

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических занятий
по дисциплине «Проектная деятельность» для обучающихся по направлению подготовки
27.04.01 Стандартизация и метрология
Направленность (профиль) Цифровая метрология и управление качеством

Ставрополь, 2026

Содержание

№ п/п	Наименование	Стр.
1	Предварительная постановка проектной задачи	
2	Уточненная постановка проектной задачи	
3	Решение творческих задач методом проб и ошибок	
4	Составление описание технических объектов	
5	Построение конструктивной функциональной структуры	
6	Построение потоковой функциональной структуры	
7	Описание физического принципа действия	
8	Решение проектных задач методом прямой мозговой атаки	
9	Решение проектных задач методом обратной мозговой атаки	
10	Решение проектных задач методом контрольных вопросов	
11	Решение проектных задач методом эвристических приемов	
12	Решение проектных задач методом морфологического анализа и синтеза технических решений	
13	Решение проектных задач методом автоматизированного синтеза физических принципов действия	
14	Заполнение паспорта проекта	
15	Построение причинно-следственной диаграммы Исикавы	
16	Построение интеллект-карт (ментальных карт)	
	Список литературы	

ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения дисциплины- Целью преподавания дисциплины «Проектная деятельность» является активизация познавательной деятельности учащихся через исследовательскую и проектную деятельность

Задачи освоения дисциплины: *образовательные:* выделение основных этапов написания проектной работы

развивающие: получение представления о научных методах, используемых при проведении исследования; изучение способов анализа и обобщения полученной информации;

воспитательные: получение представления о научных подходах; формирование умений представления и защиты результатов проектной деятельности.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Тема:

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ПРОЕКТНОЙ ЗАДАЧИ

Цель работы: приобретение навыков предварительной постановки проектной задачи.

Знание и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы практического занятия, формируемые компетенции или их части:

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой предварительной постановки проектной задачи;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Составление отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и сформулировать выводы.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задачи инженерного творчества, как правило, решаются итерационным путем, т. е. делается несколько приближений к искомому решению на основе полученных результатов. Поэтому предлагаемая постановка задачи имеет как бы два этапа. На первом этапе выполняют работу с помощью операций 1-5, после чего предпринимаются попытки решения задачи естественным способом «проб и ошибок» или с помощью какого-либо метода. На втором этапе выполняются операции 6-12 с последующими попытками решения задачи.

После выполнения каждой операции желательно кратко записать полученный результат.

Постановка задачи - нелегкая работа. Однако нужно всегда помнить, что правильная постановка творческой инженерной задачи - это половина ее

решения. Она часто связана с отсечением многих бесперспективных и тупиковых направлений поиска. Нередки случаи, когда решение задачи находят в процессе ее постановки. Поэтому не следует экономить время на анализ и постановку задачи.

Операция 1. Описание проблемной ситуации. Эта операция представляет собой самую предварительную краткую формулировку задачи, в которой должны содержаться ответы на следующие вопросы:

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

б. Что требуется сделать для устранения проблемной ситуации, т. е. какую потребность нужно удовлетворить?

в. Что мешает устранению проблемной ситуации или достижению цели?

г. Что дает решение задачи для людей, предприятия, народного хозяйства и т. д.?

Пример описания проблемной ситуации.

а. Внутри цеха имеется пневмотранспорт с диаметром трубы 300 мм, который периодически доставляет на рабочие места порошок и мелкие пластмассовые заготовки. Цех перевели на изготовление новой продукции, для производства которой на рабочие места требуется подавать еще и крупные заготовки с габаритными размерами, значительно превышающими диаметр трубопровода.

б. Необходимо обеспечить механизированную подачу крупных заготовок от склада до рабочих мест.

в. Крупные заготовки нельзя доставлять пневмотранспортом из-за малого диаметра труб. Внутри цеха отсутствуют транспортные дорожки, что затрудняет использование колесного транспорта. В верхней части цеха нет свободного пространства для установки и работы кранового оборудования.

г. Решение задачи позволит исключить ручное транспортирование заготовок в данном цехе и в других аналогичных случаях.

Операция 2. Описание функции (назначения) ТО. Описание содержит четкую и краткую характеристику технического средства, с помощью которого можно удовлетворить возникшую потребность. Описание функции выполняется в соответствии с рекомендациями. При этом рекомендуется давать сначала качественное, а затем количественное описание функции, которую требуется реализовать с помощью разрабатываемого ТО.

Примеры описания функций, в том числе для системы пневмотранспорта, приведены в табл. 1, где для каждого ТО вначале дано качественное, а затем количественное описание функций в виде отдельных компонентов а), б), в), которые следует читать подряд как одно предложение.

