естественнонаучных дисциплин, среди которых математика, физика, информатика и др. Эти научные области помогают проникнуть в физические глубины явлений, которые лежат в основании технических решений в той или иной области, тем самым способствуя успешности изучения методологии, техники, путей оптимизации технических систем.

Первый информационный уровень, на котором происходит освоение представлений о современном развитии области техники и возможной логике технических решений, позволяет подняться студенту на второй уровень – **оптимизационный**, когда он уже может применять полученные знания, умения и освоенные способы действия на новом материале специальных дисциплин.

На втором уровне методология изучения также подвергается изменениям по сравнению с первым уровнем. Упрощённо её можно свести к следующему умозаключению: «Объект ведёт себя определённым образом – таким то при таких-то и таких-то условиях. Какие изменения должны произойти, чтобы объект стал вести себя так-то.

Почеркнём, что процесс освоения учебных курсов: «Детали машин и основы конструирования»; Теория механизмов и машин; «Теория резания»; Технологические процессы в машиностроении; Технология

машиностроения; Технология изготовления инструмента; «Режущие инструменты», Технология конструкционных материалов и др., более направляется на интеграцию информации и оптимизации, которая находит своё полное воплощение при выполнении студентами курсовых и дипломных работ. Разумеется, доминировать должна оптимизация исследуемых объектов техники в исследуемых условиях производства.

Только следуя изложенной иерархичности вузовского образования, как показывает запущенное А.В. Гордеевым и продолженное настоящим исследованием опытно-экспериментальное обучение, проведённое на кафедре «Оборудование и технологии машиностроительного производства», можно выйти на такую модель выпускника по направлению подготовки 15.0301.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения, которая отвечает параметрам действующего на сегодня ФГОСа. Такой выпускник вуза обладает способностью использования современного аппарата оптимизации, поддержания и повышения уровня современного производства, совершенствования применяемых технических решений на основе их расчётов, параметров, обусловленных задачами производства.

Итак, технические задачи второго уровня поддаются решению при изучении студентами дисциплин и учебных курсов также второго уровня.

Модель излагаемой логики вузовской подготовки схематизирована А.В. Гордеевым:

$$(ИУ): СД1 \rightarrow (ОУ): СД1+ЕН = СД2,$$

где: ИУ – информационный уровень подготовки; ОУ – оптимизационный уровень; СД1 – профессиональные дисциплины первого уровня; ЕН – естественнонаучные дисциплины; СД2 – профессиональные дисциплины второго уровня [15].

Вновь подчеркнём, что отсутствие развиваемой в настоящем исследовании системы вузовской подготовки не готовит студентов бакалавриата к решению задач третьего уровня. Они, как правило, не способны находить новые технические решения уже потому, что не владеют

методологией их поиска. Бессистемное включение студентов отдельными преподавателями технического творчества в контекст изучаемых дисциплин не решают всей полноты проблемы. Да и в учебных планах по направлению подготовки 15.0301.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения нет таких учебных курсов, которые напрямую содействовали бы освоению методологии принятия новых технических решений, как и овладению необходимыми умениями и компетенциями в этой сфере.



Рисунок 1.2 Схема подготовки специалиста

Мы разделяем вывод А.В. Гордеева о том, что переход на **творческий** уровень состоится при условии дополнения выше обозначенной модели вузовской подготовки инженера добавочными компонентами:

$$(ИУ): СД1 \rightarrow (ОУ): СД1 + ЕН = СД2 \rightarrow (ТУ): СД2 + МТТ = СД3,$$

где дополнительно обозначено: ТУ – творческий уровень подготовки; МТТ – методология технического творчества; СД3 – специальные дисциплины третьего уровня [15].

Исследуемая модель предполагает введение таких учебных курсов – по выбору студентов или элективных, которые напрямую посвящаются изучению методологии создания новых технических решений. К подобным курсам могут быть отнесены те, которые направлены на изучение основ

технического творчества, или конкретно методов технического творчества [2; 15; 30; 31; 41; 51; 52; 53].

Свою положительную роль играют и те учебные курсы и дисциплины третьего творческого уровня подготовки студентов, в контекст которых включаются исследуемые задачи и дополнительно осваиваются способы их решения, иначе, происходит интеграция с курсом «Методы технического творчества». Предлагаемая модель технического образования действительно позволяет выводить подготовку инженера на творческий уровень и формировать соответствующие компетенции, обозначенные в ФГОСЕ.

Справедливости ради, заметим, что одно только изучение основ технического творчества или только методов технического творчества не обеспечит желаемый практический результат, поскольку является лишь элементом в вузовской подготовке инженеров. Важен системный подход, когда решение творческих задач органично пронизывает и иные дисциплины рассматриваемого направления, а в обучении становится доминантным творческий уровень, что влечёт необходимость перехода с информационного уровня на творческий.

Выводы по первой главе.

Изучение теории творчества и ретроспективы его становления как феномена человеческой деятельности показало, что наличествуют три направления развития творчества: мировоззренческое, теоретическое и технологическое.

Мировоззренческое направление развития творчества связано с таким способом познания, как метод. У творчества есть свой инструментарий, к какому относятся методы творчества, благодаря чему удаётся избегать бессистемного поиска на основе проб и ошибок и создавать новое. Среди таких методов исторически стали выделяться методы эвристики и метод комбинирования. Исследователи признают, что в современной методологии технического творчества ещё не создано целостного учения о методах, описан лишь комплекс вполне достаточных принципов.

К современным методам инженерного творчества относятся: постановка и анализ задач; методы мозгового штурма, А. Осборн и конференция идей, В. Гильде; метод каталога, Ф. Кунце; метод эвристических приёмов; морфологический анализ, Ф. Цвикки, и синтез технических решений; метод 14 операций преобразований, Р. Коллера; инженерно-стоимостный анализ, Л. Майзла; метод фокальных объектов, Ч. Вайтинг; метод гирлянд случайностей и ассоциаций, Г. Буш; синектика, В. Гордон; автоматизированный синтез физических принципов действия; автоматизированный поиск оптимальных технических решений; функционально-стоимостный анализ технических объектов; комплексы теории решения изобретательских задач – ТРИЗ, Г.С. Альтшуллер; комплекс ТРИЗ + ФСА (интенсивная технология творчества) и др.

Второе направление в развитии изучения творчества – теоретическое. С этим направлением связаны разработки индуктивного метода познания и коллективной организации науки; метода анализа проблемы и деления её на задачи; формализации операций над основными понятиями, искусства изобретательства. Теоретическое направление развития знаний творчества дало осознание того, что необходимо обеспечивать интегративность процесса такого развития, под которым понимается потребность применения иных наук.

Сущность технического творчества применительно к описываемым в настоящем исследовании условиям предстаёт как самостоятельная, педагогически направляемая творческая деятельность учащейся молодежи, направленная на создание объективно или субъективно новых, общественно или индивидуально полезных технических объектов и эффективно способствующая формированию знаний, умений, навыков и качеств личности, присущих изобретателям. Техническое творчество – это и процесс решения творческой технической задачи.

Под технической задачей понимается та, которая решается техническими средствами. Поскольку объекты техники – это и устройства, и

способы, и вещество, постольку всякий объект являет собой совокупность технических решений. А совокупность взаимоувязанных объектов образует техническую систему. Техническая задача решается через устранение противоречий. Если это технический объект, то устранение противоречий между его положительными и отрицательными свойствами. Если физический объект, то между противоположными состояниями изменённого объекта.

Технические задачи ранжируются по содержательной сути. Одни из них относятся к исполнительским, имея единственное решение. Другие – к инженерным, решаемым в множестве вариантов, но один из которых – оптимален. Третьи – к компромиссным, поскольку их решение не полностью соответствует требованиям противоречий. Наконец, четвёртые относятся к творческим. Их решение направлено на устранение технического или физического противоречия.

Три действия: выявление, разрешение и развитие – вот основное содержание творческой деятельности, как и её отличительные внутренние признаки. Внешние признаки – это её результаты, оценивающиеся по двум характеристикам: новизна и полезность. Из трёх перечисленных действий важнейшее – разрешение противоречий в процессе поиска идеи. Тем самым, сущность творчества обозначается через создание нового и полезного или значимое развитие уже существующего объекта творческого преобразования. Тогда главным определением творчества, становится создание объективного нового и полезного объекта и/или его развитие в условиях неполноты информации.

Творчество как процесс запускается с выбора творческой задачи, а завершается её решением, успешности которого содействует современная технология творчества, его инструменты. К инструментам творчества относятся: методы и правила организации эффективного творческого мышления; приёмы и методы, понимаемые как подсказки эвристических идей сильных творческих решений; описания мало известных, недавно установленных и введённых в практику творческого поиска законов

развития технических и иных систем; типовые подходы и алгоритмы использования всего перечисленного.

Моделирование творческой задачи – один из центральных моментов современной прикладной теории творчества. Модель творческой задачи – это мини-задача, и её структура в упрощённом виде выглядит следующим образом: краткая характеристика объекта творчества - что требуется – при условиях, ограничениях.

В более конкретизированном виде схема полной типовой модели задачи выглядит следующим образом:

- исходная ситуация и потребности в их сопоставлении,
- описание проблемной ситуации,
- характеристика объекта и его недостатков с анализом прототипов,
- анализ требований, условий,
- формулировка мини-задачи,
- соображения о направлении, схеме и методах решения.

Центральным является противоречие. Различаются административные, технические и физические противоречия.

В структуре процесса творчества выделяются следующие этапы:

- 1) анализ и выбор творческой задачи;
- 2) сбор и аналитическая переработка необходимой для решения этой задачи информации;
- 3) поиск идеи решения, его замысла – концепции;
- 4) развитие идеи до реализуемого жизненного решения;
- 5) окончательная разработка и конкретизация решения.

Инженерная задача, решая которую удовлетворяем оба противоположных требования технического или физического противоречия, относится к творческим задачам. Цель решения творческих задач - совершенствование объектов техники (устройств, способов, веществ) посредством новых современных технических решений.

Существует потребность в решении задач трёх уровней:

1. Обращение к известным техническим решениям, их использование;
2. Проведение оптимизации параметров известных решений;
3. Запуск разработки процесса новых технических решений.

Итак, основополагающими понятиями технического творчества для решения исследуемых задач являются: техническое творчество, техническое и физическое противоречие, техническая, исполнительская, инженерная, компромиссная и творческая задачи. Выделенный понятийный ряд вплетается в учебный материал по освоению методологии технического творчества, направленный на эффективное овладение студентами решения задач машиностроения. Для этого одного элективного курса или курса по выбору студентов явно недостаточно. Необходимо пронизать большинство курсов, на которых доминантно осваиваются профессиональные компетенции, материалом по основам технического творчества, направленного на решение задач машиностроения.

В поступательном развитии студенты осваивают теоретические и практические составляющие профессиональной деятельности, пронизанные техническим творчеством, которые развивают соответствующие компетенции. Логика развития выстраивается по восходящей: от информационного уровня к оптимизационному, а от него - к творческому при понимании, что одно только изучение методов технического творчества не обеспечит желаемый практический результат, поскольку является лишь элементом в вузовской подготовке инженеров. Важен системный подход, когда решение творческих задач органично пронизывает и иные дисциплины рассматриваемого направления, а в обучении становится доминантным творческий уровень.

Для того чтобы такой переход стал реальным для исполнения, представляется необходимым:

- провести анализ известных методов решения творческих технических задач для осуществления отбора оптимального метода с целью включения его изучения в процесс вузовской подготовки;

- ввести выбранный метод в вузовский процесс по направлению подготовки 15.0301.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения;

- разработать способы решения задач технологии машиностроения методами технического творчества и апробировать их в учебном процессе.

Представленный перечислительный ряд и станет предметом рассмотрения в последующих главах настоящего исследования.

Глава 2. ПРОТИВОРЕЧИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ И ИХ ВЫЯВЛЕНИЕ.

2.1 Алгоритм решения изобретательских задач.

Ещё один из родоначальников исследования технического творчества Г.С. Альтшуллер утверждал, что решение творческих задач осуществляется только через выявление и последующее разрешение тех технических и физических противоречий, которые в них содержатся. Эти противоречия при постановке технической задачи явно не выражены. Они выявляются в процессе анализа задачи. Также Г.С. Альтшуллером разработан строгий алгоритм выявления противоречий, как технических, так и физических [3], названный им алгоритмом решения изобретательских задач – АРИЗ и совершенствуемый в последующие годы. В первоначальной разработке 1961 года АРИЗ-61 состоял из последовательности, представленной на рис. 2.1:



Рисунок 2.1 - Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-61

Далее последовал АРИЗ-71, представленный на рис. 2.2, который, по справедливому мнению учёного, «намного детальнее, трудные шаги разделены в нём на подшаги, чтобы повысить надёжность решения», <...> «а

изобретателю предлагается система типовых приёмов и таблица, показывающая, какие приёмы наиболее перспективны для устранения данного противоречия»[3].

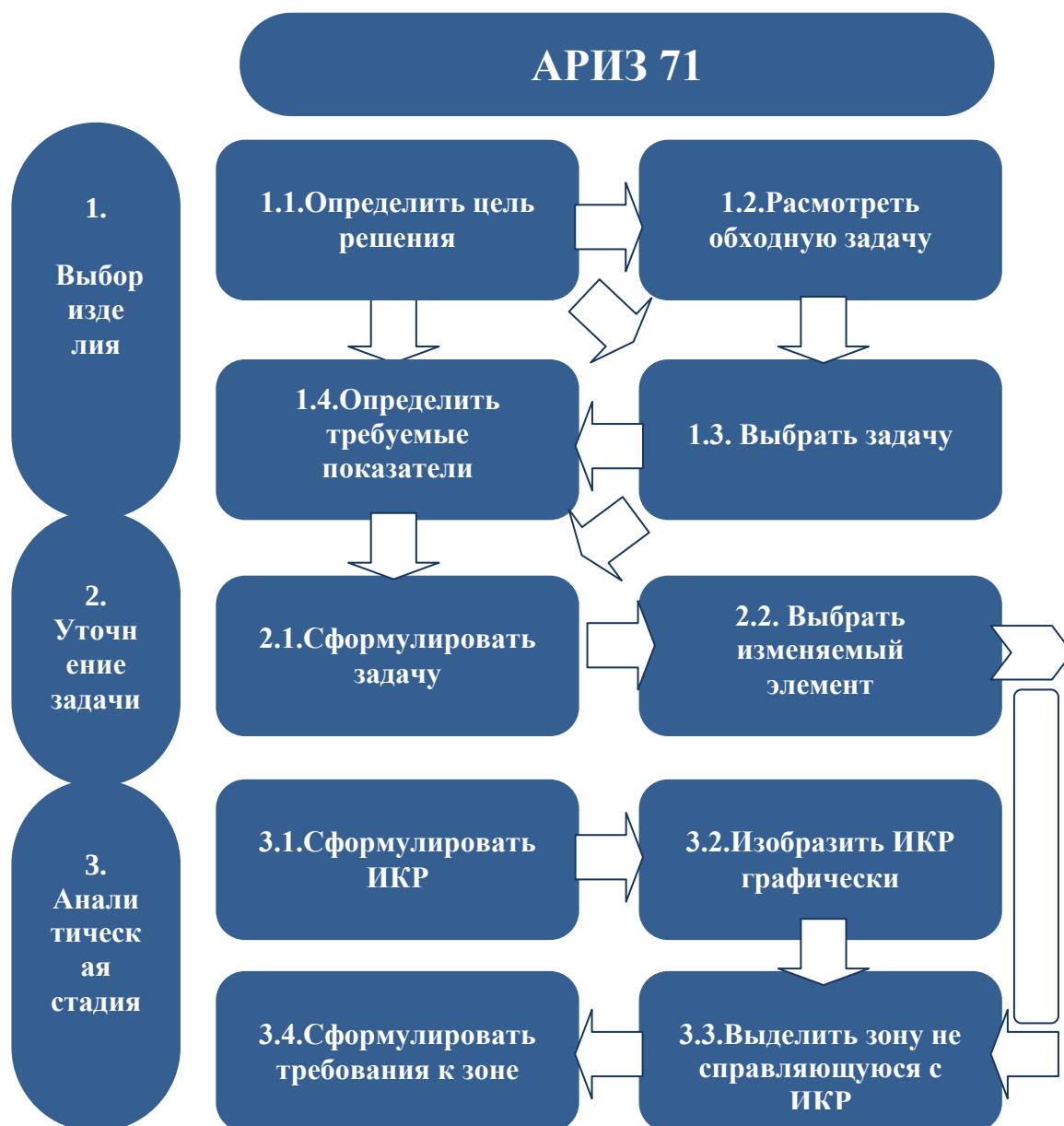


Рисунок 2.2 - Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-71

Сравнение первого и второго вариантов АРИЗ, разработанных с десятилетним интервалом, показывает, что АРИЗ-71 является существенным шагом вперёд по сравнению с АРИЗ-61. Так, в первом варианте, по сути, дан только абрис действия для того, чтобы получить новое техническое решение. Не такой путь предложен во втором варианте: дана уже стройная программа, которая может быть взята студентом как руководство к

действию. Усовершенствование и детализация программы по решению изобретательских задач осуществлены далее в *АРИЗ-77* (рис. 2.3):

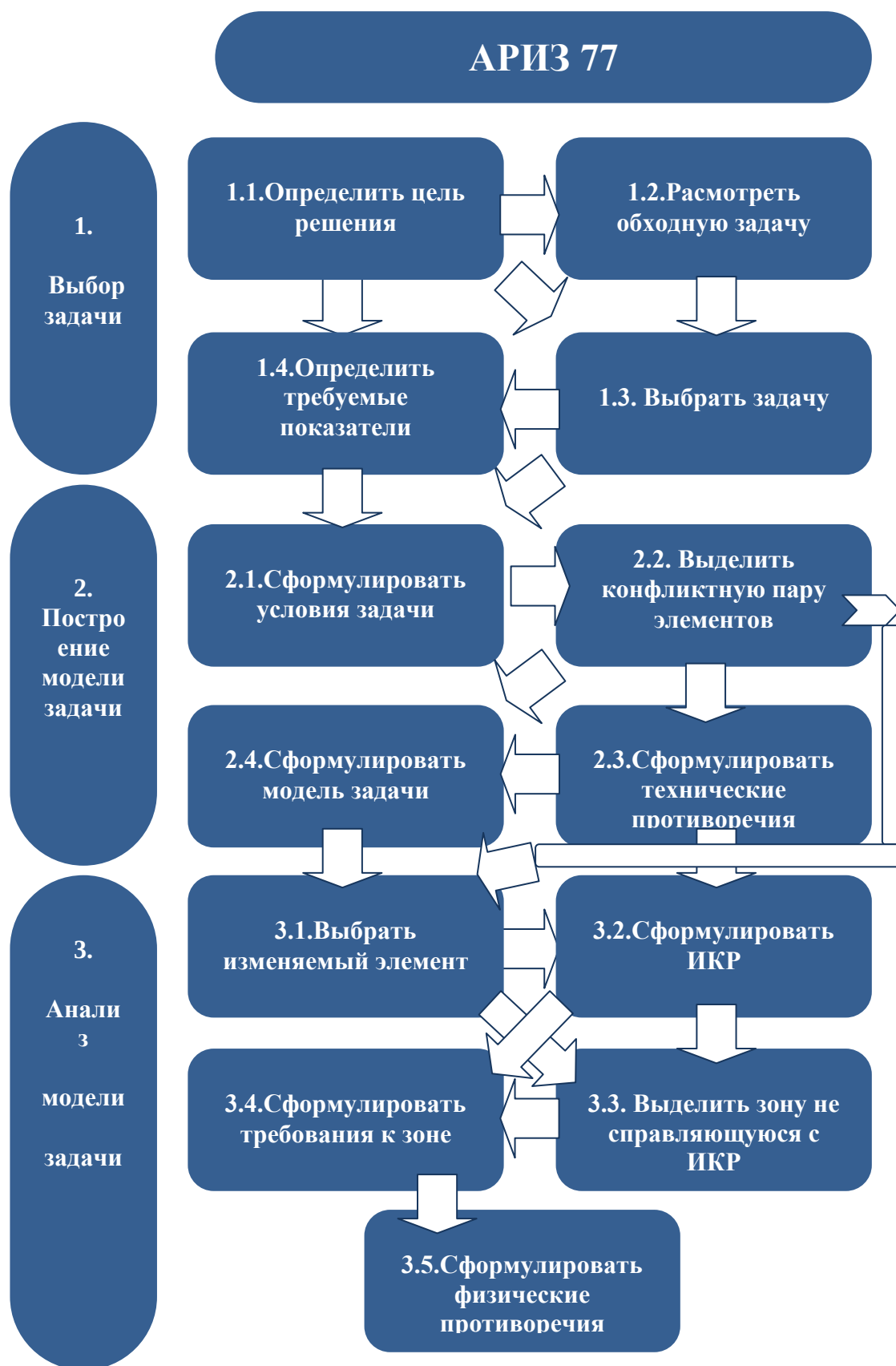


Рисунок 2.3 - Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-77

Раскроем содержательную основу каждого компонента алгоритма – АРИЗ-77.