Операция 3 - Выбор прототипа и составление списка требований. В описании проблемной ситуации часто указывают прототип, который требуется усовершенствовать. Этот исходный прототип обычно приходится брать за основу при поиске улучшенного решения. Кроме этого, рекомендуется выбрать еще 1-2 дополнительных прототипа имеющих определенные достоинства по сравнению с исходным. При этом в первую очередь используются существующие в практике изделия на уровне лучших мировых образцов, аналогичные технические решения в ведущем классе ТО. Ведущий

класс ТО по сравнению с рассматриваемым имеет близкую функцию и более высокий технический уровень. Например, для автомобилестроения ведущим классом может быть авиация, для строительства - машиностроение.

При выборе дополнительных прототипов рекомендуется использовать словари технических функций, МКИ (международную классификацию изобретений), патентные описания за последние 5-10 лет (как по рассматриваемому, так и функционально близким классам ТО), каталоги выставок и т. д. Может быть также использована прямая мозговая атака.

Список основных требований к прототипу составляют в зависимости от уровня его описания в виде списка требований к принципу действия или техническому решению. Количественное описание функции то вместе со списком основных требований представляет собой техническое задание на разработку нового поколения ТО.

Иногда при выборе прототипа удастся найти подходящее решение и тем самым снять проблемную ситуацию. В этом случае при дефиците времени и ресурсов можно прекратить решение задачи поиска улучшенного технического решения. Однако при наличии времени почти всегда имеет смысл и есть возможность улучшить найденное решение и тем самым отодвинуть время возникновения новой проблемной ситуации.

В примере в качестве прототипов взяты имеющийся пневмотранспорт и транспортеры.

Таблица 1 Примеры описания функции

Наименование ТО	Описание функции		
	а) действие	б) объект	в) условия
1. Пневмо-транспорт внутри цеха	транспортирует	крупные заготовки	между складом и рабочими местами
	транспортирует	крупные заготовки с габаритными размерами 420×275×350 мм	между складом и рабочими местами на расстоянии до 60 м
2. Бытовая электроплитка	нагревает	емкость с жидкостью	до кипения
	нагревает	емкость с водой объемом до 5 л	до кипения за время не более 20 мин
3. Амперметр	измеряет	силу электрического тока	—
	измеряет	силу постоянного тока	в диапазоне 6—9 А с точностью до 0,1 %
4. Подшипник	снижает	вращающий момент колеса	—
	снижает	вращающий момент колеса	до 2,9 Н·м при радикальной нагрузке 7848 Н и частоте вращения 130 1/с

Операция 4. Составление списка недостатков прототипа. Как следует из закона прогрессивной конструктивной эволюции ТО, каждый используемый то обычно имеет некоторый список недостатков, устранение которых обеспечивает получение новой улучшенной модификации ТО. При выполнении этой операции необходимо стремиться выявить все недостатки прототипа, которые могут быть устранены в новом изделии, т. е. для каждого прототипа следует указать:

- критерии развития ТО (см. гл. 3);
- показатели, не соответствующие сформулированной функции;
- факторы, снижающие эффективность или затрудняющие использование прототипа;
- показатели, которые желательно улучшить.

Для каждого критерия, показателя и фактора следует дать по возмож-

ности количественную оценку с перспективой на будущее. Перечень требующих улучшения критериев, показателей и факторов с их количественной оценкой будем называть списком недостатков прототипа.

При составлении списка недостатков целесообразно изучить конструктивную эволюции рассматриваемых ТО для более обоснованного выбора критериев развития, использовать метод обратной мозговой атаки. Полученный список недостатков необходимо упорядочить по степени важности их устранения и выделить самые важные недостатки, устранение которых будем считать главными целями решения задачи.

При выполнении этой операции рекомендуется использовать существующие (а также самим составлять и развивать) проблемно и объектно (предметно) ориентированные списки недостатков.

Пример. Список недостатков пневмотранспорта в цехе:

1. Если использовать пневмотранспорт, то возникают значительные дополнительные затраты, связанные с демонтажем трубопроводов и установкой новых трубопроводов с большим диаметром, например 600 мм.

2. После установки трубопровода с диаметром 600 мм могут появиться заготовки с габаритными размерами, превышающими этот диаметр, что потребует новую замену трубопровода.

3. Заготовки при движении в трубопроводе ударяются, трутся и в результате теряют товарный вид, что противоречит тенденции повышения качества изделий.

4. При транспортировании по трубам более крупных заготовок повышается шум в цехе.

Упорядочение этих недостатков по важности их устранения: 1, 3, 4, 2. Главные цели решения задачи - устранение недостатков 1, 3.

Операция 5. Предварительная формулировка задачи.

Кратко обобщаются результаты, полученные при выполнении операций 1-4. При этом задача традиционно содержит две части: «дано» и «требуется». Такое обобщение дает комплексное и легко обозримое представление о задаче, что способствует продуктивной работе.

Дано:

а) качественное или количественное (в зависимости от характера задачи) описание функции и ограничений, накладываемых на реализацию функций;

б) перечень и описание возможных прототипов и списки требований к ним;

в) списки недостатков прототипов.

Требуется: в процессе решения задачи так изменить прототип, т. е. найти такое новое техническое решение, которое бы реализовало интересующую функцию и не имело (или имело в меньшей мере) недостатки, присущие прототипу.

Пример: требуется так изменить существующий в цехе пневмотранспорт, чтобы:

1) он обеспечивал транспортирование заготовок сечением 600×600 мм;

2) были значительно снижены или исключены дополнительные затраты, связанные

с демонтажем трубопроводов и установкой труб с большим диаметром;

3) была значительно снижена или исключена порча заготовок от ударов и трения в трубопроводе.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Тема:

УТОЧНЕННАЯ ПОСТАНОВКА ПРОЕКТНОЙ ЗАДАЧИ

Цель работы: приобретение навыков уточненной постановки проектной задачи.

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой уточненной постановки проектной задачи;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Составление отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и сформулировать выводы.

УТОЧНЕННАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Операция 6. Анализ функций прототипа и построение улучшенной конструктивной функциональной структуры.

После этого проводят корректировку (улучшение) ФС, для чего необходимо ответить на вопросы;

а. Какие можно ввести новые функциональные элементы, обеспечивающие устранение недостатков прототипа или существенное повышение эффективности и качества ТО? Дают название таким элементам и описывают их функции.

б. Какие можно исключить элементы для устранения недостатков прототипа или повышения эффективности и качества ТО?

в. Какие элементы целесообразно исключить путем передачи их функций другим элементам?

г. Для каких элементов, имеющих несколько функций, целесообразно разделение функций и введение вместо одного двух или более элементов? дают названия новым элементам и описывают их функции.

После ответа на перечисленные вопросы строят улучшенную конструктивную ФС. При этом возможны ситуации, когда не удастся изменить ФС

прототипа или появляется несколько альтернативных улучшенных ФС.

Операция 7. Анализ функций вышестоящей по иерархии системы.
Почти всегда рассматриваемый ТО можно представить как элемент в другой, более сложной технической системе (например, деталь в узле, узел в машине, машина в технологической линии цеха и т. д.).

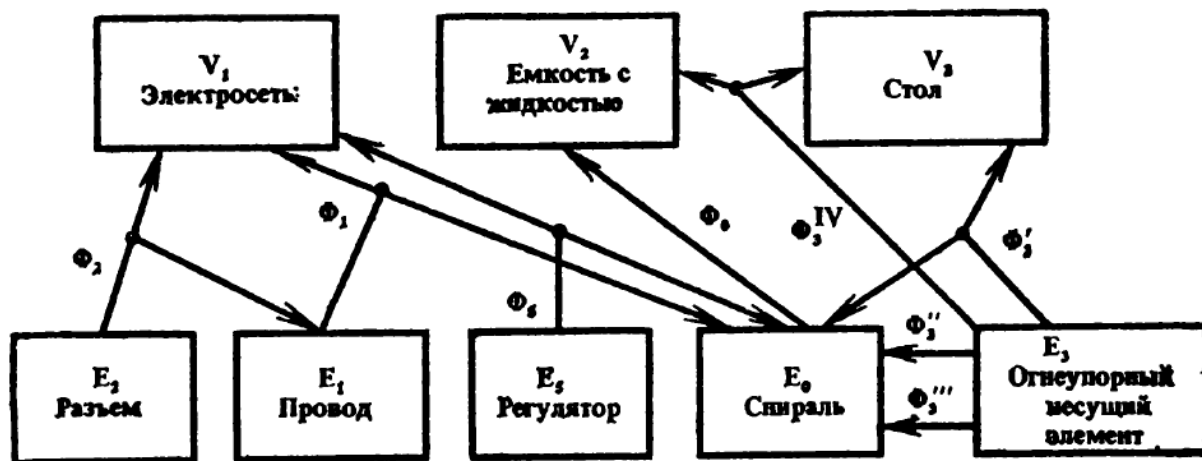


Рис. 1. Улучшенный вариант конструктивной ФС бытовой электроплитки

Для анализа необходимо:

1. Выделить вышестоящую по иерархии систему, в которой в качестве отдельных элементов (подсистем) выступают рассматриваемой ТО и другие смежные с ним объекты (другие ТО, окружающая среда, человек и т. д.).

2. Описать функции всех элементов, входящих в выделенную систему, и построить конструктивную ФС.

3. Выяснить возможность удовлетворения потребности, т. е.:

- можно ли выполнить функцию рассматриваемого то путем внесения изменений в смежные объекты;
- нельзя ли какому-либо смежному объекту частично или полностью передать выполнение функции рассматриваемого ТО;
- что мешает внесению необходимых изменений и нельзя ли устранить мешающие факторы.