Часть 1. Выбор задачи.

1.1. Определить завершающую цель решения задачи: какая характеристика объекта должна быть изменена? Какие характеристики объекта изначально не могут меняться в процессе решения задачи? Если задача будет решена, то какие расходы уменьшатся? Какими могут быть приблизительные допустимые затраты? Какой главный технико-экономический показатель следует улучшить?

Заметим: сравнение показывает, что шаг 1.1. АРИЗ-77 не подвергся изменению и точно повторяет шаг 1.1. АРИЗ-71.

1.2. Рассмотреть обходную задачу, то есть определить, какая другая задача должна быть решена для получения искомого конечного результата: дать иную формулировку задачи с переходом на надсистемный уровень, именно в надсистему включается содержащаяся в задаче система; перейти на уровень подсистемы, которая входит в данную систему; на всех трёх уровнях: надсистема, система, подсистема - переформулировать задачу, заменив требуемое действие (свойство) обратным.

Опять же сравнение показывает, что этот шаг в АРИЗ-77 подвергся значительной детализации, но поскольку шаг не снабжён примером, он может быть истолкован далеко не однозначно.

1.3. Выбрать задачу. Иначе, установить: целесообразным представляется решить какую задачу – первоначальную или обходную? Далее - выбрать. Выбор осложняется необоснованно исключенной из АРИЗ-61 детализации, уменьшившей технологические проработки шага.

1.4. Определить количественные показатели, которые важны для решения.

1.5. Требуемые количественные показатели увеличиваются с учётом времени, затрачиваемого на реализацию изобретения.

1.6. Уточняются требования, обусловленные конкретными условиями для предполагаемой реализации изобретения: специфика внедрения, в частности, допускаемая степень сложности решения; возможные масштабы применения.

Заметим, что шаги 1.4 – 1.6 практически повторяют соответствующие шаги предшествующего АРИЗ.

1.7. Проверяется, возможно ли решить задачу прямым использованием стандартов. При нахождении ответа происходит переход к 5.1. В случае отсутствия ответа переход осуществляется к 1.8.

Подчеркнём, что это новый шаг, который стал возможным потому, что Г.С. Альтшуллер, создавая АРИЗ-77, уже разработал систему стандартов решения изобретательских задач [43].

1.8. Уточняется задача благодаря патентной литературе, в которой даны сведения, как решаются задачи в патентах, близкие к той, которая решается; каким образом решают задачи, схожие с данной; по какому пути решаются задачи, обратные данной?

1.9. Применяется оператор РВС: проводится мысленная смена размера объекта, начиная с заданной величины до нуля и далее - до бесконечности; также мысленно меняется время процесса (или скорость движения объекта), начиная с заданной величины до нуля и до бесконечности; затем опять же мысленно меняется стоимость объекта (допустимые затраты), начиная с заданной величины до нуля и до бесконечности.

Часть 2. Построение модели задачи.

2.1. Записываются условия задачи без использования терминов.

2.2. Выделяется и записывается конфликтующая пара элементов – изделие и инструмент.

2.3. Записываются два действия (свойства) элементов конфликтующей пары: то, которое имеется, и другое, которое вводится - полезное и вредное, то есть техническое противоречие.

2.4. Формулируются модели задачи с указанием конфликтующих пар и технического противоречия.

Заметим, что шаги 2.1, 2.2, 2.3 – в АРИЗ-77 введены впервые, обогатив алгоритм необходимой детализацией.

Часть 3. Анализ модели.

3.1. Выбирается элемент модели, подлежащий изменению или замене, помня, что менять технические объекты проще, нежели природные, а инструменты менять легче, чем изделия. Заметим: шаг 3.1- это повтор шагов 2.4 и 2.5 АРИЗ-71, однако добавление примечания способствует правильному выбору того объекта, который изменяем.

3.2. Записывается стандартная формулировка ИКР. Подчеркнём, что в формулировка ИКР должна содержать слово *сам*: элемент (указывается элемент, который выбран в шаге 3.1) сам исключает вредное действие при сохранении того, которое полезно.

3.3. Выделяется зона элемента в шаге 3.2, не справляющаяся с требованиями ИКР.

3.4. Формулируются противоречивые физические требования, которые предъявляются для состояния зоны 3.3 действиями, находящимися в конфликте. Так, для того, чтобы обеспечить (указывается полезное свойство) зона 3.3 должна иметь (указать физическое состояние); чтобы предотвратить (указывается вредное свойство) зона 3.3 должна быть (указывается противоположное физическое состояние).

3.5. Формулируется физическое противоречие. Формулировка в полном виде: зона 3.3 должна быть (указывается состояние) и (указывается противоположное состояние). Краткая формулировка: зона 3.3 должна быть и не должна быть.

Подчеркнём: шаги 3.4 и 3.5 позволяют сформулировать ясную программу для того, чтобы оформить запись последовательности решения, что придаёт ему большую осмысленность.

Часть 4. Устранение физического противоречия.

4.1. Рассматриваются простые преобразования зоны 3.3: противоречивые свойства разделяются как во времени, так и в пространстве, используются переходные состояния при применении перестройки структуры. В случае получения физического решения, осуществляется переход к 4.5, когда не находится физическое решение, то совершается переход к 4.2.

4.2. Используется таблица с типовыми моделями и выполненными преобразованиями. В случае получения физического решения совершается переход к 4.5, когда не находится физическое решение, то совершается переход к 4.3.

4.3. Используется таблица по применению физических эффектов и явлений. В случае получения физического решения совершается переход к 4.5, когда не находится физическое решение, то совершается переход к 4.4.

4.4. Используется таблица основных приёмов для того, чтобы устранить технические противоречия.

4.5. Совершается переход от физического ответа к техническому. Формулируется сущностная характеристика устройства, а также способа и вещества.

Далее развитие АРИЗ осуществлялось через появление новых вариантов: АРИЗ-85 и АРИЗ-85В, предназначенных для повышения творческих возможностей, однако, более всего, адресовались профессиональным изобретателям, поэтому в процесс массового вузовского образования они включаться не могут.

2.2. Алгоритм выявления противоречий

Следует признать, что АРИЗ вследствие совершенствования методологии решения технических задач получил широкое распространение и стал вполне действенным инструментом как раз для их решения. Однако всё более становилось ясным, что для учебных целей все варианты АРИЗ, включая последние, требуют такого количества времени для их проработки,

которого получить не могут. Так появилась потребность в унификации алгоритмов, либо в создании усовершенствованного, применимого к условиям вузовского освоения, что было достаточно профессионально аргументировано А.В. Гордеевым [16]. Им же был создан алгоритм, применяемый в специальном курсе «Основы технического творчества» (ОТТ), который был введён в учебный план Тольяттинского политехнического института, а позднее - Тольяттинского государственного университета, да и ряда других вузов Тольятти. Алгоритм получил название алгоритма выявления противоречий (далее - АВП) - схема алгоритма помещена на рис. 2.4. АВП не копирует АРИЗ по причине уменьшения технологических возможностей, указанных в параграфе 2.1. Однако, следует признать, что АВП отличается так нужной ему краткостью и чёткостью, поскольку направлен на усвоение студентами, а также доминантно направлен на то, чтобы выявлять противоречия. Что касается методов их разрешения, то они нашли своё специальное выделение в структуре курса «Основы технического творчества» [15].

Как очевидно из рисунка 2.4, АВП включает три этапа:

1. Определение проблемы;
2. Нахождение технического противоречия;
3. Обозначение физического противоречия.

Все три этапа содержат определённые шаги.

Дадим комментарий каждому этапу.

Этап 1. Определение проблемы.

1.1. Описание ситуации.

Ситуация понимается как целостное единство свойств и условий работы всей технической системы, включая входящие в эту систему объекты – устройства, способы и вещества. Изначально неизвестно, какие свойства и условия следует учитывать, решая задачи. Вот почему при описании ситуации необходимо использовать как можно большее число сведений.



Рисунок 2.4 - Алгоритм выявления противоречий АВП

Ситуация описывается в произвольной форме. Текст, если потребуется, сопровождается эскизом. Проиллюстрируем теоретические предписания задачей по специальности «Технология машиностроения».

Задача 2.1.

1.1. Описание ситуации.

В целях обработки на фрезерном станке пустотелой детали 1 (рис. 2.5) неправильной формы она должна быть зажата в тиски. Губки 2 тисков имеют плоскую форму, отчего невозможно надёжно закрепить детали, следовательно, в процессе обработки детали она может вырваться из тисков. Поскольку деталь тонкостенная, постольку попытка увеличения силы

зажима может привести к её поломке. Выполнение губки согласно формы детали не достижимо, потому что на станке обрабатываются детали разнообразной формы. Использование между губками тисков и деталью эластичных прокладок не приводит к желаемому результату.

Что делать?

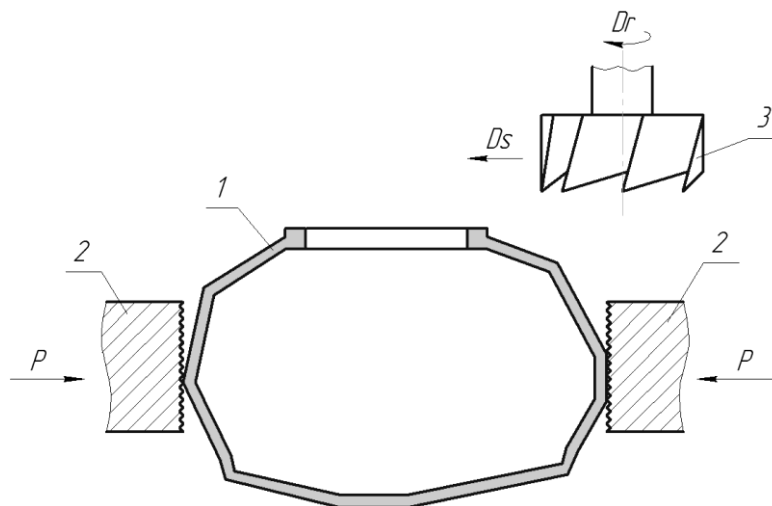


Рис. 2.5 - Зажатие тонкостенной отливки в тисках.
1 – деталь, 2 – губки, 3 – фреза

1.2. Выявление главного недостатка.

Необходимо помнить, что используемый АВП в процессе решения имеет направленность на устранение лишь одного недостатка системы. Соответственно выявляется как раз главный недостаток, который мешает объекту в выполнении своей главной функции. Попутно указывается причина недостатка, если она выяснена.

Этот шаг записывается следующим образом: «В описанной технической системе недостатком является (указывается главный недостаток), по причине того, что (указывается причина недостатка)».

Таким образом, шаг 1.2 при решении задачи 2 записывается так: «Недостатком описанной системы является опасность сломать деталь вследствие действия большой сосредоточенной нагрузки».

1.3. Формулировка проблемы.

Проблема формулируется в форме требования устранения главного недостатка посредством исключения его причины: «Необходимо устранить *(указывается недостаток)* посредством устранения *(указывается причина недостатка)*». В приведённом примере: «Требуется устранение опасности поломки детали через устранение большой сосредоточенной нагрузки».

Этап 2. Выявление технического противоречия.

Техническим противоречием является противоречие между полезным и вредным свойствами системы: при усилении полезного свойства увеличивается и вредное свойство.

2.1. Выделение конфликтующей пары объектов.

Задачей этого шага является сужение области поиска решения. Необходимо убрать из задачи все лишние элементы, детали, обстоятельства и оставить лишь такие, какие потребуются, на взгляд субъекта действия, для решения задачи.

Из системы убираются лишние элементы, остаётся лишь конфликтующая пара объектов: изделие, являющееся выпускаемым, обрабатываемым, обнаруживаемым и т.п. объектом, иначе, объектом, на который направлено действие, и инструмент, являющийся объектом, непосредственно взаимодействующий с изделием, иначе, объектом, действующим на изделие.

Шаг записывается следующим образом:

1. Изделие *(указывают изделие)*;
2. Инструмент *(указывают инструмент)*.

Для описываемой задачи:

1. Изделие – деталь;
2. Инструмент – тиски.

2.2. Выявление полезного свойства.

В процессе решения задачи *напрямую* выясняется, что подвергается ухудшению в системе «изделие - инструмент». Шаг записывается из трёх пунктов:

В первом пункте вскрывается сущность решения задачи *напрямую*, иначе, делается попытка решения задачи явным, очевидным способом, не применяя техническое творчество.

Во втором пункте анализируется, какие произойдут ухудшения при изложенном решении задачи.

В третьем пункте называется полезное свойство системы «изделие – инструмент», ухудшающееся при решении задачи по первому пункту.

Для задачи 2, описываемой в качестве иллюстрации, шаг 2.2 записывается следующим образом:

1. Для предотвращения поломки закрепляемой детали, следует уменьшить силу зажима;

2. Однако при этом появляется опасность, кроющаяся в том, что в процессе фрезерования деталь под действием большой силы резания вырвется из тисков.

3. Полезным свойством является надёжность закрепления детали в тисках.

2.3. Формулировка технического противоречия.

Техническое противоречие формулируется посредством двух пунктов:

1. Полезное свойство – *(указывается полезное свойство системы, п.2.2-3);*

2. Вредное свойство – *(указывается главный недостаток, п.1.2-1)*

При *(кратко описывается ситуация)* *(указывается полезное свойство системы)*, но при этом *(указывают вредное свойство)*.

В примере, используемом в качестве иллюстрации это будет выглядеть так:

Техническое противоречие:

1. Полезное свойство – обеспечивается надёжное закрепление детали в тисках;

2. Вредное свойство – опасность поломки детали.

Закреплением детали в тисках обеспечивается надёжность такого закрепления, однако одновременно появляется опасность поломки детали.

Этап 3. Выявление физического противоречия.

Физическим противоречием является противоречие между двумя противоположными состояниями объекта, в которые он приводится для решения задачи.

3.1. Выбор изменяемого объекта.

Задачей этого шага выступает ещё большее сужение области поиска решения.

Из двух конфликтующих объектов, вычлененных при шаге 2.1, избирается тот, изменение которого целесообразнее в целях решения задачи.

При этом необходимо помнить, что:

- технический объект легче подвергается изменению, нежели природный;
- инструмент легче подвергнуть изменению, нежели изделие;
- дешёвый объект по сравнению с дорогим изменить легче.

Запись шага осуществляется через два пункта:

В первом пункте указывается объект, не подлежащий изменению по причине либо невозможности, либо нецелесообразности изменения с указанием причины;

Во втором пункте указывается изменяемый объект, сохраняющий своё полезное свойство, п.2.2-3.

Шаг записывается следующим образом:

1. *(указывается объект, изменение которого признаётся нецелесообразным) изменять нельзя, поскольку (указывается, по какой причине нельзя);*

2. *Подвергается изменению (указывается объект, подвергаемый изменению), при сохранении (указывается полезное свойство, п.2.2-3).*

Для задачи 2, приводимой в качестве иллюстрации:

1. Деталь не подвергается изменению, поскольку таковы требования, установленные техническими условиями;

2. Изменяться будут тиски с сохранением их способности надёжного закрепления детали.

3.2. Формулировка идеального решения.

Идеальным признаётся такое решение задачи, при котором объект, подвергаемый изменению, самостоятельно устраняет вредное свойство, сохраняя полезное свойство.

В процессе формулирования идеального решения не нужно сомневаться в возможности или невозможности достижения желаемого результата. Очень часто идеальное решение и невозможно получить (например, объект с КПД = 100%, нулевым временем срабатывания, бесконечным сроком службы, нулевой массой и т.п.). Идеальное решение предстаёт таким идеалом, к которому следует стремиться, для чего требуется его четкое представление.

Шаг записывается следующим образом:

Идеальное решение: *(указывается объект, подвергаемый изменению, п. 3.1-2) самостоятельно обеспечивает (указывают устранение вредного свойства, п.2.3б), при сохранении (указывается полезное свойство, п.2.3-1).*

Для приведённой в качестве иллюстрации задачи запись может быть следующей: «Идеальное решение: тиски сами предохраняют деталь от поломки с сохранением надёжности её закрепления».