4. Сформулировать по аналогии с операцией 5 задачу внесения изменений в смежные объекты. Провести технико-экономическое сравнение первоначальной постановки задачи по операции 5 с задачей внесения изменения в смежные объекты. Если последняя более эффективна, то следует проработать ее по операциям 1--6.

Таблица 2 Причины недостатков (дефектов) пневмотранспорта в цехе

Номер недостатка	Причина возникновения недостатка	Можно ли и как в принципе устранить причину возникновения недостатка
1	Замена трубопровода	Да, если не заменять трубопровод
2	Дальнейшее возрастание габаритных размеров заготовок	Да, если принять диаметр трубопровода с большим запасом или если трубопровод не будет зависеть от габаритных размеров заготовок
3	Удары и трение заготовок между собой и о стенки труб	Да, если исключить удары и трение
4	4.1. Удары и трение заготовок о стенки 4.2. Движение с большой скоростью и под большим давлением воздуха в трубе	4.1. Да, если исключить удары и трение 4.2. Да, понизив шум путем звукоизоляции и уменьшения утечек воздуха

Пример. В рассматриваемой задаче с пневмотранспортом вышестоящая по иерархии система включает: пневмотранспорт, склад материалов, рабочие места. Построение ФС между этими элементами не вызывает затруднений. Проработка по пп. 3, 4 не приводит к интересным идеям внесения изменений в смежные объекты (если не считать идею приближения склада к рабочим местам или наоборот, которая в данном случае неприемлема). Это говорит о том, что в эвристических методах некоторые операции или приемы при решении конкретных задач «не срабатывают», хотя в других случаях они приводят к интересным результатам.

Операция 8. Выявление причин возникновения недостатков. Проводятся более углубленный анализ и изучение задачи в направлении выявления причин возникновения недостатков в прототипе, сформулированных при выполнении операции 4.

Следует сопоставить каждый недостаток и причину его возникновения и попытаться ответить на вопрос: можно ли полностью или частично избавиться от недостатка, исключив причину его возникновения?

Пример выявления причин недостатков пневмотранспорта в цехе дан в табл. 2.

Операция 9. Выявление и анализ противоречий развития. Улучшение многих то связано с преодолением так называемых противоречий развития, которые могут иметь место в следующей типичной ситуации.

Улучшение какого-либо желаемого показателя ТО приводит к существенному ухудшению одного или нескольких других важных показателей (например, увеличение грузоподъемности моста приводит к увеличению расхода материалов; снижение помех от деформации антенны радиотелескопа приводит к резкому повышению стоимости антенны).

Возможно и другое противоречие развития, когда улучшение желаемого показателя ограничено некоторым фактором. Например, увеличение диаметра и частоты вращения бегуна и поставка водяной мельницы в средние века ограничивалось прочностью и конструкцией деревянных водяных колес; возрастание быстродействия ЭВМ ограничено скоростью передачи сигналов внутри машины.

При выявлении и анализе противоречий развития выполняют следующие процедуры.

1. Из списка недостатков прототипа, выявленных в операции 4, выберите недостатки, связанные с улучшением количественных показателей и в первую очередь относящиеся к критериям развития ТО.

2. При рассмотрении каждого такого показателя ответьте на вопросы:

- какой показатель ТО существенно ухудшается при улучшении рассматриваемого показателя;

- какие факторы (константы, стандарты и т. д.) ограничивают . улучшение желаемого показателя.

3. Постройте качественный или количественный график зависимости ухудшаемого показателя от улучшаемого.

Операция 10. Уточнение списка прототипов и формирование идеального технического решения. Выявление и анализ недостатков прототипа (операции 4, 8, 9), анализ функций прототипа и вышестоящей системы (операции 6, 7) значительно расширяют представление о задаче и требованиях к прототипу. В связи с этим целесообразно еще раз вернуться к выбору наиболее подходящего прототипа для разработки улучшенного ТО и использовать рекомендации, данные в операциях 3, 6, 7. Кроме того, полезно сформулировать и представить идеальное техническое решение.

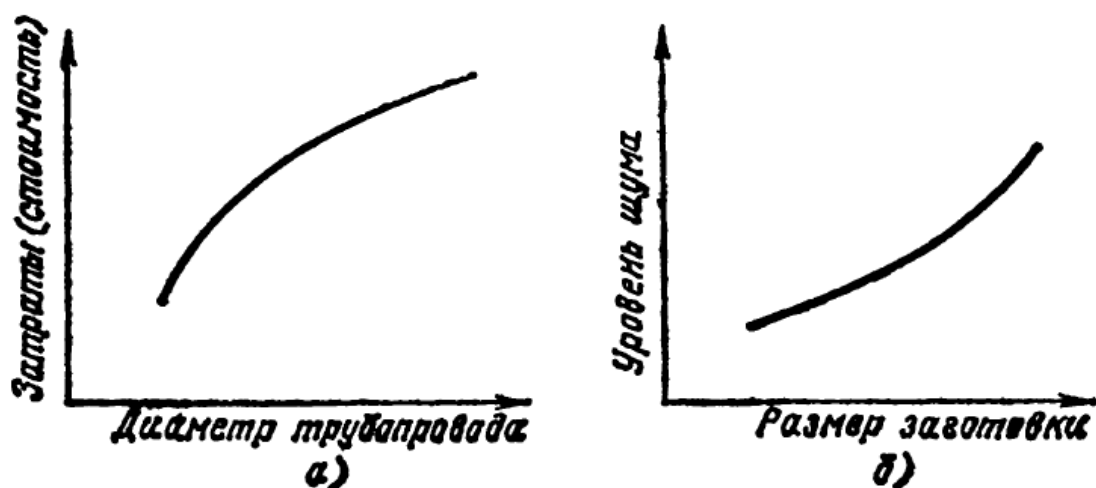


Рис. 2. Противоречие развития пневмотранспорта в цехе: а – зависимость затрат на реконструкцию от диаметра труб; б – зависимость уровня шума пневмотранспорта от размеров транспортируемых заготовок

Любой класс то имеет вполне определенное направление (или главную магистраль) развития, ограниченное штриховыми линиями на рис. 3. В связи с этим все изобретения можно разделить на две группы; *прогрессивные* (Т1, ... , Т4), которые лежат на главной магистрали, и *тупиковые* (Т3а, Т4а), уходящие в сторону от главной магистрали. При создании нового ТО задача заключается не в поиске вообще новых улучшенных технических решений, а в поиске решений, лежащих на главной магистрали.

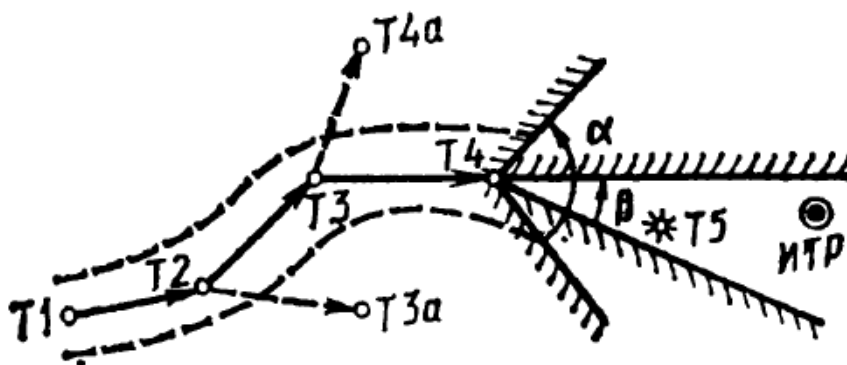


Рис. 3. Главная магистраль развития ТО:

Т1, Т2, Т3 – предшествующие массово выпускаемые ТО, Т4 – рассматриваемый прототип: α – угол поиска без звания ИТР; β – сужение угла поиска с ориентацией на ИТР

К одному из приемов, помогающих выбору нового технического решения на главной магистрали развития, относится формулировка идеального технического решения (ИТР), которое конструкторы и изобретатели называют по-разному: идеальный конечный результат, идеальная машина, предельно совершенное устройство и т. д. ИТР является как бы ориентиром для

выбора прототипа и конструирования улучшенного ТО. Так, например, акад. В. А. Котельников ввел в свое время понятие «идеального приемника» и показал, что даже лучший из приемников может снизить помехи до определенного предела. Схема идеального приемника Котельникова направила поиски изобретателей по более узкому и перспективному направлению.

Определение ИТР. Будем считать техническое решение идеальным, если оно имеет одно или несколько из следующих свойств:

1. В ИТР размеры ТО приближаются или совпадают с размерами обрабатываемого или транспортируемого объекта, а чистая масса ТО намного меньше массы обрабатываемого объекта.

2. В ИТР масса и размеры ТО или его главных функциональных элементов приближаются к нулю, в предельном случае равны нулю (когда устройства вообще нет, но необходимая функция выполняется).

3. В ИТР время обработки объекта приближается к нулю или равно нулю.

4. В ИТР КПД приближается к единице или равен единице, а расход энергии приближается к нулю или равен нулю.

5. В ИТР все части ТО все время выполняют полезную работу в полную меру своих расчетных возможностей.

6. ТО, имеющий ИТР, функционирует бесконечно длительное время без ремонта и остановок.

7. ТО, имеющий ИТР, функционирует без человека или при его минимальном участии.

8. ТО, имеющий ИТР, не оказывает никакого отрицательного влияния на человека и окружающую природную среду.

При формировании ИТР для своего класса ТО станьте на время футурологом или писателем-фантастом и опишите по возможности подробно (для реализации рассматриваемой функции) техническое решение будущего, удовлетворяющего по возможности указанным свойствам ИТР. Особое внимание обратите на физический принцип действия, внешний вид и основные показатели эффективности ТО. При этом целесообразно использовать прямую мозговую атаку.