3.3. Выделение дефектного элемента.

В объекте, подвергаемом изменению, необходимо выделить дефектный элемент, не справляющийся с требованиями, предъявляемыми к идеальному решению.

Шаг записывается следующим образом:

Дефектный элемент *(указывается объект, который изменяется, п. 3.1)*
– *(указывается дефектный элемент).*

В иллюстрируемой задаче 2:

Губки являются дефектным элементом тисков.

3.4. Формулировка физического противоречия.

Физическим противоречием является противоречие между двумя противоположными физическими состояниями дефектного элемента, в которые он приводится, чтобы удовлетворить оба требования идеального решения. Используется три формы для записи физического противоречия - в пунктах 1, 2, 3 шага 3.4.

В пункте 1 приводится развёрнутая формулировка физического противоречия, в которую включено обоснование каждого требуемого противоположного физического состояния дефектного элемента: каким быть дефектному элементу, чтобы выполнить первое требование идеального решения (устранение вредного свойства, п. 2.3-2), и каким ему быть, чтобы выполнить второе требование (сохранение полезного свойства, п. 2.3 - 1):

Для (указывается устранение вредного действия) (указывается дефектный элемент) необходимо (указывается физическое состояние дефектного элемента); чтобы (указывается обеспечение полезного свойства) (указывается дефектный элемент) должен быть (указывают противоположное физическое состояние дефектного элемента).

В пункте 2 даётся сущностная характеристика физического противоречия, но не приводятся обоснования:

(Указывается дефектный элемент) должен быть (указывается физическое состояние дефектного элемента) и (указывается противоположное состояние дефектного элемента.)

В пункте 3 даётся краткая, но ёмкая формулировка физического противоречия:

(Указывается дефектный элемент) должен быть и не должен быть.

В задаче 3.1 формулировки физического противоречия может быть сформулировано следующим образом:

1. Чтобы предохранить детали от поломки посредством рассредоточения нагрузки, губки тисков должны быть эластичными, а чтобы обеспечить надёжное закрепление, детали губки должны быть жёсткими;

2. Губки должны быть эластичными и жёсткими;

3. Губки и должны быть, и не должны быть.

Решение приведённой задачи будет рассмотрено ниже, здесь же подчеркнём, что рассмотренный пример анализа задачи по АВП демонстрирует, как постепенно сужается поиск решений: от многокомпонентной технической системы (шаг 1.1) – к паре конфликтующих объектов (2.1), затем - к одному объекту (3.1) и, наконец, – к дефектному элементу этого объекта (3.3). Итогом становится то, что вместо совокупности сложных объектов предстаёт относительно простой элемент, к которому и предъявляются требования физического противоречия.

Заметим, что АРИЗ не обеспечивает непосредственное техническое решение, однако значительно сужает поисковую область, тем самым повышая вероятность нового решения и уменьшая трудоёмкость поиска.

В Приложении № А представлен порядок работы с АВП при решении технических задач, что важно для овладения студентами методологией технического творчества. Пользуясь таблицей, студенты успешнее будут выявлять технические и физические противоречия в процессе решения задач технологии машиностроения. Систематическое выявление технических и физических противоречий в определённой области техники позволяет составить банк противоречий.

Таким образом, алгоритм выявления противоречий - АВП служит правильному формулированию задачи и посредством последовательного сужения поля поиска (следуя от технической системы далее - к паре конфликтующих объектов, далее – к одному изменяемому объекту, от которого - к дефектному элементу объекта) поэтапному выявлению технического и физического противоречия, которое содержится в задаче.

АВП включает три этапа. В каждом таком этапе содержатся следующие шаги:

1. Выявляется проблема (описывается ситуация, выявляется главный недостаток, формулируется проблема).

2. Выявляется техническое противоречие (выделяются конфликтующие пары объектов, выявляются полезные свойства, формулируется техническое противоречие).

3. Выявляется физическое противоречие (выбирается изменяемый объект, формулируется идеальное решение, выделяется дефектный элемент, формулируется физическое противоречие).

2.3. Выбор методов технического творчества для изучения в вузе.

Проведённая теоретическая часть исследования позволяет, используя её как фундамент, приступить к анализу тех методов технического творчества, которые предпочтительны для вузовского изучения студентами. Как уже было подчёркнуто, техническая задача решается посредством выявления и последующего разрешения противоречий. Причём, должны быть удовлетворены противоположные требования, предъявляемые к объекту. В качестве примера приведём такие физические противоречия: объект должен быть малым и большим, неподвижным и подвижным, тяжелым и легким, острым и тупым и т.п. Каким образом добиться сочетания в объекте перечисленных свойств?

Нужен выбор метода разрешения противоречий, которому обучаются в вузе, а затем используют в технологии машиностроения на творческом уровне.

Из тех методов, приёмов и правил решения творческих задач, которые нашли своё описание в научно-технической литературе, нами выбраны семь. Аргументация выбора (предварительное изучение литературных источников и экспериментальное введение в учебный план спецкурса ОТТ в Тольяттинском государственном университете) апробирована в авторской

публикации в соавторстве с А.В. Гордеевым, тем самым получив подтверждение в правильности выбора [17]. Проведённый анализ позволил сделать вывод, что наиболее эффективными для их изучения в вузе являются следующие методы технического творчества:

- метод контрольных вопросов - КВ;
- мозговой штурм - МШ;
- метод фокальных объектов - ФО;
- морфологический анализ - МА;
- метод эмпирических правил - ЭП;
- метод разделения противоречий - РП;
- вепольный анализ - ВА.

Изучение именно перечисленных методов предлагается в качестве основного содержания курса по выбору студентов «Методы технического творчества». Исходя из того, что в доступной нам литературе не были обнаружены методики сравнительного квалиметрического анализа методов решения творческих задач, мы обосновали соответствующие критерии. Так, критериями сравнения избраны: результативность и технологичность. Результативность понимается нами как возможность получения с помощью данного метода «сильных» технических решений, иначе, таких решений, которые обладают высоким творческим уровнем. К признакам такого уровня отнесём: оригинальность, уровень достижения цели, технический и экономический эффект. Технологичность понимается как простота, малая трудоёмкость усвоения и применения. И тот и другой критерии нормированы - в пределах от 1 до 7 баллов. Обобщённым критерием для сравнения принято произведение оценок в баллах. Итоги сравнения даны в табл. 2.1.

Таблица наглядно иллюстрирует то, что чем более метод результативен, тем менее технологичен. Например, простые методы, какими являются метод контрольных вопросов (ТР=7) и мозговой штурм (ТР=12), наименее результативны. В то время как методы разделения противоречий (ТР=14) и вепольный анализ (ТР=8) результативны, хотя и, следует признать,

представляют сложность в усвоении и использовании. «Золотая середина», по праву, принадлежит методу Эмпирических правил, число которого – 18 баллов, почему он и избран в вузовском изучении дисциплин технологического цикла. Сравнительная диаграмма проанализированных методов представлена на рис. 2.2.

Таблица 2.1 - Результаты сравнения эффективности методов решения творческих задач технологии машиностроения

Критерий	Метод						
	КВ	МШ	ФО	МА	ЭП	РП	ВА
Результативность Р	1	2	3	4	6	7	8
Технологичность Т	7	6	5	4	3	2	1
Произведение РТ	7	12	15	16	18	14	8

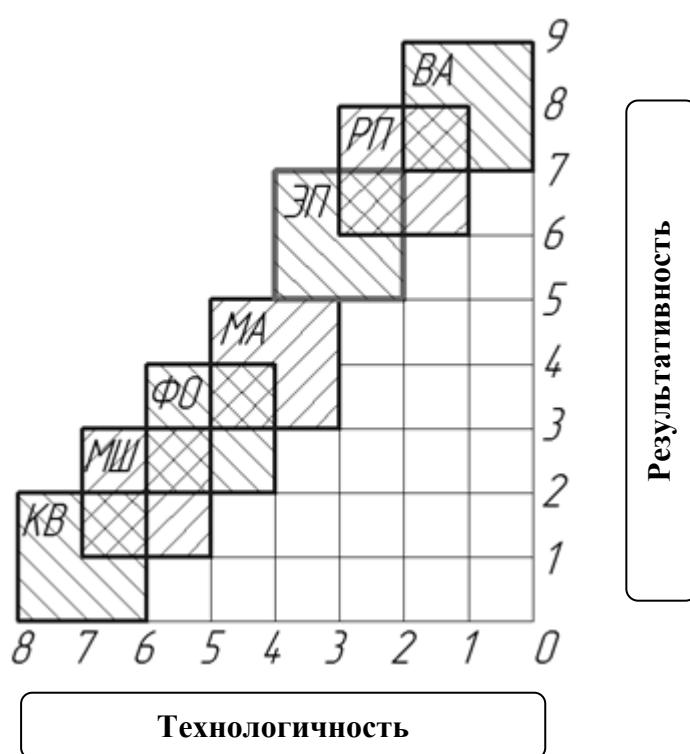


Рисунок 2.2. Сравнительная диаграмма методов решения технических задач

Кратко остановимся на характеристике методов разрешения технических и физических противоречий. Самые эффективные из них: метод эмпирических правил (эвристических приёмов), метод разделения противоречий, вепольный анализ.

Из названный наиболее простой **метод эмпирических правил – ЭП**. Термин «эмпирический» (от греч. *empeiria* – опыт) говорит сам за себя: основывающийся на опыте, фактах. Почти все исследователи технического творчества дали авторский набор таких правил и приёмов. Их уже набралось не одна сотня. Например, А.И. Половинкин разработал количество эмпирических приёмов, переваливших за 400 [41]. Предлагая эмпирические приёмы решения технических задач, их авторы, по сути, имеют в виду «подсказку по аналогии». Но число возникающих технических задач не поддаётся счёту, поэтому такой список никогда не будет завершённым, да и запомнить его невозможно.

Выход был найден в системе ТРИЗ, когда было обращено внимание на то, что как бы ни был велик реестр технических задач с содержащимися в них техническими противоречиями, количество вытекающих из них физических противоречий весьма ограничено: объект должен быть большим и малым, горячим и холодным, подвижным и неподвижным, твёрдым и жидким и т.п. Опять же Г.С. Альтшуллером была выдвинута гипотеза о том, что если число физических противоречий имеет ограничение, то следует ограничить и число тех приёмов, которые их устраняют. Тем самым, эмпирические приёмы должны быть отнесены не к конкретным техническим задачам или к конкретным техническим противоречиям, а к типам физических противоречий. Так обозначилось 40 типовых эмпирических правил разрешения противоречий – эвристические приёмы, каждый из которых может содержать ещё несколько приёмов.

Метод разделения противоречий - РП.

Этот метод в первом приближении сформулировал в тридцатые годы прошлого века Роберт Бартини. Существо метода РП заключается в том,

что противоречивые требования, которые предъявляются к объекту, разводят, разъединяют, разделяют во времени или в пространстве.

К примеру, физическое противоречие состоит в том, что объект должен быть подвижным и неподвижным. Разделением такого противоречия во времени может стать прерывистое движение объекта – в определённый момент времени он подвижен, в определённый момент – неподвижен. Разделением этого противоречия в пространстве может стать частичная подвижность – одна часть объекта подвижна, другая является неподвижной.

Методу РП свойственно два правила:

1. Разделение противоречия во времени - РПВ;
2. Разделение противоречия в пространстве - РПП.

Сущность правила РПВ заключается в том, что выполняются оба требования физического противоречия, однако они проявляются в разный момент времени.

Правило содержит несколько приёмов.

Приём РПВ1 «Оптимизация»: когда не обеспечиваются оптимальные условия действия, тогда необходимо разделить таким образом, чтобы в каждый момент объект находился в оптимальных условиях.

Приём РПВ2 «Растяжение – сжатие»: когда действие невозможно или не обеспечивает необходимый эффект, тогда необходимо растянуть (сжать) во времени, то есть выполнять действие намного быстрее (намного медленнее).

Приём РПВ3 «Предварительное действие»: если выполнить требуемое действие в данный момент невозможно, то его необходимо выполнить до начала работы (или после её окончания). Это может быть как полезное действие, так и предотвращение вредного действия.

Приём РПВ4 «Опережение - запаздывание»: если выполнить действие в данный момент времени или заранее (позднее) невозможно, то его необходимо выполнить чуть раньше (чуть позже).

Приём РПВ5 «Прерывистость»: если непрерывное (прерывистое) действие неэффективно, его нужно заменить прерывистым (непрерывным), изменить соотношение импульсов и пауз, использовать паузы между импульсами одного действия для другого действия.

Сущность правила РПП состоит в том, что выполняются оба противоречивых требования физического противоречия, однако проявляются они в разных частях объекта.

Правило содержит приёмы:

Приём РПП1 «Дробление»: если объект не выполняет результативно свою функцию, то его необходимо разделить на части, которые выполняют одинаковые функции.

Приём РПП2 «Деление»: если объект не выполняет требуемых функций, то его необходимо разделить на части, каждая из которых выполняет свою функцию.

Приём РПП3 «Оптимизация»: если объект не выполняет своих функций, так как к нему предъявляются противоположные требования, то его необходимо разделить так, чтобы каждая его часть находилась в более благоприятных условиях.

Приём РПП4 «Противопоставление»: если объект не выполняет свои функции, то его необходимо разделить так, чтобы каждая его часть приобрела свойства, противоположные свойству объекта в целом.

Вепольный анализ - В.

Любая техническая система, по предложению Г.С. Альтшуллера [4], рассматривается как совокупность веществ (предметов) - В и полей (воздействий, взаимодействий) - П. Минимальную работоспособную систему из двух веществ и поля учёный-исследователь и назвал веполем – от слов «вещество» и «поле» [6]. Для наглядности веполь схематически изображают в виде:

В2 — П — В1

Линии между элементами веполя изображают связи (взаимодействия) между ними. Они конкретизируются следующим образом:

- положительное действие,
- ~ вредное действие, бездействие;
- ↔ взаимодействие.

Вепольный анализ включает несколько правил:

1. Достройка веполя - ВАД;
2. Улучшение элементов веполя - ВАУ;
3. Надстройка веполя - ВАН.

Правило ВАД.

Если невепольная система, состоящая из одного или двух элементов, неработоспособна, то её нужно достроить до полного веполя посредством добавления недостающих элементов

Приём ВАД1 «Добавки». Если требуется обнаружить объект В1 или управлять его свойствами (плотность, вязкость, пористость, движение, деформация, фиксация, дробление, перемешивание и т.п.), то в него предварительно вводят добавку В2, которая либо создает поле П, либо взаимодействует с имеющимся полем.

Приём ВАД 2 «Ограниченные добавки». Если введение добавок в объект запрещено, то используется один из обходных путей:

1. Вместо внутренней добавки вводится наружная;
2. Вводится в очень небольших дозах особо активная добавка;
3. Вводится добавка на короткое время;
4. Вводится добавка в виде химического соединения, из которого она затем выделяется.

Приём ВАД3 «Максимальный режим». Когда невозможно обеспечить оптимальный режим действия, тогда используется максимальный режим с последующим исключением избытка поля вещества, а избытка вещества – полем.

Правило ВАУ. Если вепольная система неработоспособна, необходимо улучшать (изменять или заменять) один или два её элемента.

Приём ВАУ1 «Изменение элемента». Если вепольная система неработоспособна, изменяется один из её элементов, чем повышается его динамичность, идеальность, дробность, управляемость.

Приём ВАУ2 «Замена элемента». Если изменение одного или двух элементов не даёт результата, их меняют на элементы, которые обладают большей динамичностью, идеальностью, дробностью, управляемостью.

Правило ВАН. Когда вепольная система неработоспособна, а улучшение элементов не обеспечивает требуемого результата, тогда её нужно преобразовать посредством добавления элементов

Приём ВАН1 «Видоизменённое вещество». Если требуется устранить вредное воздействие П на вещество В1, то между полем П и одним из веществ, В1 или В2, вводится видоизменение одного из данных веществ.

Приём ВАН 2 «Третье вещество». Если введение видоизменённого вещества В1' или В2' не устраняет вредного воздействия поля П на вещество В1, то между полем П и одним из веществ вводится третье вещество В3.

Приём ВАН3 «Объединение веществ». Если действие на объект В1 невозможно по причинам его непрочности, нежёсткости и т.п., то объект объединяют с веществом В3, который делает его прочным, жёстким и т.п., а по завершению действия вещество В3 удаляется растворением, испарением и т.д.

Приём ВАН 4 «Перенос действия». Если действие на объект В1 невозможно, то оно направляется на другой объект В3, связанный с В1.

Таким образом, при существовании различных методов разрешения технических и физических противоречий наиболее эффективными проявили себя метод эмпирических правил (эвристических приёмов), метод разделения противоречий, вепольный анализ, рекомендуемые нами для изучения в учебном вузовском курсе «Методы технического творчества» по направлению подготовки «Технология машиностроения», как и метод

контрольных вопросов - КВ; мозговой штурм - МШ; метод фокальных объектов - ФО; морфологический анализ - МА – всего 7 методов.

Критериями оценки их результативности приняты результативность и технологичность.

Для проверки того, каково качество усвоения студентами материала, содержащегося в первой и второй главах настоящего исследования, необходимы контрольные вопросы и упражнения по курсу «Методы технического творчества». Приводим их возможный перечень:

1. Сущность метода проб и ошибок и его недостатки.
2. Мозговой штурм как метод технического творчества.
3. Метод фокальных объектов: сущностная характеристика.
4. Морфологический анализ как метод технического творчества.
5. Основные этапы алгоритма выявления противоречий.
6. Ситуация как понятие. Требование, предъявляемое к описанию ситуации при постановке технической задачи.
7. Как формулируется проблема?
8. Что включает конфликтующая пара объектов?
9. Как выявляется полезное свойство технической системы?
10. Каким образом из двух объектов выбирается тот, который необходимо изменить?
11. Что означает идеальное решение? Всегда ли оно достигается? Если не достигается, то для чего оно необходимо?
12. Что означает дефектный элемент?
13. Требования, предъявляемые к дефектному элементу.

Выводы по второй главе.

Таким образом, проведённые исследования, зафиксированные во второй главе, позволяют обобщить следующие выводы.

Даже на обывательском уровне, не говоря уже о научном, известен самый древний метод решения задач - метод проб и ошибок. Его широкое

использование приводит к постоянной модернизации. Анализ литературы показывает, что самыми распространёнными модификациями метода проб и ошибок являются: метод контрольных вопросов, мозговой штурм, метод фокальных объектов, морфологический анализ. Однако для решения технических задач приведённый перечень мало результативен по причине того, что в основании каждого метода из перечня лежит перебор вариантов решения, а главной задачей является сокращение возможного числа вариантов, за счёт чего происходит увеличение вероятности получения ожидаемого решения, сопровождаемого снижением количества времени и средств на решение задачи.

Авторитетным исследователем технического творчества Г.С. Альтшуллером разработаны методы, направленные не на уменьшение числа переборов, а на выявление и разрешение содержащихся в задаче технических и физических противоречий. Именно Г.С. Альтшуллером предложена рациональная теория решения изобретательских задач - ТРИЗ, базирующаяся на алгоритме решения изобретательских задач - АРИЗ. Такой алгоритм даёт возможность свести задачи высокого уровня сложности к относительно простым задачам. Но АРИЗ сложен в усвоении, почему и не может быть рекомендован к массовому использованию, как и к изучению методологии технического творчества, решению учебных задач, в том числе по технологии машиностроения.

А.В. Гордеевым – учёным Тольяттинского государственного университета создан усовершенствованный алгоритм выявления противоречий - АВП, отличающийся чёткостью и простотой, отчего и результативен для изучения студентами вузов. Последовательность этапов и шагов АВП следующая:

1. Выявление проблемы.
 - 1.1. Описание ситуации;
 - 1.2. Выявление главного недостатка;
 - 1.3. Формулировка проблемы;

2. Выявление технического противоречия.

2.1. Выделение конфликтующей пары объектов;

2.2. Выявление полезного свойства;

2.3. Формулировка технического противоречия;

3. Выявление физического противоречия.

3.1. Выбор изменяемого объекта;

3.2. Формулировка идеального решения;

3.3. Выделение дефектного элемента;

3.4. Формулировка физического противоречия.

Появились различные методы разрешения технических и физических противоречий. Наиболее эффективными из них проявили себя метод эмпирических правил (эвристических приёмов), метод разделения противоречий, вепольный анализ, рекомендуемые нами для изучения в учебном вузовском курсе «Методы технического творчества» по направлению подготовки «Технология машиностроения», как и метод контрольных вопросов - КВ; мозговой штурм - МШ; метод фокальных объектов- ФО; морфологический анализ- МА – всего 7 методов.

В качестве критериев оценки приняты результативность и технологичность.

Глава 3. МЕТОД ЭМПИРИЧЕСКИХ ПРАВИЛ.

Уже в преамбуле главы подчеркнём, что в научно-технической литературе нет единообразия в подходах к определению понятий метода, правила и приёма. Вслед за А.В. Гордеевым, метод будем определять как принципиально оригинальный подход, варианты подхода – как правила, а пути применения правил – как приёмы, подразделяемые на подприёмы, подприёмы 2 уровня и т.д., исходя из степени конкретизации всего диапазона тех технических задач, которые предстоит решить.

При оценке результативности метода эмпирических правил (далее – ЭП) учитывались характеристики:

1. Метод распространяется на почти все области деятельности с техническими задачами, включая машиностроение;
2. Метод даёт возможность для решения технических задач любого уровня сложности;
3. Метод способствует получению «сильных» технических решений в технологии машиностроения.

3.1. Выбор эмпирических правил в аспекте изучения в вузе.

Уже подчёркивалось, что метод эмпирических правил решения технических задач (далее - ЭП) не самый сильный среди тех методов решения технических задач, которые были уже рассмотрены. Однако, этот метод эффективен для вузовского освоения, поскольку вбирает в себя высоту технических возможностей для эффективных технических решений, сохраняя результативность технологичного изучения и внедрения. ЭП оформлены в виде перечня определённых путей, которые направлены на устранение технических противоречий, к тому же, систематизированы. Используемые ныне перечни ЭП насчитывают сотни приёмов устранения технических противоречий, среди которых 40 наиболее продуктивных, по справедливому выводу Г.С. Альтшуллера [2]:

1. Дробление: разделение объекта на независимые части, выполнение его разборным, увеличение степени дробления;
2. Вынесение: отделение от объекта мешающей части (мешающее свойство) или, наоборот, выделение нужной части, нужного свойства;
3. Местное качество: переход от однородной структуры объекта к неоднородной, разные части объекта выполняют разные функции, а каждая часть объекта находится в тех условиях, которые более благоприятны для её функционирования;
4. Ассиметрия: переход от симметричной формы объекта к ассиметричной, увеличение степени асимметрии;
5. Объединение: соединение однородных или предназначенных для смежных операций объектов, объединение во времени однородных или смежных операций;
6. Универсальность: выполняется несколько функций, отчего нет необходимости в других объектах;
7. Матрёшка: помещение объекта внутрь иного объекта, который находится внутри третьего и т.д., тем самым, объект пропускается сквозь через полость другого;
8. Антивес: компенсация веса объекта посредством соединения с объектом, который обладает подъёмной силой, одновременно взаимодействуя со средой;
9. Предварительное антидействие: когда антидействие осуществляется упреждающе;
10. Предварительное действие: когда действие выполняется ранее требуемого;
11. Подложенная подушка: компенсация низкой надёжности объекта аварийными средствами, которые предусмотрены заранее;
- 12) Эквипотенциальность: изменение условий работы таким образом, чтобы впоследствии объект не подвергать подъёму или опусканию;

13. Наоборот: осуществление обратного действия с тем, чтобы движущая часть объекта обрела неподвижность, а неподвижная – движение при перевертывании объекта снизу вверх;

14. Сфероидальность: переход от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от куба или параллелепипеда к шаровым конструкциям, от прямолинейного движения к вращательному, с использованием центробежной силы, а также роликов, шариков, спиралей;

15. Динамичность: характеристикам объекта придаётся оптимальность на всех этапах работы, объект делится на части, которые способны перемещаться по отношению друг к другу, а неподвижный объект делается подвижным;

16. Частичное (избыточное) действие: при затруднительности получения 100% эффекта ставится задача получения побольше или поменьше такого эффекта;

17. Другое измерение: перемещение или размещение по линии заменяется перемещением или размещением по плоскости, а перемещение по плоскости заменяется переходом к трёхмерному пространству, использование многоэтажной компоновки объекта, наклон объект, подложка на бок;

18. Колебания: приведение объекта в колебательное движение, увеличение частоты колебаний, использование резонанса, применение вибраторов, использование ультразвука и электромагнитных полей;

19. Периодичность: переход от непрерывного действия к периодическому (импульсному), изменение периодичности, использование пауз между импульсами для иного действия;

20. Непрерывность действия: работа ведётся без перерывов, устраняются холостые и промежуточные ходы;

21. Проскок: этапы процесса, содержащие вредность или опасность, ведутся в повышенном скоростном режиме;

22. Вред в пользу: использование вредных факторов с целью получения положительного эффекта, устранять вредный фактор, объединяя с иным вредным фактором, усиление вредного фактора до такого состояния, чтобы он стал уже не вредным;

23. Обратная связь: введение (изменение) обратной связи;

24. Посредник: передача действия через промежуточный объект, пока совершается действие присоединяется легкоудаляемый объект;

25. Самообслуживание: объект себя обслуживает, используются отходы энергии, вещества;

26. Копирование: используется не объект, а его копия, переход к инфракрасным или ультрафиолетовым копиям;

27. Дешёвая недолговечность: замена дорогого объекта дешёвым, в ущерб отдельным характеристикам, к примеру таким, как долговечность;

28. Замена механической системы: замена механической системы оптической, акустической, запаховой, использование электрических, магнитных и электромагнитных полей, переход от полей, которые неподвижны, к тем, которые движутся, переменны во времени, использование ферромагнетики;

29. Пневмо - и гидроконструкции: в замен твёрдых частей объекта использование газообразных и жидких, надувных и гидронаполняемых, гидростатических, реактивных и воздушной подушки;

30. Гибкие оболочки: использование гибких оболочек и тонких плёнок;

31. Пористость: выполнение объекта пористым, использование дополнительных пористых элементов, заполнение поры каким-либо веществом;

32. Окраска: изменение окраски объекта или внешней среды, степени прозрачности, применение красящих добавок;

33. Однородность: объекты, которые взаимодействуют с данным, делаются из того же материала или того, который близок по характеристикам;

34. Отброс и регенерация: выполнившая своё назначение та часть объекта, которая выполнила свою предназначенность, отбрасывается (растворяется, испаряется и т.д.) или видоизменяется, а те части объекта, которые расходуются, подлежат восстановлению прямо по ходу работы;

35. Агрегатное состояние: изменение агрегатного состояния объекта, использование псевдожидкости, эластичного материала;

36. Фазовые переходы: использование явлений, возникающих в процессе фазовых переходах: изменение объёма, поглощение тепла и т.д.;

37. Тепловое расширение: использование теплового расширения - сжатие материала, использование материалов с разными коэффициентами теплового расширения;

38. Окисление: замена воздуха кислородом, воздействие ионизирующего излучения, применение озонированного кислорода;

39. Инертность: замена обычной среды на инертную, ведение процесса в вакууме;

40. Композиты: переход от однородных материалов к композиционным.

Со всей очевидностью, изучить все 40 приёмов невозможно. Они могут быть рассмотрены лишь ознакомительно. Однако, на примере нескольких из них можно и нужно постигать методологию их применения. Анализ научной литературы и практического опыта использования приёмов позволили нам прийти к заключению, что целесообразно, во-первых, объединить похожие приёмы, подчёркивая различия их подприёмов, а во-вторых, исключить приёмы, которые используются редко. Так, в технологии машиностроения можно исключить 2, 8, 12, 16, 21, 23, 24, 33, 34, 37, 38 и 39 приёмы в силу их редкого использования.

Таким образом, для учебного курса «Методы технического творчества» избирается десять эвристических правил:

1. Разделение – объединение (Р);
2. Упругость – жёсткость (У);

3. Наоборот (Н);
4. Криволинейность (К);
5. Динамичность (Д);
6. Аналогия (А);
7. Вред в пользу (В);
8. Состояние
9. Посредник (П);
10. Физические поля (Ф).

У каждого правила ряд приёмов. Правила и приёмы имеют названия, в которых отражена их сущностная характеристика. Начальная буква наименования правила является шифром правила. Шифр приёма включает шифр правила и номер приёма правила.

В силу ограниченности объёма выпускной квалификационной работы рассмотрим лишь одно эмпирическое правило и пример задачи на его использование, остальной материал поместим в Приложении №Б

3.2. Правила «Разделение – объединение» и «Криволинейность».

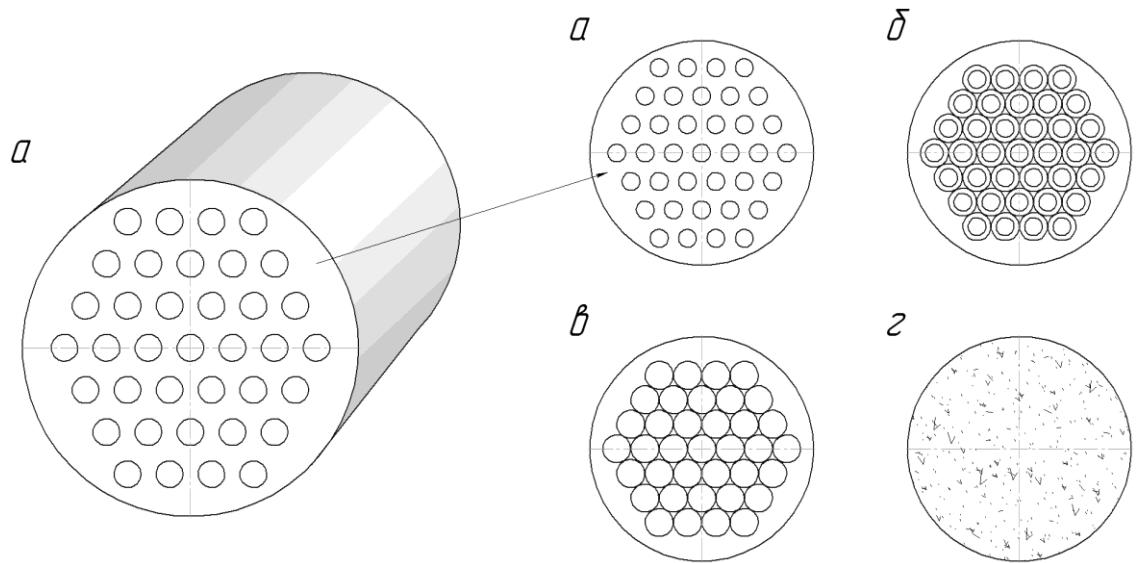
Правило «Разделение – объединение» (Р).

Значимость правила заключается в следующем: чтобы решить задачи объекты подлежат объединению в более крупные, или разделению на мелкие.

Приём Р1 «Разделение объекта»: разделить объект на составные части, с одинаковыми или различающимися функциями (объединение нескольких объектов в один). Заметим, что у приёма может быть инверсия - обратное действие. К примеру, инверсией действия делится объект на составные части, следствием чего станет действие на объединение объектов в один.

В том случае, когда условия работы объекта обуславливают предъявление к нему противоположных требований, необходимо выполнять его, исходя из двух частей. Первая часть соответствует одному требованию физического противоречия, а вторая часть - противоположному требованию.

Приведём пример задачи:



а – цельный с отверстиями, б – из трубок, в – из стержней, г – из
стеклянного боя

Рис. 3.1. Стекло́нный филь́тр

Задача 3.1. На химическом заводе вышел из строя фильтр. Фильтр - это стеклянный цилиндр, у которого диаметр 0,5 м и длина 1 м (рис. 3.1а). Вдоль цилиндра выполняются сквозные отверстия диаметром 2 мм – несколько сот отверстий. Разумеется, сразу был сделан заказ стеклянному заводу на новые фильтры. Однако технологический процесс химзавода непрерывен. Производство остановить нельзя. Тогда следует поставить временный фильтр. Но как его изготовить?

Решение. Налицо представлено физическое противоречие: отверстия необходимы в таком виде, в каком требуют условия задачи, но отверстия и не представляется возможным сделать по причине их сложности. Возникает парадокс: отверстия и должны иметь место, и они не должны быть. Противоречие убирается при помощи дробления. Изготавливается фильтр не из цельного стеклянного цилиндра, а в форме пучка стеклянных трубок требуемого диаметра, или, другой вариант, - фильтр из стеклянных стержней. Но и третий вариант с простейшим решением: фильтр из битого стекла.

Правило «Криволинейность» (К)

Основу правила составляет то, что в целях решения задачи у объекта должен быть криволинейный элемент.

Приём К1 «Криволинейный элемент»: заменяются прямолинейные элементы объекта криволинейными, а криволинейные - прямолинейными, также заменяется равномерная кривизна неравномерной, а неравномерная - равномерной.

Задача 3.2. Фасонный токарный резец представляет собой инструмент сложный и дорогой. Когда затупляются режущие кромки, то его перетачивают и сошлифовывают слой материала. Резец утилизируется после нескольких переточек. Для увеличения срока службы резца увеличивается размер режущей части, которая делается в форме столбика. Однако такое увеличение размеров неудобно для эксплуатации, а бывает, что отсутствует и возможность его установки в силу малых площадей.

Как же произвести увеличение числа переточек и не увеличить размеры резца?

Решение кроется в, так называемом, круглом фасонном резце, представляющем собой диск, у которого есть выемка для образования режущей кромки. В любом радиальном сечении у резца есть заданный фасонный профиль. Круглый резец даёт возможность производить втрое больше переточек по сравнению со столбиковым фасонным резцом того же размера. А если заменить шестигранную форму гайки или головки болта на овальную, то это сделает её более долговечной, поскольку будет исключено смятие рёбер шестигранника, ключ не будет срываться и бить по рукам.

Остальные правила, отдельные задачи к ним и их решения приведены в Приложении №Б

3.3. Методическое обеспечение учебного курса «Методы технического творчества».

Уже указывалось, что разрабатываемый в настоящем исследовании учебный курс «Методы технического творчества» изучается студентами на

основе учебного плана направления подготовки специалистов 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения в завершающем восьмом семестре - после того, как изучены дисциплины профессионального цикла. Такое местоположение курса позволяет использовать уже полученные знания, но и предложить путь органического включения материала курса «Методы технического творчества» в предшествующие дисциплины.

Речь идёт о таких дисциплинах, как «Введение в профессию», «Технология конструкционных материалов», «Детали машин и основы конструирования», «Выбор методов получения и проектирование заготовок», «Технологические процессы в машиностроении», «Материаловедение», «Основы технологии машиностроения», «Технология изготовления инструмента». Так, уже в первом семестре первокурсники должны быть ознакомлены с основами технического творчества как необходимом компоненте обучения и важнейшей компетенции инженера-технолога на занятиях курса «Введение в специальность». В других перечисленных дисциплинах, подчёркивая необходимость поиска самостоятельного творческого решения, значимо или ввести в самом общем виде метод, правило или приём курса «Методы технического творчества», или напомнить, если студенты их использовали, или кратко передать сущность вводимого способа решения технических задач, или рассмотреть конкретные примеры практического применения.

Приводим пример такого введения в дисциплине «Технология конструкционных материалов», раздел «Литейное производство», тема «Формовка».

Задача 3.3. Для того чтобы на поверхности отливки не образовывались пригары, в формовочную смесь добавляют антипригарные присадки. Но тогда происходит удорожание смеси. Имеем физическое противоречие: формовочная смесь должна содержать антипригарные присадки, чтобы получить качественную отливку, и не должна содержать присадок, чтобы не

повышать стоимость смеси. Формовочная смесь должна содержать и не должна содержать антипригарные присадки. Напоминаем студентам или говорим впервые о правиле разделения объекта, конкретно, о приёме РЗ «Оптимизация»: разделить объект на части так, чтобы каждая часть находилась в оптимальных условиях.

Следовательно, формовочная смесь должна состоять из двух частей: одна часть обеспечивает отсутствие пригаров (содержит антипригарные присадки), другая часть должна обеспечивать низкую стоимость смеси (не содержать антипригарных присадок). Где должна быть расположена смесь с присадками? Со всей очевидностью, непосредственно соприкасаясь с отливкой. Студенты приходят к решению: нужно приготовить два состава смеси – с противопригарными присадками и без них. Модель покрывают тонким слоем смеси с противопригарными присадками, а оставшуюся часть формы заполняют смесью без присадок.