Для формулировки ИТР полезно также использовать следующие правила:

Не следует заранее думать возможно или невозможно в принципе осуществить ИТР; как и какими путями будет реализовано ИТР.

Рекомендуется использовать прием изображения двух картинок (рис. 4). При изображении второй картинке ничем не ограничивайте свою фантазию.

Важность формулировки ИТР заключается в том, что оно позволяет во всем многомерном пространстве поиска выделить (определить) достаточно малый угол поиска β (см. рис. 3), который обеспечивает более целенаправленную изобретательскую работу и концентрирует интуицию в наиболее перспективном направлении. Суженный угол β предотвращает выбор тупико-

вых технических решений (аналогичных Т3а, Т4а) и, как правило, в пространстве этого угла между ИТР и прототипом Т4 лежит искомое решение Т5.

Пример. Применительно к задаче с пневмотранспортом можно дать следующую формулировку ИТР. Крупные заготовки без особых дополнительных средств и затрат (или вообще без всяких средств и затрат) сами собой движутся или передаются от склада к рабочим местам.

В соответствии с рекомендациями операции 3 определяют требования для уточненного списка прототипов. При этом для прототипов, которые были выбраны ранее, уточняют списки требований, по возможности усиливая их на основе проведенных проработок. Иногда можно ослабить несущественные требования, если это дает несоизмеримо больший выигрыш по более важным показателям.

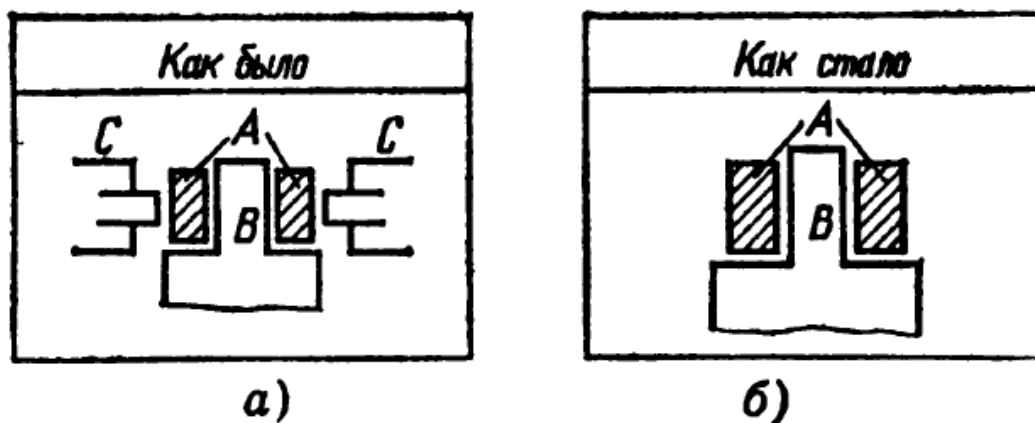


Рис. 4. Пример изображения двух картинок: а - обрабатываемая деталь А прижимается к патрону В гидроцилиндром С; б - обрабатываемые детали А сами держатся на патроне В

Операция 11. Улучшение других показателей ТО. При разработке новой модели или нового поколения ТО стремятся сделать изделия, которые не только бы устраняли главные видимые недостатки (определенные в операции 4), но и имели значительные преимущества перед существующими изделиями по комплексу всех существенных показателей. Поэтому по отношению к выбранным в операции 10 прототипам рекомендуется провести анализ и ответить на вопросы:

Какие еще можно устранить недостатки в прототипе? Какие показатели могут быть дополнительно улучшены и на сколько?

При ответе на эти вопросы следует рассмотреть возможности улучшения средств выполнения функций, сформулированных в операциях 6, 7; устранения недостатков, выявленных в операциях 8, 9; приближения к ИТР.

При выполнении этой операции следует также учесть рекомендации, указанные в операции 4. Кроме того, полезно использовать существующие (а

также самим составлять и развивать) проблемно и объектно ориентированные списки критериев развития ТО, списки параметров ТО и списки требований к ТО.

Операция 12. Уточненная постановка задачи. По форме она излагается, как и предварительная постановка задачи (в операции 5). При этом к исходным данным относятся:

- качественное и количественное описание функции ТО;
- перечень и краткое описание прототипов, к которым могут быть отнесены улучшенные функциональные структуры и ИТР, и списки основных требований к прототипам;
- списки главных недостатков прототипов с указанием неочевидных причин возникновения недостатков;
- списки дополнительных недостатков и показателей, которые желательно улучшить;
- формулировка противоречий развития прототипов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Тема:

РЕШЕНИЕ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ ПРОБ И ОШИБОК

Цель работы: приобретение навыков решения научных творческих задач методом проб и ошибок