Ещё пример из этой же дисциплины, раздел «Обработка давлением», тема «Прокатка».

Задача 3.4. Проблема: при прокатке легированной стали происходит её налипание на поверхность валков. При прокатке обычной стали налипания нет. Имеется физическое противоречие: сталь должна быть нелегированной, чтобы исключить прилипание, и должна быть легированной - по техническим условиям. Вводим правило «Посредник», приём П1 «Видоизменённый объект»: если между двумя объектами наблюдается неудовлетворительное взаимодействие, то между ними вводится видоизменение одного из них. Следовательно, между валками и прокатываемым листом легированной стали нужно ввести видоизменённый валок или видоизменённую сталь. Разумеется, выбираем сталь. В валки вместе с заготовкой подаём фольгу из обычной стали.

Далее приводим пример дисциплины «Режущий инструмент», тема «Свёрла».

Задача 3.5. При сверлении глубоких отверстий спиральным сверлом имеются трудности с подводом СОЖ к режущим кромкам. Дело в том, что СОЖ подаётся поливом и движется к зоне резания по стружечным канавкам. По этим же канавкам навстречу СОЖ движется горячая стружка, которая препятствует движению СОЖ. В результате к режущей кромке приходит лишь небольшая часть СОЖ, к тому же она уже нагрета до кипения, что снижает её охлаждающую способность. Как быть?

Студенты уже знакомы с правилом «Разделение», а именно с приёмом Р1 «Разделение объекта»: разделить объект на составные части, выполняющие разные функции. Какая-то часть сверла обеспечивает доставку СОЖ к режущим кромкам, другая часть обеспечивает транспортировку стружки из зоны резания. В результате выходим на конструкцию, так называемого, ружейного (или пушечного) сверла, у которого имеется осевое отверстие – канал для подвода СОЖ. СОЖ по центральному каналу подаётся к зоне резания, а затем вместе со стружкой отводится по стружечным канавкам.

Ещё пример. Дисциплина «Технология машиностроения», раздел «Шлифование».

Задача 3.6. Проблема: при подаче СОЖ в зону шлифования поливом струя СОЖ не может попасть в зону контакта шлифовального круга с деталью, поскольку этому препятствует воздушная подушка, образующаяся вокруг быстровращающегося круга. Приходится существенно повышать давление струи СОЖ, что увеличивает её расход и себестоимость операции. Как быть?

Имеется физическое противоречие: давление струи СОЖ должно быть высоким, чтобы пробить воздушную подушку вокруг шлифовального круга, и низким, чтобы не увеличивать расход СОЖ. Напоминаем студентам правило «Разделение», приём ЭПР1 «Разделение объекта»: для решения задачи нужно разделить объект на составные части с разными функциями. Будем подавать СОЖ двумя струями. Тонкая струя, подаваемая под очень

высоким давлением, как нож, будет рассекать воздушную подушку вокруг круга. Основная струя, подаваемая в зону контакта круга с деталью, будет охлаждать её.

В случае параллельного изучения курса «Методы технического творчества» и какой-либо профилирующей дисциплины, необходимо согласовывать сроки знакомства студентов с правилом и приёмом разрешения противоречий и изучаемой темой профилирующей дисциплины, где этот приём будет применяться.

Чтобы вызвать заинтересованность студентов на занятии, можно при изучении каждого правила или приёма вначале предлагать для группового решения какие-то яркие, легко запоминающиеся примеры применения данного правила или приёма в обыденной жизни, не связанного напрямую с технологией машиностроения.

Вот пример такой задачи при изучении правила 5 «Динамичность».

Задача 3.7. Менеджер из «Детского мира» приехал на фабрику игрушек.

– Покупатели спрашивают Карлсона.

– Мы планируем выпуск такой игрушки, – ответил главный инженер. –

Пока получается вот что.

И он протянул менеджеру двух Карлсонов. Один из них был точно такой же, как в мультфильме, – в меру упитанный, с пропеллером за спиной. Единственный его недостаток – он не мог летать, для этого диаметр пропеллера слишком мал.

Другой Карлсон мог летать. Но зато пропеллер за спиной был таким большим, что этот Карлсон даже стоять не мог.

– Да, – вздохнул менеджер. – Какая-то ветряная мельница, а не Карлсон.

Как быть?

Проанализируем задачу по АВП.

1.2. Выявление главного недостатка: недостаток - Карлсон не способен летать.

1.3. Формулировка проблемы: Карлсон должен летать.

2.1. Выделение конфликтующей пары объектов: изделие – Карлсон, инструмент – воздух.

2.2. Выявление полезного свойства: чтобы Карлсон мог летать, нужно увеличить диаметр пропеллера, но в этом случае Карлсон перестаёт быть похожим на Карлсона из мультфильма. Следовательно, полезное свойство – Карлсон похож на Карлсона из мультфильма.

2.3. Техническое противоречие: Карлсон похож на Карлсона из мультфильма, но не способен летать.

3.1. Выбор изменяемого объекта: воздух изменить нельзя, т.к. это природный объект; будем изменять Карлсона.

3.2. Идеальное решение: Карлсон сам обеспечивает способность летать, сохраняя похожесть на Карлсона из мультфильма.

3.3. Дефектный элемент – пропеллер.

3.4. Физическое противоречие:

а) для обеспечения способности летать пропеллер должен быть большим; для сохранения похожести на Карлсона из мультфильма пропеллер должен быть маленьким;

б) пропеллер должен быть большим и маленьким;

в) пропеллер должен быть и не должен быть.

Для разрешения физического противоречия применим правило «Динамичность», приём Д2 «Адаптивность»: изменять характеристики объекта, приближая их к оптимальным в каждый данный момент. Когда пропеллер должен быть большим? Когда Карлсон в полёте. Когда пропеллер должен быть маленьким? Когда Карлсон в руках у ребенка. В этом состоит физическое решение задачи. Осталось найти техническое решение. Таким решением может быть пропеллер, лопасти которого скручены в плоские спирали. При вращении пропеллера спираль под воздействием центробежной

силы расправляется, лопасти удлиняются, и Карлсон получает возможность летать. Другим решением может быть пропеллер с телескопическими лопастями, выдвигающимися при вращении и возвращающимися в исходное положение при остановке под действием пружины или резинки.

Изучение опыта преподавания технического творчества в вузе показало также, что, в отличие от изложения задач, например, по математике и физике, по технологии или режущему инструменту, на творческую активность студентов на занятиях влияет форма изложения условий задачи. Чем занимательнее, интригующе преподаватель подаёт ситуацию, тем с большей заинтересованностью студенты ведут поиск решения.

Также подчеркнём, что главным критерием полезности, жизнеспособности технического решения является его экономическая эффективность. На занятиях по технологии машиностроения любое решение должно быть экономически обоснованно. А на занятиях по техническому творчеству? Практика его изучения студентами показала, что здесь оглядка на экономическую неэффективность технических решений является тормозом, своеобразной психологической инерцией. Часто, выйдя даже на очень интересное, оригинальное решение, студенты пытаются оценить его с точки зрения экономического эффекта и отказываются от него в пользу менее оригинального, но, с их точки зрения, более выгодного технического решения.

Даже имея до получения технического решения идеальное решение задачи, при котором устраняется вредное свойство технической системы при сохранении её полезного свойства, всё равно не учитываются все стороны полученного решения. Ведь даже алгоритм выявления противоречий направлен на устранение только главного, с точки зрения решающего задачу, недостатка. Поэтому мы пришли к выводу о том, что при поиске творческих решений следует абстрагироваться от экономической стороны вопроса и сосредотачиваться только на технической, творческой стороне. Это не

исключает оценивать впоследствии полученные решения и с точки зрения экономичности. Но только после получения решения и его оценки.

В целях проверки эффективности освоения студентами предложенных в настоящей работе способов решения творческих задач мы использовали диагностику В.П. Беспалько по критерию t [9], сравнивая одну и ту же группу студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения на «входе» - в конце второго семестра первого курса и на «выходе» - по завершении в 8 семестре изучения курса «Методы технического творчества».

Статистическая обработка полученных данных по критерию t (сравнивалось, насколько успешно решаются студентами исследуемые задачи) показала различие исходных и конечных данных как в количественном (быстрота решения), так и в качественном (выбор и владение методом и приёмами решения) отношениях ($t = 0,14$ при $Sd = 1,5$).

Выводы по третьей главе.

В научно-технической литературе нет единообразия в подходах к определению понятий метода, правила и приёма. Вслед за А.В. Гордеевым, метод определяется как принципиально оригинальный подход, варианты подхода – как правила, а пути применения правил – как приёмы, подразделяемые на подприёмы, подприёмы второго уровня и т.д., исходя из степени конкретизации всего диапазона тех технических задач, которые предстоит решить.

При оценке результативности метода эмпирических правил (далее – ЭП) учитываются характеристики: 1. Метод распространяется на почти все области деятельности с техническими задачами, включая машиностроение; 2. Метод даёт возможность для решения технических задач любого уровня сложности; 3. Метод способствует получению «сильных» технических решений в технологии машиностроения.

Метод эмпирических правил решения технических задач (далее - ЭП) особо эффективен для вузовского освоения, поскольку вбирает в себя высоту технических возможностей для эффективных технических решений, сохраняя результативность технологичного изучения и внедрения. ЭП оформлены в виде перечня определённых путей, которые направлены на устранение технических противоречий, к тому же, систематизированы. Используемые ныне перечни ЭП насчитывают сотни приёмов устранения технических противоречий, среди которых 40 наиболее продуктивных.

Для учебного курса «Методы технического творчества» избраны десять эвристических правил: 1. Разделение – объединение (Р); 2. Упругость – жёсткость (У); 3. Наоборот (Н); 4. Криволинейность (К); 5. Динамичность (Д); 6. Аналогия (А); 7. Вред в пользу (В); 8. Состояние 9. Посредник (П); 10. Физические поля (Ф). У каждого правила ряд приёмов.

Методическое обеспечение учебного курса «Методы технического творчества» выстраивается в соответствии с его местоположением в учебном плане – 8 семестр, после того, как изучены дисциплины профессионального цикла, типом учебного курса – курс по выбору студентов и спецификой подготовки студентов направления 15.03.01.62 Машиностроение, профиля Технология машиностроения. Местоположение курса позволяет использовать уже полученные студентами знания, но и предложить путь органического включения материала курса «Методы технического творчества» в предшествующие дисциплины: «Введение в профессию», «Технология конструкционных материалов», «Детали машин и основы конструирования», «Выбор методов получения и проектирование заготовок», «Технологические процессы в машиностроении», «Материаловедение», «Основы технологии машиностроения», «Технология изготовления инструмента».

Введение разрабатываемого курса в практику показало, что на творческую активность студентов влияет форма изложения условий задачи. Чем занимательнее преподаватель подаёт ситуацию, тем с большей

заинтересованностью студенты ведут поиск решения. Немаловажно и то, что при поиске творческих решений студентам следует абстрагироваться от экономической стороны вопроса и сосредотачиваться только на технической, творческой стороне. Это не исключает оценивание полученных решений и с точки зрения экономичности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Изучение теории творчества и ретроспективы его становления как феномена человеческой деятельности показало, что наличествуют три направления развития творчества: мировоззренческое, теоретическое и технологическое.

Мировоззренческое направление развития творчества связано с таким способом познания, как метод, переводимый с латинского как путь к чему-либо, с осознанием того, что творчество нераздельно с познанием. У творчества есть свой инструментарий, к какому относятся методы творчества, благодаря чему удаётся избегать бессистемного поиска на основе проб и ошибок и создавать новое. Среди таких методов исторически стали выделяться методы эвристики и метод комбинирования. Исследователи признают, что в современной методологии технического творчества ещё не создано целостного учения о методах, описан лишь комплекс вполне достаточных принципов.

К современным методам инженерного творчества относятся: постановка и анализ задач; методы мозгового штурма, А. Осборн и конференция идей, В. Гильде; метод каталога, Ф. Кунце; метод эвристических приёмов; морфологический анализ, Ф. Цвикки, и синтез технических решений; метод 14 операций преобразований, Р. Коллера; инженерно-стоимостный анализ, Л. Майзла; метод фокальных объектов, Ч. Вайтинг; метод гирлянд случайностей и ассоциаций, Г. Буш; синектика, В. Гордон; автоматизированный синтез физических принципов действия; автоматизированный поиск оптимальных технических решений; функционально-стоимостный анализ технических объектов; комплексы теории решения изобретательских задач – ТРИЗ, Г.С. Альтшуллер; комплекс ТРИЗ + ФСА (интенсивная технология творчества) и др.

Второе направление в развитии изучения творчества – теоретическое. С этим направлением связаны разработки индуктивного метода познания и коллективной организации науки; метода анализа проблемы и деления её на

задачи; формализации операций над основными понятиями, искусства изобретательства. Теоретическое направление развития знаний творчества дало осознание того, что необходимо обеспечивать интегративность процесса такого развития, под которым понимается потребность применения иных наук.

Отличительным признаком технологического направления является создание специальной технологии творчества, её нарастающей массовости освоения, масштабном применении на практике. Современная технология творческого инженерного поиска требует системного подхода к получению знаний творчества.

Сущность технического творчества применительно к описываемым в настоящем исследовании условиям предстаёт как самостоятельная, педагогически направляемая творческая деятельность учащейся молодежи, направленная на создание объективно или субъективно новых, общественно или индивидуально полезных технических объектов и эффективно способствующая формированию знаний, умений, навыков и качеств личности, присущих изобретателям. Техническое творчество – это и процесс решения творческой технической задачи.

Под технической задачей понимается та, которая решается техническими средствами. Поскольку объекты техники – это и устройства, и способы, и вещество, постольку всякий объект являет собой совокупность технических решений. А совокупность взаимоувязанных объектов образует техническую систему.

Решение творческих технических задач направлено на устранение технического или физического противоречия. Три действия: выявление, разрешение и развитие – основное содержание творческой деятельности, как и её отличительные внутренние признаки. Внешние признаки – это её результаты, оценивающиеся по двум характеристикам: новизна и полезность. Сущность творчества обозначается через создание нового и полезного или значимое развитие уже существующего объекта творческого преобразования.

Главное определение творчества - создание объективного нового и полезного объекта и/или его развитие в условиях неполноты информации. Творчество как процесс запускается с выбора творческой задачи, а завершается её решением, успешности которого содействуют инструменты технологии.: методы и правила организации эффективного творческого мышления; приёмы и методы, понимаемые как подсказки эвристических идей сильных творческих решений; описания мало известных, недавно установленных и введённых в практику творческого поиска законов развития технических и иных систем; типовые подходы и алгоритмы использования всего перечисленного.

Моделирование творческой задачи – один из центральных моментов современной прикладной теории творчества. Модель творческой задачи – это мини-задача, и её структура в упрощённом виде выглядит следующим образом: краткая характеристика объекта творчества - что требуется – при условиях, ограничениях. Центральным является противоречие. Различаются административные, технические и физические противоречия. Техническое противоречие обозначает себя в процессе творческого поиска при выявлении противоречия между свойствами двух смежных элементов технического объекта. Решение творческой задачи на этом этапе связано с устранением недостатка, называемого именно этим противоречием. Суть физического противоречия – в противоречивых требованиях в свойствах только одного элемента.

Инженерная задача, решая которую удовлетворяем оба противоположных требования технического или физического противоречия, относится к творческим задачам. Цель решения творческих задач - совершенствование объектов техники (устройств, способов, веществ) посредством новых современных технических решений.

Существует потребность в решении задач трёх уровней:

1. Обращение к известным техническим решениям, их использование;
2. Проведение оптимизации параметров известных решений;

3. Запуск разработки процесса новых технических решений.

Рассмотрение технического творчества в контексте вузовского направления подготовки 15.03.01.62 Машиностроение, профиль Технология машиностроения показывает, что помимо курса «Методы технического творчества» необходимо пронизать большинство курсов, на которых доминантно осваиваются профессиональные компетенции, материалом по основам технического творчества, направленного на решение задач машиностроения. Начинать такую подготовку студентов предпочтительно уже с первого курса обучения. А завершать в последнем семестре курсом по выбору (в Вариативной части рабочего учебного плана) «Методы технического творчества» в количестве 72 часов: 30 часов - аудиторных и 42 часа – отводимых на самостоятельную работу.

Логика творческого развития студентов выстраивается по восходящей: от информационного уровня к оптимизационному, а от него - к творческому.

В качестве основного способа решения творческих задач в описываемых условиях предложен алгоритм выявления противоречий - АВП, отличающийся чёткостью и простотой, отчего и результативен для изучения студентами вузов. А как наиболее эффективный конкретизирован метод эмпирических правил (эвристических приёмов), рекомендуемый в качестве доминантного для изучения в учебном вузовском курсе «Методы технического творчества» В качестве критериев оценки приняты результативность и технологичность.

Статистическая обработка полученных данных по критерию t (сравнивалось, насколько успешно решаются студентами исследуемые задачи) показала различие исходных и конечных данных как в количественном (быстрота решения), так и в качественном (выбор и владение методом и приёмами решения) отношениях ($t = 0,14$ при $Sd = 1,5$).

Для иллюстрации в диссертации, включая приложения, приведены учебные задачи, направленные на применение рекомендуемых к изучению правил и приёмов.

Настоящая работа может быть использована в качестве учебного пособия при изучении учебного курса «Методы технического творчества». Она может быть использована и при изучении профилирующей дисциплины «Технология машиностроения», как и смежных дисциплин профессионального цикла. Диссертационное исследование может быть использовано и как методическое пособие для преподавателей курса «Методы технического творчества», а также для преподавателей других дисциплин направления подготовки «Технология машиностроения».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альтов, Г.С. И тут появился изобретатель [Текст] / Г.С. Альтов. - М.: Детская литература, 1989. – 142 с.
2. Альтшуллер, Г.С. Творчество как точная наука [Текст] / Г.С. Альтшуллер. - М. : Советское радио, 1979. – 176 с.
3. Альтшуллер, Г.С. Алгоритм изобретения [Текст] / Г.С. Альтшуллер – М.: Московский рабочий, 1973. – 296 с.
4. Альтшуллер, Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач [Текст] / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск: Наука, 1986. – 209 с.
5. Альтшуллер, Г.С. Как стать гением. Режим доступа: [www/altshuller.ru](http://www.altshuller.ru)
6. Анциферова, Л.И. Развитие личности специалиста как субъекта своей профессиональной жизни. Психологические исследования проблемы формирования личности профессионала [Текст] / Л.И. Анциферова; под ред. В.А. Бодрова. – М. : Ин-т психологии АН СССР, 1991. – 365 с.
7. Беликов, В.А. Образование. Деятельность. Личность: монография / В.А. Беликов. – М.: Академия естествознания, 2010. – 340 с.
8. Белоновская, И.Д. Инженерная компетентность специалиста: теория и практика формирования [Текст]: монография / И.Д. Белоновская. – М.: Дом педагогики, 2005. – 253 с.
9. Беспалько, В.П. Слагаемые педагогической технологии [Текст] / В.П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.
10. Бородинкина, Д.Л. Применение эмпирического правила «Объединение» для совершенствования шлифовальных операций / Тезисы докладов ХLI Самарской областной студенческой научной конференции. Ч. I, 11. 14 – 24 апреля 2015 года. – Самара: ГБУ СО «Агентство по реализации молодежной политики», 2015. – С. 287.
12. Бородинкина, Д.Л., Гордеев, А.В. Алгоритм выявления противоречий в технических задачах / Инновации технических решений в

машиностроении и транспорте: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием // МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 123 – 126.

13. Викентьев, И.Л. Лестница идей [Текст] / И.Л. Викентьев, И.К. Кайков. – Новосибирск : Кедр, 1992. – 104 с.

14. Гордеев А.В. О проблеме творческой подготовки инженера [Текст] / Стратегическое планирование развития городов России. – Тольятти, 2010. – с. 175-182.

15. Гордеев, А.В. Основы технического творчества [Текст] / А.В. Гордеев. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 216 с.

16. Гордеев. А.В. Выявление противоречий при решении технических задач [Текст] / А.В. Гордеев. – Тула: Изв. Тульского государственного университета, вып.2 – 2005. – С. 257-258.

17. Гордеев, А.В., Бородинкина, Д.Л. Противоречия в технических задачах [Текст] / Технологические и теплофизические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства: труды IV международной научно-технической конференции (Резниковские чтения), (Тольятти 27 – 29 мая 2015 года): в 2 ч. / ред кол. А.В. Гордеев [и др.]. – Тольятти : ТГУ, 2015. Ч.2 – С. 323-326.

18. Гордеев, А.В., Бородинкина, Д.Л. Выбор методов технического творчества для изучения в вузе [Текст] / Технологические и теплофизические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства: труды IV международной научно-технической конференции (Резниковские чтения), (Тольятти 27 – 29 мая 2015 года): в 2 ч. / ред кол. А.В. Гордеев [и др.]. – Тольятти : ТГУ, 2015. Ч.2 – С. 330 -333.

19. Гордеев, Д.Л. Бородинкина, Д.Л. Эмпирические приемы разрешения противоречий в технических задачах [Текст] / А.В. Гордеев, Д.Л. Бородинкина. - Вектор науки ТГУ, 2015. № 2 (32-2). – С. 57 – 62.

20. Джонс. Дж. К. Методы проектирования [Текст] / Дж. К. Джонс.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 326 с.
21. Детинкин, Д.С., Бородинкина, Д.Л. Модернизация эмпирических правил решения технических задач [Текст] / Технологические и теплофизические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства: труды IV международной научно-технической конференции (Резниковские чтения), (Тольятти 27 – 29 мая 2015 года): в 2 ч. / ред кол. А.В. Гордеев [и др.]. – Тольятти : ТГУ, 2015. Ч.2 – С. 426-428.
22. Джеральд, Н. Ниренберг. Искусство творческого мышления [Текст] / Н. Ниренберг Джеральд. – Минск: Попури, 1996. – 270 с.
23. Дружилов, С.А. Психология профессионализма: Инженерно-психологические аспекты [Текст] / С.А. Дружилов: учеб. пособие. – Новокузнецк: Сиб. Гос. Индустр. Ун-т, 2000. – 157 с.
24. Дякив, О.Я. Креативно-инновационная деятельность как ключевой фактор развития предприятия / Экономика. Менеджмент. Предпринимательство, № 25 (II) / 2013. – С. 98
25. Иванов, Г.И. Формулы творчества, или как научиться изобретать [Текст] / Г.И. Иванов - М. : 1994. – 208 с.
26. Кокинз, Г. Управление результативностью [Текст]: Как преодолеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами / Г. Кокинз. – М.: Издательство «Альпина Бизнес Букс», 2008. – 318 с.
27. Кондаков, Н.И. Логический словарь-справочник [Текст] / Н.И. Кондаков. Логический словарь-справочник. Второе исправленное и дополненное издание. – М. : Изд-во «Наука». 2001. – 914 с.
28. Куцевич, В.Л. Психология и диалектика творчества. Методы решения творческих задач (теоретические основы эвристики) [Текст] / В.Л. Куцевич: учеб.-методич. пособие, под общ. Ред. К.т.н. Сердюк. – К.: ЗАО «Институт интеллектуальной собственности и права», 2000. – 204 с.

29. Лихолетов, В.В. Технологии творчества: теоретические основы моделирования, практика реализации в профессиональном образовании [Текст] / В.В. Лихолетов. – Челябинск : Изд-во ЮурГУ, 2001. – 288 с.
30. Лихолетов, В.В. Основы инжиниринговой деятельности [Текст] / В.В. Лихолетов. – Челябинск: Изд-во ЮурГУ, 2001. – 124 с.
31. Лопухина, Е.М. Генерация идей и инженерное творчество [Текст] / Е.М. Лопухина, А.Б. Захаренко. Под ред. Т.С. Юргенсон. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 159 с.
32. Меерович, М.И., Шрагина, Л.И. Технология творческого мышления [Текст] / М.И. Меерович. – М.: Машиностроение, 2000. – 430 с.
33. Мицина, Т.Н. Технология индивидуализации обучения [Текст] / Т.Н. Мицина. Формирование личности будущего специалиста на основе компетентностного подхода. Тольятти : ТГУ, 2010. - С. 117-118.
34. Моисеева, Н.К. Функционально-стоимостный анализ в машиностроении / Н.К. Моисеева. – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.
35. Мэй, Р. Мужество творить: Очерк психологии творчества [Текст] / Р. Мэй. – Львов: Инициатива; Москва: Институт общегуманитарных исследований, 2001. – 128 с.
36. Никулин, С.К. Содержание научно-технического творчества учащихся и методы обучения (системный подход / С.К. Никулин, Г.А. Полтавец, Т.Г. Полтавец. Монография. – М. : Изд. МАИ, 2014. – 680 с.
37. Ниренберг, Д.И. Искусство творческого мышления [Текст] / Д.И. Ниренберг: Пер. с англ. – М. : Прогресс, 1987. – 368 с.
38. Новейший философский словарь. 2012 <http://slovar.cc/>
39. Новосёлов, С.А. Развитие технического творчества: системный подход / С.А. Новосёлов. – Екатеринбург, 1997. – 371 с
40. Патентоведение [Текст] / Е.И. Артемьев: учебник для вузов – М. : Машиностроение, 1984. – 352 с.
41. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества [Текст] / А.И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.

42. Пирогов, Г.С. Интенсификация инженерного творчества [Текст] / Г.С. Пирогов, Ю.Н. Таран, Б.П. Бельгольский. – М. : Профиздат, 1989. – 192 с.
43. Пирогов, Г.С. Креатология и интеллектуальные технологии инновационного развития [Текст] / Г.С. Пирогов, В.П. Козинец, А.Г. Махмудов, С.В. Антоненко, В.В. Малый, В.В. Козинец, Н.А. Резник. – Днепропетровск : Пороги, 2003. – 502 с.
44. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 года, № 957 «Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03 .01 Машиностроение. [минобрнауки.рф/документы/6500]
45. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 ноября 2015 года, № 1331 «Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03 .01 Материаловедение и технологии материалов [минобрнауки.рф/документы/7920]
46. Саломатов, Ю.П. Как стать изобретателем [Текст] / Ю.П. Саломатов. - М. : Просвещение, 1990. – 240 с.
47. Управление инновационными процессами в образовании: проблемы и подходы к их решению [Текст] / Под ред Г.Н. Прокументовой. – Томск, 2000. – 320 с.
48. Шустов, М.А. Методические основы инженерно-технического творчества [Текст] / М.А. Шустов: монография. – М. : Инфра - М, 2016. – 128 с.
49. Цибулев, П.Н. Введение в интеллектуальную собственность: Конспект лекций [Текст] / П.Н. Цибулев. - К.: Кур ИНТЭИ, 2000. – 104 с.
50. Чяпеле, Ю.М. Методы поиска изобретательских идей [Текст] / Ю.М. Чяпеле. – Л. : Машиностроение Ленинград. отд-ние, 1990. – 96 с.

51. Чус, А.В. Основы технического творчества [Текст] / А.В. Чус, В.П. Данченко. – Киев : Донецк: Вища школа, 1983. – 184 с.
52. Сайт www.bila-ts.kiev.ua/~triz
53. Сайт cclib.nsu.ru Алгоритм Решения Изобретательских Задач – АРИЗ/ТРИЗ.
54. Сайт www.index.ua/ae/research.htm Alter EGO - «Теоретические работы в области Теории Решения Изобретательских Задач».
55. Сайт www.citycat.ru – Информация по теории решения изобретательских задач. matriz.karelia.ru/ сайт Международной Ассоциации ТРИЗ
56. Сайт tmz.narod.ru Введение в теорию решения научных задач на основе ТРИЗ.
57. Сайт <http://www.bloomberg.com/news/articles/2006-05-30/the-world-according-to-triz> - The world according to TRIZ
58. Сайт <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat200/node/133> - The Emperic Rule
59. Сайт - <http://www.evolocus.com/textbooks/ariz85c.pdf> - G.S. Altshuller, 1956-1985. Algorithm of inventive problem solving
60. Сайт - <http://ebooks.cambridge.org> – Innovatioan on Demand
61. Сайт - <http://matriz.org/> - Yeoh TS, Yeoh TJ, Song Chiali, TRIZ Systematic Innovation in Manufacturing. 2009 FirstFruits publishing

Приложение А
Запись анализа задачи по АВП

Этап, шаг	Задача	Сущность	Форма записи	Пример	Примечания
1. Выявление проблемы	Выявить основную проблему в задаче				
1.1. Описание ситуации	Дать максимум информации о системе	Совокупность свойств системы и условий работы	В произвольной форме максимально подробно	См. задачу 2.1	
1.2. Выявление главного недостатка	Выявить недостаток, который следует устранить	Главный недостаток, мешающий объекту выполнять главную функцию	Недостатком системы является (<i>главный недостаток</i>), вследствие (<i>причина недостатка</i>)	Недостатком системы является опасность поломки детали, вследствие действия большой сосредоточенной нагрузки	Главный недостаток системы - недостаток, мешающий ей выполнять главную функцию
1.3. Формулировка проблемы	Сформулировать проблему как требование устранить недостаток путём устранения причин	Требование устранения главного недостатка путём устранения его причины	Требуется устранить (<i>недостаток</i>) путём устранения (<i>причина недостатка</i>)	Требуется устранить опасность поломки детали путём устранения сосредоточенной нагрузки	
2. Выявление технического противоречия	Выявить и сформулировать техническое противоречие в системе				Техническое противоречие – противоречие между полезным и вредным свойствами системы
2.1. Выделение конфликтующей пары объектов	Сузить область поисков решения путём выделения конфликтующей пары объектов	Выделение из заданной системы изделия (объект, на который направлено действие) и инструмента (объект, действующий на изделие)	а) изделие – (<i>изделие</i>); б) инструмент – (<i>инструмент</i>)	а) Изделие – деталь; б) Инструмент - тиски	

2.2. Выявление полезного свойства	Определить полезное свойство системы, которое надо сохранить	Решение задачи напрямую и выявление, что при этом ухудшается в системе	а) Чтобы <i>(устранение недостатка)</i> необходимо (решение напрямую); б) но при этом <i>(ухудшение системы)</i> ; в) полезное свойство – <i>(то, что ухудшается)</i>	а) чтобы предотвратить поломку детали при закреплении, необходимо уменьшить силу зажима; б) но при этом возникает опасность того, что деталь вырвется; в) полезное свойство – надёжность закреплении детали	
2.3 Формулировка технического противоречия	Сформулировать техническое противоречие	Указание полезного и вредного свойства системы	а) полезное свойство – <i>(п.2.2б)</i> ; б) вредное свойство – <i>(п.1.2)</i> . Обеспечивается <i>(полезное свойство)</i> , но при этом <i>(вредное свойство)</i>	а) полезное свойство – надёжность закреплении детали в тисках б) вредное свойство – опасность поломки детали. Обеспечивается надёжное закрепление детали, но при этом возникает опасность её поломки	
3. Выявление физического противоречия	Выявить и сформулировать физическое противоречие в системе				Физическое противоречие - противоречие между двумя противоположными физическими состояниями

					объекта, в которые он должен быть приведён для решения задачи
3.1. Выбор изменяемого объекта	Сузить область поисков решения путём выделения изменяемого объекта	Выделение из двух конфликтующих объектов п.2.1 того, который нужно изменить	а) <i>(объект, который нельзя изменить)</i> изменять нельзя, т.к. <i>(почему нельзя)</i> ; б) будем изменять <i>(объект, который нужно изменить)</i> , сохраняя <i>(полезное свойство, п.2.2в)</i>	а) деталь изменять нельзя, т.к. требования к ней определены техническими условиями; б) будем изменять тиски, сохраняя их способность надёжно закреплять деталь	Легче менять технический объект, чем природный, инструмент, чем изделие, дешёвый объект, чем дорогой
3.2. Формулировка идеального решения	Сформулировать идеальное решение задачи	Определение идеального решения, в котором изменяемый объект сам устраняет вредное свойство, сохраняя полезное	<i>(Изменяемый объект п.3.1б)</i> сам обеспечивает <i>(устранение вредного свойства п.2.3б)</i> , сохраняя при этом <i>(полезное свойство п.2.3а)</i>	Тиски сами обеспечивают предохранение детали от поломки, сохраняя при этом надёжность её закрепления	Не следует заранее думать о возможности реализации идеального решения и о её путях
3.3. Выделение дефектного элемента	В изменяемом объекте выделить дефектный элемент	Выделение в изменяемом объекте п.3.1 элемента, не справляющегося с требованиями идеального решения п.3.2	Дефектный элемент <i>(объекта п.3.1)</i> – <i>(дефектный элемент)</i>	Дефектный элемент тисков - губки	
3.4. Формулировка физического противоречия	Сформулировать физическое противоречие	Указывают два противоположных физических состояния, в которые должен быть приведен дефектный элемент п.3.3	а) Для <i>(устранение вредного свойства п.2.3б)</i> <i>(дефектный элемент п.3.3)</i> должен быть <i>(первое физическое состояние)</i> ; для <i>(обеспечение полезного</i>	а) для предохранения детали от поломки путём рассредоточения нагрузки губки должны быть эластичными; для	Приводят 3 формулировки физического противоречия: а) развёрнутую; б) сущностную; в) жёсткую

			свойства 2.3а) он должен быть (противоположное физическое состояние); б) (дефектный элемент п.3.3) должен быть (первое физическое состояние) и (второе состояние); в) (дефектный элемент п.3.3) должен быть и не должен быть	обеспечения надёжного закрепления детали губки должны быть жёсткими; б) губки должны быть эластичными и жёсткими; в) губки должны быть и не должны быть	
--	--	--	---	--	--

Приложение Б
Эмпирические правила и банк задач

Правило 2 «Упругость» (У)

Приём У1 «Упругий элемент»: использовать упругие свойства элемента, заменить жёсткий элемент упругим, ввести дополнительно упругий элемент.

Задача Б.1 Режущие инструменты из твёрдого сплава обладают высокой износостойкостью. Но твёрдый сплав – дорогой материал, поэтому из него делают не весь резец, а только режущий элемент в виде пластины. Эту режущую пластину припаивают к стальной державке. Однако этот способ крепления ненадёжен из-за высоких температур в зоне резания. К тому же при затуплении режущей кромки приходится снимать со станка и отправлять на переточку весь резец. Более прогрессивным является так называемое механическое закрепление режущей пластины с помощью винтов, клиньев и т.п. Но твёрдый сплав очень хрупкий, и при неплотном прилегании к дну паза в державке пластина под действием усилия закрепления может треснуть.

Как этого избежать?

Решение. Имеем физическое противоречие: пластина должна быть твёрдой, чтобы повысить её стойкость, и пластина должна быть мягкой, чтобы не треснуть под действием усилия закрепления. Под твёрдосплавную режущую пластину помещают пластину из мягкого металла. При зажиме режущей пластины эта промежуточная пластина деформируется и обеспечивает плотное прилегание режущей пластины.

Задача Б.2. Кулачок из пружинной стали 60С2 имеет форму пластины в виде эллипса с круглым отверстием в центре (рис. 4.2).

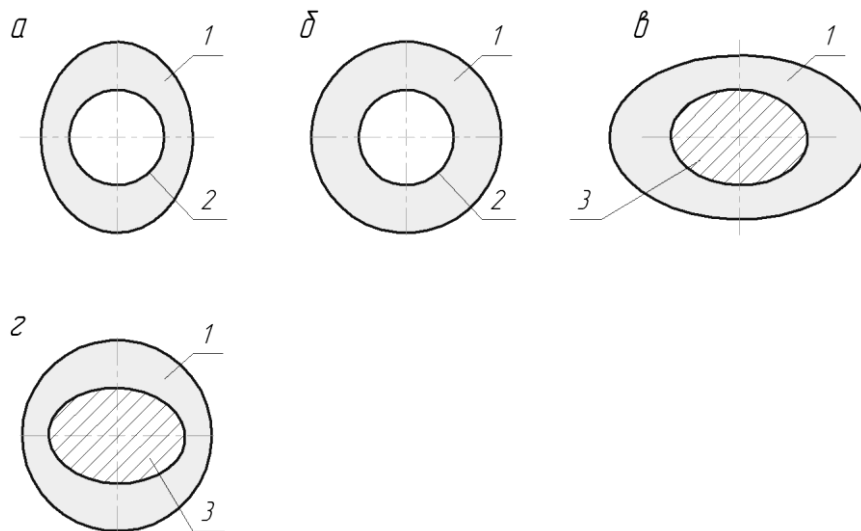


Рисунок Б.1. К задаче Б.2: обработка кулачка из пружинной стали

Необходимо изготовить на токарном станке.