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой решения творческих научных задач методом проб и ошибок;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Составление отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и сформулировать выводы.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ ПРОБ И ОШИБОК

Это самый широко применяющийся во все времена, в том числе и в настоящее время, метод поиска новых решений. Хотя метод проб и ошибок известен человечеству с древнейших времен, но был сформулирован и получил свое название лишь в 1898 г. [30]. Сущность метода заключается в поиске наиболее приемлемого из *случайно* возникающих вариантов решения. При этом вариантом решения задачи может быть любая идея, пришедшая в голову разработчика (конструктора, технолога, изобретателя) нового технического объекта интуитивно или при выполнении им каких-либо действий, способствующих возникновению идей. Обычно такими действиями являются введение случайных изменений в улучшаемый объект, логический анализ недостатков прототипа поиск аналогичных решений в объектах природы или в объектах другой области техники. Если при оценке возникшей идеи она признается неудачной, эта идея отвергается и проверяется новая, опять же случайно возникшая идея. Такой процесс проверки случайно возникающих вариантов решения задачи повторяется многократно, пока не будет найдено удовлетворяющее требованиям задачи решение.

Естественно, что поиск достаточно приемлемого решения методом проб и ошибок требует значительных затрат времени и средств, особенно если проверка выдвигаемых идей осуществляется экспериментальным путем. Тем не менее, этот метод, вследствие действия тех или иных случайностей, может привести к сильным техническим решениям. Приведем только два из многочисленных примеров поиска решения методом проб и ошибок [26], иллюстрирующих, как «случайные явления» могут натолкнуть на искомое решение (при этом не следует забывать, что человек, ищущий решение задачи, находится «под властью этой задачи»).

Задача Микулина. В начале XX века, когда велось активное освоение самолетов с двигателями внутреннего сгорания, большинство катастроф было связано с отказом магнето, «исчезновением искры» зажигания. В связи с этим возникла задача повышения надежности работы магнето.

Эту задачу после долгих мучительных поисков методом проб и ошибок решил юный А. Микулин, будущий академик, известный конструктор авиационных двигателей. Он шел по улице и увидел огромного мужика с сильно подбитым заплывшим и ничего не видящим глазом. В это время и пришла догадка! Микулин сразу бросился бежать в гостиницу к знаменитому авиатору С.И. Уточкину, и между ними состоялся следующий разговор:

- У людей по два глаза, подбейте левый - правый будет видеть.
- Я никому не собираюсь подбивать глаза, - сказал Уточкин.
- На Вашей машине одно магнето - поставьте два!
- Прекрасная мысль! - сказал Уточкин. - За каждый благополучный показательный полет я буду платить тебе по 10 рублей.

Показательные полеты тогда были платными. И Уточкин сдержал свое слово, посылая после каждого полета переводы.

Задача Яблочкова. В 1875 г. русский изобретатель П.Н. Яблочков наряду с другими изобретателями Европы и Америки искал надежный способ регулирования расстояния между угольными электродами, расположенными в дуговой лампе на одной прямой навстречу друг другу. Для поддержания вольтовой (электрической) дуги требовалось с некоторой постоянной скоростью сближать электроды по мере их сгорания. Были испробованы сотни различных конструкций автоматического регулирования зазора между электродами. Однако все они имели существенный недостаток: устройства получались громоздкими и малонадежными.

После множества тщетных попыток П.И. Яблочков, сидя в одном из кафе Парижа, случайно увидел два рядом лежавших карандаша, и здесь возникла идея решения: электроды надо расположить рядом параллельно, разделив их выгорающим изоляционным материалом. Такое решение вообще исключало применение какого-либо регулятора зазора между электродами.

Несмотря на приведенные и большое число подобных примеров возникновения идей решения задач, метод проб и ошибок следовало бы назвать методом *слепого поиска*. Этот метод не предлагает какие-либо правила выдвижения идей, в принципе принимается любая идея, которая

может привести к нужному результату. При этом осуществляется экспериментальная проверка огромного числа вариантов, чтобы на опыте определить пригодность того или иного варианта. В данном методе в полной степени реализуется своеобразная обменная операция: *незнание обменивается на время*, т. е. «чем меньше знаем, тем дольше ищем» [30].

Задача поиска материала для нити накала электрической лампочки. К решению этой задачи Т. Эдисон приступил в 1878 г. В первых опытах нить накала из обугленной бумаги светила 8 мин, из платины - 10 мин. Затем испытывались нити из сплава титана с иридием, из бора, хрома, молибдена, осмия и никеля. Эти испытания дали плохие результаты. Далее следовала новая серия проб: исследовались образцы нитей 1600 различных материалов. Снова неудача. Наконец, обугленная хлопчатобумажная нить светила 13,5 ч, а через 14 месяцев экспериментов нить из обугленного картона - 170 ч, из обугленного бамбука (от футляра японского веера) - 1200 ч! К 1879 г. позади было около 6 тыс. опытов.