Решение. Технология изготовления кулачка весьма оригинальна и основана на упругих свойствах пружинной стали. Сначала заготовку кулачка – втулку 1 с отверстием 2 (рис. 4.2б) деформируют так, что она приобретает форму эллипса, эллипсную форму приобретает и отверстие (рис. 4.2в). Не снимая нагрузки, в отверстие вставляют оправку 3 эллипсного сечения. Заготовку обтачивают на токарном станке, и теперь она имеет цилиндрическую форму (рис. 4.2г). Вынимают оправку из отверстия, происходит обратная деформация заготовки: теперь отверстие становится цилиндрическим, а наружная поверхность – эллипсной (рис. 4.2а).

Задача Б.3. Магнитный круг со стальными опилками может обрабатывать поверхности большой кривизны, но стальные опилки обладают недостаточной твёрдостью для шлифования твёрдых материалов.

Что можно предложить?

Решение. Применим приём У2. Сделаем шлифовальный круг в виде надувного баллона, в виде «бублика», покрытого слоем абразива (рис. 4.3). Таким кругом можно шлифовать поверхности большой кривизны.

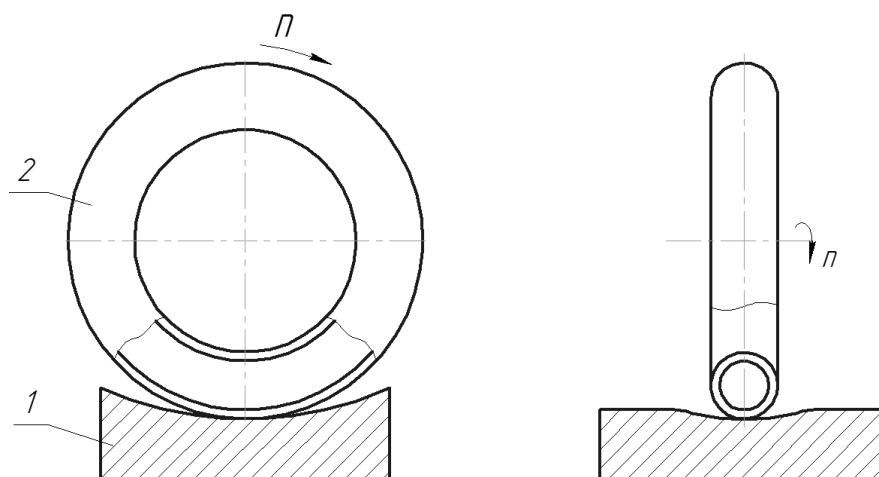


Рисунок Б.2. К задаче Б.3: надувной шлифовальный круг

Надувные элементы можно использовать для зажатия деталей (например, при склеивании, для уплотнения хрупких деталей в таре при перевозке, для поднятия тяжёлых деталей и машин (воздушный домкрат).

Правило 3 «Наоборот» (Н).

Приём Н1 «Противоположное положение»: повернуть объект, перевернуть «вверх ногами», положить на бок, использовать его обратную сторону.

Задача Б.4. В цех привезли робот. Собрали, настроили и поставили к станку. Пожилой рабочий, много лет проработавший на этом станке, с удивлением наблюдал, как «железный человек» чётко выполняет все рабочие действия. Но уже через полчаса робот остановился. Оказалось, что в зону действия робота на направляющие станка попала стружка. Рабочий бы смахнул её щёткой и продолжил работу. Для робота же ситуация оказалась тупиковой. Почистили станок щёткой, снова включили и через несколько минут – вновь остановка по той же причине.

- Ну и дела, - вздохнул инженер. – Хоть ставь рядом с роботом рабочего со щёткой!

- Может быть, поставить магнит, чтобы стружка падала не вниз, а вверх, - полушутя добавил молодой технолог.

Как быть?

Решение. А ведь технолог был не так далёк от истины. Действительно, стружка должна падать не на направляющие, а от направляющих, и для этого не нужны магниты. В обычном станке, который сделан так, чтобы рабочему было удобно на нём работать, этого добиться невозможно. Но ведь роботу удобства не требуются. Поэтому поступили просто – перевернули станок «вверх ногами».

Задача Б.5. Один из способов чистовой обработки криволинейных поверхностей – шлифование бесконечной лентой. Лента содержит абразивные зёрна, наклеенные на тканевую основу. Абразивный слой быстро изнашивается. Чтобы продлить срок службы ленты, его наносят на ткань с двух сторон. Однако перестановка ленты требует длительного времени

Как избежать перестановки ленты?

Решение. Физическое противоречие: абразивный слой должен быть нанесён с двух сторон, чтобы увеличить срок службы ленты, и с одной стороны, чтобы исключить перестановку. Напрашивается применение приёма Н1: использовать обратную сторону объекта. Но как это сделать без перестановки ленты? В 1858 году немецкий геометр Август Мёбиус разрезал кольцо из ленты, развернул один её конец и снова склеил. Получилась лента с односторонней поверхностью – лента Мёбиуса. Длина поверхности вдвое больше длины ленты. Отсюда и решение задачи: абразивные зёрна наносят на ленту с двух сторон, а ленту выполняют в виде ленты Мёбиуса.

Приём Н2 «Противоположное действие»: заменить действие на противоположное; сделать движущийся объект неподвижным, а неподвижный – движущимся; изменить направление движения.

Задача Б.6. При изготовлении осевого режущего инструмента (сверло, развёртка, метчик) стружечные канавки фрезеруют в цилиндрической заготовке специальной профильной фрезой. После этого заготовку термически обрабатывают (закаливают) для повышения твёрдости, а затем стружечную канавку шлифуют (затачивают) абразивным кругом такого же профиля. При этом острые кромки инструмента в результате резкого охлаждения в процессе термообработки становятся концентраторами напряжений, отчего на них появляются явные или скрытые дефекты: выкрашивание, микротрещины, большие остаточные напряжения растяжения. Такой инструмент при работе быстро выйдет из строя. Изменять режим термообработки нецелесообразно, так как он обеспечивает требуемую твёрдость материала инструмента.

Как быть?

Решение. Инструмент должен иметь режущие кромки, чтобы осуществлять резание, и не должен иметь их, поскольку они являются концентраторами напряжений при термообработке. Путь к разрешению этого противоречия очевиден: при термообработке кромок не должно быть, а в готовом инструменте они необходимы. Следовательно, их нужно получать после термообработки. Для этого сначала надо закалить цилиндрическую заготовку, а затем вышлифовать в ней стружечные канавки на всю глубину профильным абразивным кругом.

Приём Н3 «Предварительное действие – последствие»: выполнить действие или его часть до начала работы (после работы), перед самой работой (сразу после работы).

Задача Б.7. Для повышения работоспособности деталей конструкторы применяют всё более твёрдые и прочные материалы, близкие по твёрдости к инструментальному материалу, обработка которых резанием по традиционной технологии весьма затруднительна из-за больших сил резания, а иногда и просто невозможна.

Как быть?

Решение. Имеем физическое противоречие: материал детали должен быть твёрдым, прочным, чтобы обеспечить её работоспособность, и должен быть мягким, непрочным, чтобы обеспечить его обрабатываемость. Приём Н3 подсказывает нам, что нужно оказать какое-то дополнительное воздействие на материал детали, чтобы во время обработки он был мягким, непрочным, а после обработки стал твёрдым, прочным. Подогреем заготовку перед обработкой (в печи, газопламенной горелкой, электрическим током и др.) и обработаем в горячем виде. Сила резания существенно снизится. А после остывания материал детали восстановит первоначальные свойства. Исследования обработки с подогревом, проведённые учёными кафедры ОТМП ТГУ (тогда Тольяттинского политехнического института) А.Н. Резниковым, Л.А. Резниковым и др. показали, что оптимальным способом подогрева можно считать подогрев плазменной дугой. Такую технологию называли плазменно-механической обработкой.

Приём Р2 «Разделение функций»: разделить действие на составные операции (объединить операции).

Задача Б.8. Охлаждение зоны обработки при шлифовании осуществляют струёй СОЖ. Если поливать зону контакта шлифовального круга 1 (рис. 3.10) с обрабатываемой деталью 2 свободной струёй 3, то воздушный поток, образующийся вокруг быстро вращающегося круга, будет отбрасывать СОЖ от зоны контакта. Повышение же давления струи СОЖ вызывает резкое увеличение расхода СОЖ, а также приводит к необходимости создания специальных устройств, защищающих станок и рабочего от разбрызгивания СОЖ.

Как быть?

Решение. Физическое противоречие: давление струи должно быть большим, чтобы пробить воздушную подушку вокруг шлифовального круга, и малым, чтобы уменьшить расход СОЖ. Применим приём Р2 «Разделение функций». Разделим струю СОЖ на две струи – основную и вспомогательную (рис. 4.5). Вспомогательная струя 4 подаётся под большим давлением через щелевидное сопло и рассекает воздушную подушку перед зоной обработки. Другая, основная струя 3 подаётся поливом непосредственно в зону обработки. Струя 4 рассекает воздушную подушку (своеобразный гидравлический нож), и за ней образуется зона пониженного давления, куда и устремляется основная струя 3, попадая непосредственно в контакт. Повышение давления узкой вспомогательной струи не оказывает существенного влияния на расход СОЖ.

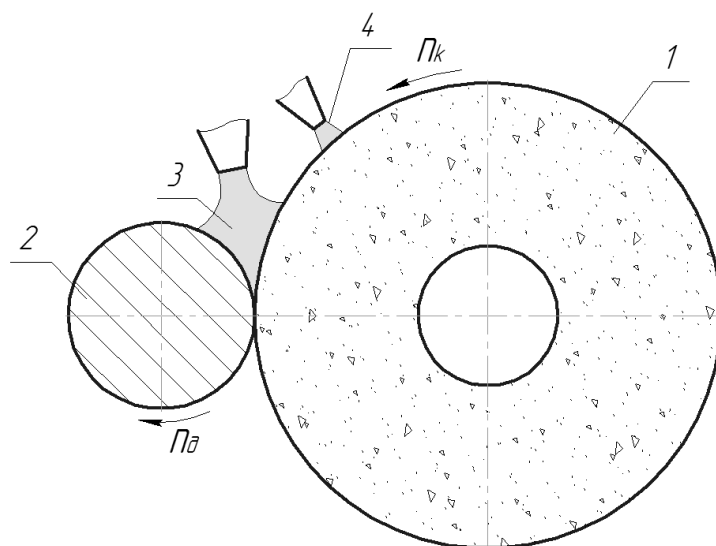


Рисунок Б.3. К задаче Б.8: охлаждение зоны обработки при шлифовании
1 – шлифовальный круг; 2 – деталь; 3 – основная струя СОЖ; 4 – вспомогательная струя высокого давления.

Задача Б.9. Резьбу в отверстии можно нарезать метчиком. Но при резании, как мы знаем, перерезаются волокна металла, резьба имеет недостаточную прочность. Можно изготовить резьбу пластическим деформированием при помощи метчика-раскатника. Прочность такой резьбы будет значительно выше. Но при деформации возникают большие усилия, которые могут привести к скручиванию инструмента. Поэтому на практике нарезают сначала метчиком резьбу неполного профиля, которую затем упрочняют при помощи метчика-раскатника. Но такая обработка в два раза менее производительна.

Как быть?

Решение. Имеем противоречие: зуб метчика должен снимать стружку и упрочнять поверхность резьбы без снятия стружки. Применим приём ЭПР2 «Разделение функций»: пусть одна часть зуба выполняет первое требование – снимает стружку, а другая часть – второе – обрабатывает резьбу пластическим деформированием. Предложено около режущей кромки 1 зуба выполнить деформирующую фаску 2 (рис. Б.4). Основным слой металла толщиной a снимается режущей кромкой 1, после чего фаска 2 уплотняет обработанную поверхность на глубину h .

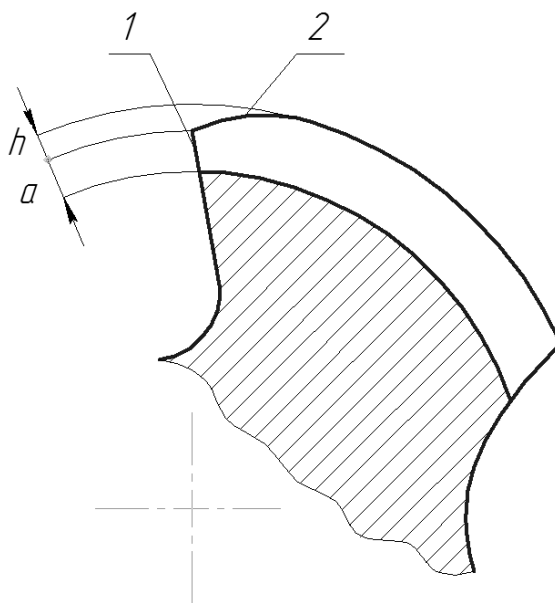


Рисунок Б.4. К задаче Б.9: зуб режуще-деформирующего метчика

Выполнение задней поверхности резца цилиндрической позволяет на прямом ходе снимать стружку, а на обратном – выглаживать обработанную поверхность, несколько подняв резец над линией центров.

На револьверном станке можно, не переустанавливая заготовку, обработать 20 и более поверхностей детали – наружных и внутренних, цилиндрических и конических, плоских и фасонных, черновых и чистовых. Число установов сокращается и при оснащении, например, токарного станка фрезерной или шлифовальной головками.

Приём РЗ «Оптимизация»: разделить объект (действие) на части так, чтобы каждая часть находилась в оптимальных условиях.

Задача Б.10. Инструмент для ультразвуковой обработки отверстий должен быть высокотеплопроводным, чтобы уменьшить нагрев обрабатываемой зоны, и износостойким против ударов абразивных зёрен. Но теплопроводные материалы относительно мягкие, не износостойкие, а твёрдые, износостойкие имеют, как правило, низкую теплопроводность.

Как быть?

Решение. Физическое противоречие содержится в самой формулировке задачи: материал инструмента должен быть твёрдым и мягким, или теплопроводным и нетеплопроводным. Используя приём оптимального разделения, делаем контактную поверхность его из твёрдого, нетеплопроводного материала, а всё остальное – из мягкого, теплопроводного.

Задача Б.11. Весьма распространённым способом обработки отверстий с целью повышения их точности и уменьшения шероховатости поверхности является растачивание (рис.4.10а). Обработка ведётся либо при вращающейся заготовке 1 неподвижным резцом 2, либо при неподвижной заготовке резцом, установленным во вращающейся борштанге. Недостаток операции растачивания – одностороннее нагружение системы, что ведёт к возникновению вибраций и, как следствие, к волнистости обработанной поверхности.

Какие вам известны способы обработки, лишённые этого недостатка?

Решение. Одно из применяемых с этой целью решений, к которому можно прийти, применяя принцип повышения дробности режущего инструмента – замена резца зенкером (рис.Б.5б). Зенкер 3 – многозубый инструмент (от трёх до восьми зубьев), что обеспечивает симметричность нагрузки и, как следствие – снижение вибраций и повышение качества обработки.

Ещё заметнее эффект повышения точности и снижения шероховатости при увеличении дробности - замене зенкера развёрткой (рис. Б.5в). Развёртка 4 имеет большее число зубьев (до 24), а, кроме того, она устанавливается на шпинделе станка в плавающем патроне, что обеспечивает равномерность снятия припуска и почти полное отсутствие вибраций.

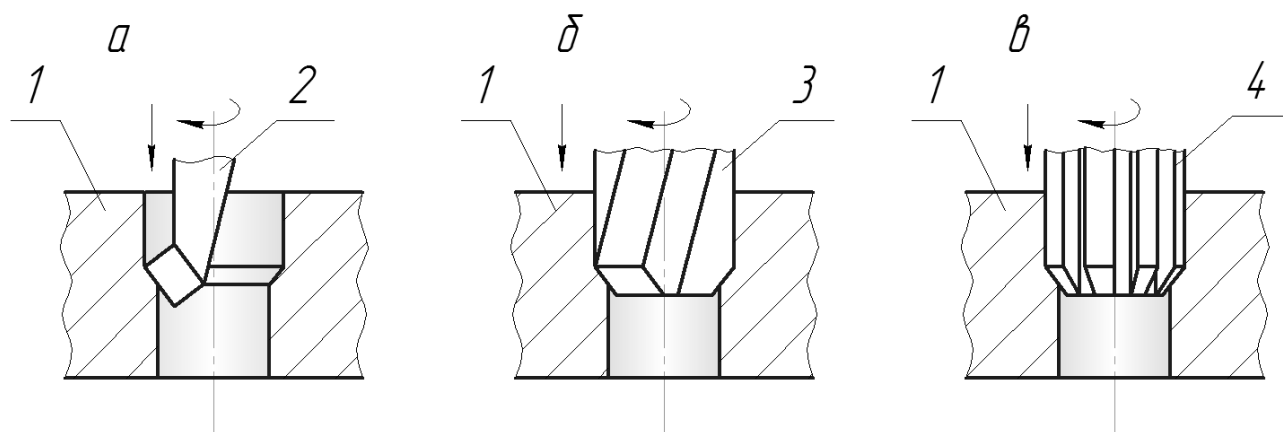


Рисунок Б.5. К задаче Б.11: Обработка отверстия: а – растачивание; б – зенкерование; в - развёртывание. 1 – заготовка; 2 – расточной резец; 3 – зенкер; 4 – развёртка.

Задача Б.12. Черновое шлифование выполняют крупнозернистыми кругами из высокопрочного абразива. Чистовую обработку производят мелкозернистыми кругами из хрупкого абразива. Поэтому обработку ведут последовательно на двух станках, либо периодически меняют шлифовальные круги на одном станке. И то и другое существенно удорожает обработку.

Как быть?

Решение. Абразивные зёрна должны быть прочными, чтобы обеспечить большой съём металла, и должны быть непрочными, чтобы после дробления зачищать поверхность. Предложено изготавливать шлифовальный круг из смеси абразивов различной прочности. В процессе работы прочные зёрна снимают основной слой материала, а менее прочные зёрна дробятся, их обломки попадают в зазор между кругом и шлифуемой деталью и зачищают поверхность. Применён приём Р2 «Разделение функций».

Интересным представляется в рамках этого же приёма «Оптимизация» разделение объекта так, чтобы каждая его часть обладала свойствами, противоположными свойству объекта в целом. Для разрешения физического противоречия одно из его требований предъявляется к объекту в целом, а противоположное – к его составным частям.

Мы имеем противоречие: губки должны быть твёрдыми, чтобы обеспечить надёжный зажим, и эластичными, чтобы обеспечить малое давление их на деталь. Предлагается губки 2 (рис. Б.6) сделать полыми и заполнить шариками 3, а их рабочую поверхность 4 сделать гибкой, например, в виде тонкой эластичной стенки. По мере зажатия детали при сближении губок шарики перекатываются внутри их полостей, охватывая поверхность детали. При дальнейшем усилении зажатия шарики теряют подвижность и, наконец, при окончательном сжатии губки жёстко крепят деталь.

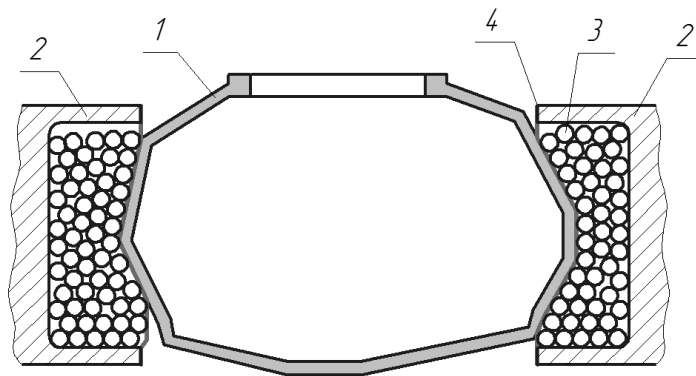


Рисунок Б.6. К задаче Б.12: зажатие нежёсткой детали в тисках

Правило 5 «Динамичность» (Д)

Приём Д1 «Подвижность»: сообщить движение неподвижному объекту или его части, увеличить число степеней свободы.

Задача Б.13. При токарной обработке незакаленных сталей образуется так называемая сливная стружка. Она сходит непрерывной лентой с огромной скоростью. С одной стороны, это хорошо т.к. свидетельствует о том, что процесс резания протекает спокойно, равномерно. Но с другой стороны, стружка наматывается на заготовку и инструмент, занимает большой объём, её трудно собирать, упаковывать и транспортировать, да и к тому же возникает опасность для рабочего. Приходится применять специальные стружколомы, что усложняет конструкцию инструмента или приспособления. К тому же они малоэффективны, так как весьма чувствительны к изменениям условий обработки (марка стали, глубина, подача и скорость резания), их приходится перенастраивать при изменении условий.

Предложите более простой и надёжный способ дробления стружки.

Решение. Итак, стружка должна быть непрерывной, чтобы обеспечить нормальный плавный процесс резания, и прерывистой, чтобы обеспечить обзор зоны обработки и уборку отходов. Одно из решений – сообщить режущему инструменту колебания (осцилляцию) вдоль подачи (вдоль обрабатываемой поверхности) с амплитудой, примерно равной подаче инструмента за один оборот заготовки. В зоне резания стружка будет сливная, но сходить станет не в виде

сплошной ленты, а отдельными кусочками, величина которых будет определяться соотношением скорости резания и частоты колебаний. Дробления не требуется.

Правило 6 «Аналогия» (А).

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи нужно использовать копию данного либо другого объекта.

Приём А1 «Копия объекта»: использовать вместо объекта его копию.

Задача Б.14. При шлифовании резьбы кромка круга быстро изнашивается. Чтобы предотвратить брак, необходимо постоянно контролировать параметры профиля резьбы, что требует остановки станка. Особенно сложно контролировать мелкие резьбы.

Как избежать остановки станка, повысив при этом точность контроля?

Решение. Физическое противоречие: необходимо непрерывно контролировать изменение профиля резьбы при шлифовании, чтобы обеспечить заданные параметры резьбы, а контролировать нельзя, так как это требует остановки процесса обработки. В современных станках используют приём А1: вместо контроля непосредственно обрабатываемого изделия контролируют совпадение на экране монитора его увеличенной проекции с чертежом.

Приём А2 «Аналог»: использовать аналог объекта (действия) из данной или другой области техники, из живой или неживой природы.

Задача Б.15. Один из способов измерения температуры – использование термопары. Термопара представляет из себя два проволочных электрода – хромелевого и копелевого, спаянных одним концом. Другой конец термопары находится в условиях комнатной температуры. При нагреве спая в термопаре возникает электрическая разность потенциалов, пропорциональная температуре. Эту разность потенциалов (напряжение) измеряют вольтметром и по его показаниям судят о температуре. Так, например, измеряют температуру в металлургических печах. По аналогии так же стали измерять и температуру резания. В зону резания вводят хромелевую и копелевую проволочки. В момент перерезания проволочек происходит замыкание термопары, и в цепи возникает ток, пропорциональный температуре, величина которого фиксируется гальванометром. Устройство достаточно сложное.

Как его упростить, сохранив принцип термопары?

Решение. Физическое противоречие: электроды должны быть, чтобы измерять температуру, и не должны быть, т.к. они усложняют устройство для измерения. Предложено измерять температуру резания с помощью так называемой естественной термопары. Одним из электродов термопары является режущий инструмент, другим – обрабатываемая деталь. Свободные концы инструмента и детали замыкают на гальванометр.

Правило 7 «Вред в пользу» (В).

Сущность правила состоит в том, чтобы заставить вредное свойство объекта приносить пользу.

В1 «Использование»: использовать вредное свойство для получения положительного эффекта.

Вот пример. Высокая температура резания считается вредным фактором, и мы почти всегда принимаем меры по её снижению. Почти. Но бывают случаи, когда высокая температура при резании становится нашим союзником. Такой случай рассмотрен нами в задаче 4.26, где при обработке труднообрабатываемых материалов применяется подогрев зоны резания плазменной струей.

Задача Б.16. Металлы шлифуют кругами из абразива, например, электрокорунда – он твёрже металла. Электрокорунд шлифуют ещё более твёрдым материалом – алмазом.

А чем шлифовать алмаз? Ведь твёрже его в природе ничего нет.

Решение. Физическое противоречие: чтобы применяться в качестве абразивного материала при шлифовании твёрдого вещества, алмаз должен быть твёрдым; чтобы алмаз можно было обрабатывать, он должен быть мягким. Вспомним одно из свойств алмаза – при температуре выше 800°C он претерпевает так называемое обратное аллотропическое превращение, проще говоря, переходит в графит, из которого когда-то получен. Это свойство алмаза справедливо считают его недостатком. Но в данном случае именно этот недостаток алмаза позволит разрешить возникшее противоречие. Поэтому алмаз шлифуют быстровращающимся медным диском, от трения алмаз нагревается, его поверхностный слой графитируется и легко снимается диском.

Правило 8 «Состояние» (С).

Сущность правила состоит в том, что для решения задачи нужно изменить состояние вещества, из которого изготовлен объект.

Приём С1 «Агрегатное состояние»: изменить агрегатное состояние вещества, использовать фазовые переходы.

Задача Б.17. Требуется нанести консервирующее вещество на стенки внутренней полости сложной формы.

Решение. Предлагается продуть через полость горячий воздух, насыщенный парами консервирующего вещества. Соприкасаясь с поверхностью полости, пары конденсируются, и консервирующее вещество ровным слоем покрывает стенки в самых труднодоступных местах.

Задача Б.18. В центральной части тонкостенной трубы нужно сделать полость большего диаметра. Применить раскатывание трубы в этом месте не представляется возможным. Обычно такие детали изготавливают, штампуя две половинки детали с последующей их сваркой. Производительность такого способа очень низкая. Да и штамповая оснастка является весьма дорогостоящей.

Как быть?

Решение. Инженер А. Бадин изобрёл так называемый «ледяной пресс», используя с детства известное нам свойство воды расширяться при замерзании. В плотно закрытую трубу под давлением подают воду. В холодильнике или на естественном морозе вода замерзает. Снаружи труба заключена в форму, соответствующую форме готовой детали. Лёд работает как пресс, давление достигает более тонны на каждый квадратный сантиметр, и стенки трубы, расширяясь, заполняют форму. При большом перепаде диаметров операцию можно повторить несколько раз, постепенно увеличивая диаметр формы. Таким способом можно делать на трубах рёбра жесткости, монтажные выступы, фланцы и др.

Приём С2 «Консистенция»: изменить концентрацию или консистенцию вещества, применить пасту, порошок, пену, гель.

Кроме классических агрегатных состояний вещества могут находиться в некоторых промежуточных состояниях между твёрдым телом и жидкостью, между жидкостью и газом. К первым можно отнести такие вещества как паста, порошок, гель, ко вторым – пену. Свойства веществ в таком состоянии отличаются от свойств твёрдых тел, жидкостей и газов. Так, порошок (сыпучее тело) обладает большей поверхностью по сравнению с твёрдым телом, которая способна облегать рельеф, а также большей подвижностью слагающих их частиц. В то же время в отличие от жидкости порошок не передаёт оказываемое на него давление равномерно во все стороны, может не вытекать из отверстия размером больше частиц порошка.

Задача Б.19. Чтобы предохранить резьбу от забивания, а гайку – от отвинчивания, гнездо, в котором она помещена, заливают битумом. Теперь гайку не отвернуть, пока не удалён битум из зазора между гайкой и стенками гнезда. Работа это долгая и кропотливая.

Как быть?

Решение. Изобретатели предложили применить гаечный ключ, головка которого нагревается электрической спиралью. Горячая головка легко входит в расплавленный битум, и гайка свободно отвинчивается.

Приём С3 «Пористость»: заменить сплошное вещество, пористым, увеличить объём пор, заполнить поры другим веществом.

Задача Б.20. В алюминиевом корпусе нужно установить стальные втулки, в которых потом нарезать резьбу. При отливке детали втулки устанавливают на дне формы и заливают форму жидким алюминием. Когда алюминий затвердеет, отливку вынимают из формы. Но при остывании отливки вследствие усадки металла втулка отделяется от алюминия. Плохо помогает и выполнение на наружной поверхности втулки бурта, канавки, конуса.

Как быть?

Решение. Физическое противоречие: Втулка должна иметь выступы и канавки на наружной поверхности и не должна их иметь. Предлагается сделать втулку из пористой стали. Жидкий алюминий заполнит поры и намертво соединится со втулкой.

Приём С4 «Неоднородность»: перейти от однородной структуры объекта к неоднородной (от неоднородной к однородной), от однородных материалов к композиционным.

Задача Б.30. Известно, что бетон способен выдержать огромные сжимающие нагрузки, но плохо выдерживает изгибающие и растягивающие усилия. Делать же строительные конструкции из прочной стали дорого.

Как быть?

Решение известно – это железобетон: бетонные конструкции, армированные стальными стержнями (интересно, что к этой идее французский садовник Ж. Монье пришёл, укрепляя железными обручами бетонные кадки для цветов). Но изготовление металлической арматуры достаточно сложно. Менее известно другое решение, в основу которого положено противоречие: металлическая арматура должна быть в бетоне, чтобы повысить его прочность, и не должна быть, чтобы упростить изготовление конструкций. Предложен новый материал метон – металлобетон, в котором песок и щебень соединены воедино расплавленным металлом. Из метона изготавливают станины металлорежущих станков, прессов и т.п.

Правило 9 «Посредник» (П).

Приём П1 «Видоизмененный объект»: ввести между двумя объектами видоизменение одного из них.

Задача Б.31. На скоростных судах с подводными крыльями последние быстро разрушаются вследствие физического явления – кавитации. Сущность его в том, что в жидкости в результате местных понижений давления образуются пузырьки, заполненные газом (паром). При повышении давления, например, из-за встречи с препятствием, пузырьки резко сокращаются (захлопываются). Многократно повторяющиеся удары приводят к разрушению – кавитационной эрозии поверхности тела.

Как быть?

Решение. Согласно приёму П1, чтобы предотвратить изнашивание поверхности крыльев, нужно ввести между водой и металлом изменённую воду или изменённый металл. Вода дешевле. Подводную часть крыла следует сделать охлаждаемой, в результате чего на ней будет нарастать тонкий и постоянно восстанавливаемый слой льда.

Приём П2 «Третий объект»: ввести между двумя объектами третий объект.

Задача Б.32. В механическом цехе для упрочнения и отделки поверхностей деталей успешно применяли обдувку дробью. Струю воздуха с дробью под большим давлением направляли перпендикулярно обрабатываемой поверхности, дробинки с силой ударялись об неё. Но вот потребовалось обработать стенки глубокого и узкого отверстия. Подавать струю воздуха с дробью перпендикулярно поверхности невозможно: диаметр отверстия слишком мал. Если же делать это под углом, то энергия удара падает, упрочнения не происходит.

Как быть?

Решение. Если нет возможности направить струю дроби непосредственно на стенку отверстия, нужно направить её на какой-то промежуточный объект, от которого она под прямым углом устремится к стенке. В качестве такого объекта надо взять конический экран – пробку с углом конуса 90° , которая движется вместе с соплом. Дробь, отражаясь от него, ударяется о стенки отверстия под прямым углом и производит упрочнение.

Приём П3 «Посредник на время»: промежуточный объект вводят на время, после чего его удаляют испарением, растворением и т.п.

Задача Б.33. Алмазные зёрна, применяемые для изготовления шлифовальных кругов, имеют форму вытянутого эллипсоида. При изготовлении круга желательно расположить зёрна по его радиусу, тогда они будут легче внедряться в обрабатываемый материал. Только вот как заставить их «выстроиться»?

Решение. Если бы можно было ввести в алмазные зёрна ферромагнетик, появилась бы возможность управлять ими с помощью магнитного поля. Но как это сделать? Для этого подвергают алмазные зёрна металлизации, напыляя на них тонкий слой ферромагнетика, например, никеля. Кстати, металлизация упрочняет зёрна, «залечивая» имеющиеся в них микротрещины, а кроме того, способствует более прочному соединению зёрен со связкой шлифовального круга. При работе металлическое покрытие на выступающей из связки части зерна моментально стирается и не мешает резанию.

Правило 10 «Физические поля» (Ф)

Данное правило представляется нам самым сильным, поскольку с наибольшей вероятностью обеспечивает получение наиболее оригинальных и наиболее результативных решений. Если мы начнём просматривать патентный фонд по классам, близким к технологии

машиностроения (а просматривать патентный фонд по специальности, мы считаем должен не только каждый студент, но и каждый преподаватель профилирующих дисциплин), мы увидим, что наиболее сильные, интересные, неочевидные технические решения получаются там, где мы используем физические эффекты и явления.

Для облегчения студентам использования этого правила при решении задач технологии машиностроения составлена таблица, в которую вошли 100 изучаемых в школе физических эффектов и явлений. Приведённые здесь определения физэффектов не являются строгими с точки зрения современной физики и даны в виде, удобном для решения технических задач.

Приём Ф1 «Поле»: заменить механическое поле (действие) акустическим, тепловым, химическим, электрическим, магнитным (либо наоборот)

Если после выявления технического и физического противоречий сразу не ясно, каким физическим полем воспользоваться для решения задачи, можно воспользоваться предлагаемой в литературе аббревиатурой полей МАТХЭМ – механическое, акустическое, тепловое, химическое, электрическое, магнитное – и последовательно перебирать эти поля, выявляя наиболее приемлемое.

Задача Б.34, предложенная в своё время Г.С. Альтшуллером. На заводе, выпускавшем сельскохозяйственные машины, был небольшой полигон – участок земли, обнесённый забором. Здесь испытывали новые конструкции машин, их проходимость, маневренность, устойчивость и т.п. И вот стало известно, что в ближайшее время заводу предстоит выпускать машины для многих регионов, причём в каждом из них нужны агрегаты, рассчитанные на почвы данного региона.

Решение. Имеем физическое противоречие: полигонов должно быть много, чтобы испытывать машины в разных условиях, и мало (один), чтобы сократить затраты.

Преподаватель ОТТ в ТГУ А.В. Гордеев отмечает, что более чем за 20 лет преподавания ОТТ на специальности «Технология машиностроения» у дневников, вечерников и заочников не было ни одного случая, чтобы эту задачу правильно решили до обучения. Но стоит эту задачу повторить при изучении приёма Ф1, и не было случая, чтобы кто-либо тут же не предложил правильный ответ. Решение состоит в том, что в почву вводят железные опилки и управление её свойствами осуществляют регулированием напряжённости электромагнитного поля.

Приём Ф2 «Сочетание полей»: применить сочетание нескольких физических полей.

Эффект применения физических полей усиливается при одновременном применении нескольких полей – двойных (МА, МТ, МХ и т.д.) и более (МАТ, МАХ, МАТХ и т.д.).

В последнее время получили распространение так называемые комбинированные и гибридные технологии. Дело в том, что в машиностроении и других отраслях применяются всё новые и новые конструкционные материалы со специальными свойствами. Обрабатываемость таких материалов по обычным технологиям (моноктехнологиям), когда в процессе обработки участвует только один вид энергии (например, механическая – обработка резанием) становится весьма проблематичной. Для облегчения обработки на инструмент, заготовку и/или зону обработки воздействуют дополнительными потоками энергии. Это воздействие может быть последовательным, когда после окончания одной операции выполняют следующую операцию воздействием другим типом энергии. Каждая операция представляет законченный процесс, обеспечивая определённые заданные технологические показатели – точность, шероховатость, качество поверхностного слоя и т.п. Такие технологии получили название комбинированных. Общий эффект комбинированных технологий представляет сумму эффектов от каждой операции (от действия каждого поля). Примером комбинированных технологий могут считаться, например, сочетание механической и термической обработки в технологическом процессе, когда заготовку детали сначала отжигают, обеспечивая снижение её механических характеристик, а затем обрабатывают резанием с помощью лезвийного инструмента, обеспечивая заданные точность и шероховатость поверхности. А может обработка осуществляться при одновременном воздействии несколькими типами энергии (несколькими физическими полями), и тогда суммарный эффект воздействия этих полей не равен сумме эффектов от каждого из них, а превосходит его, причём иногда многократно. Такие технологии получили название гибридных [22]. Примерами гибридных технологий могут служить задачи 4.26 про плазменно-механическую обработку, 4.29 про имплантацию рабочих поверхностей инструмента гелием, 4.38 про резание с осцилляцией, 4.44 про электрохимическую обработку штампа.

Задача Б.35. Захват промышленного робота перемещается по направляющей – полой штанге. Фторопластовая втулка легко скользит по её поверхности, если она смочена водой. Пытались снабдить роботов распылителями воды – ничего не вышло: система работает

ненадёжно, подача воды сильно зависит от колебаний давления в водопроводе, она попадает в станок, требуется постоянная регулировка.

- Что делать? – думает технолог. – Не ставить же рядом с роботом рабочего с мокрой тряпкой!

Решение. Используем физэффект 34 «Конденсация». Стоит пустить по трубе холодную воду, и её поверхность всегда будет влажной.