Перебор большого числа вариантов, а следовательно, большие затраты времени - главный недостаток метода проб и ошибок. На определенный исторический период этот его недостаток был преодолен Эдисоном. Изобретая щелочной аккумулятор, Эдисон получил положительный результат, выполнив за короткое время 50000 опытов. Это ему удалось за счет главного из более 1000 его изобретений: он изобрел *научно-исследовательский институт*. 50000 опытов он распределил между 1000 сотрудников. Столь простая идея дала ошеломляющий результат: резко сократилось время поиска решения задач.

Это изобретение Т. Эдисона получило особенно широкое применение во всем мире в первой половине XX века, когда количество и сложность задач резко возросли. Например, в США наблюдалась следующая динамика роста числа научно-исследовательских институтов (НИИ) и лабораторий: 1920 г. - 300, 1930 г. - 1600, 1940 г. - 2200, 1967 г. - 15000. Это позволило, применяя метод проб и ошибок, решить многие задачи и создать такие современные технические объекты, как мосты, корабли, самолеты, здания, автомобили, ракеты и т. п., которые повсеместно сегодня используются. Однако, пока имелись свободные людские ресурсы и экономика выдерживала беспрецедентный рост ассигнований на научно-технические разработки, принцип *«больше людей - больше идеи»* [30] оправдывал себя. Но к 70-80-м гг. во всех развитых странах рост предоставляемых обществом средств на науку и технику замедлился и стабилизировался на уровне темпов роста национального дохода. Эта ситуация вновь обострила проблему устранения недостатков метода проб и ошибок.

Следует отметить, что недостатки метода проб и ошибок беспокоили ученых и инженеров давно, в том числе и в период роста числа научно-исследовательских институтов и лабораторий. С решением задачи «ценой в тысячи и миллионы проб» с трудом справлялись и достаточно крупные НИИ. Поэтому параллельно с развитием НИИ разрабатывались методы активизации творческой деятельности человека и коллектива использующих

при поиске решения поставленных задач метод проб и ошибок. Основу этих методов составила идея *последовательного применения двух операций*, направленных на повышение эффективности метода проб и ошибок:

- *генерирования идей решения задачи* (чем больше идей выдвинуто до начала их экспериментальной проверки, тем выше вероятность появления удачной идеи);

- *фильтрации идей* (чем больше идей будет отвергнуто в предварительном обсуждении, тем меньше потребуется опытов для проверки).

Обе эти операции составили методику *мысленного эксперимента*. Ценность мысленного эксперимента заключается в том, что с его помощью можно заранее предсказать результаты воплощения многочисленных идей, мысленно оценивая их на основе огромного объема накопленных человечеством знаний, при этом такие эксперименты осуществляются с минимальными затратами времени и не требуют каких-либо существенных финансовых вложений.

В наиболее полной степени идея последовательного осуществления операции генерирования идеи и их экспертизы реализована в методах мозговой атаки и ассоциативных методах.

Литература, рекомендуемая для изучения темы:

Абовский Н.П. Творчество: системный подход, законы развития, принятие решений / Н.П. Абовский. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 312 с.

Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения / Г.С. Альтшуллер. – М.: Московский рабочий, 1973. – 296 с.

Альтшуллер Г.С. Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности / Г.С. Альтшуллер, И.М. Верткин. – Мн.: Беларусь, 1994. – 479 с.

Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука / Г.С. Альтшуллер. – М.: Сов. радио, 1979. – 176 с.

Буш Г.Я. Методы технического творчества / Г.Я. Буш. – Рига: Издательство «Лиесма», 1972. – 73 с.

Донсков А.С. Основы инженерного творчества: учеб пособие / А.С. Донсков. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 225 с.

Кудрявцев А.В. Методы интуитивного поиска технических решений (методы анализа проблем и поиска решений в технике) / А.В. Кудрявцев. – М.: «Речной транспорт», 1991. – 315 с.

Михелькевич В.Н. Основы научно-технического творчества / В.Н. Михелькевич, В.М. Радомский. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 320 с.

Муштаев В.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для вузов / В.И. Муштаев, В.Е. Токарев. – М.: Дрофа, 2005. – 254 с.

Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов втузов / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

Тринг М. Как изобретать? / М. Тринг, Э. Лейтуэйт. – М.: Мир, 1980. – 272 с.

Филичев С.А. Основы технического творчества: краткий курс лекций: учеб. пособие / С.А. Филичев. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. – 93 с.

Чус А.В. Основы технического творчества / А.В. Чус, В.Н. Данченко. – Киев, Донецк: Вища школа, 1983. – 184 с.

Чяпяле Ю.М. Методы поиска изобретательских идей. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1990. – 96 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Тема:

СОСТАВЛЕНИЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Цель работы: приобретение навыков разработки описания технических объектов.

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой описания технических объектов;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Составление отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и сформулировать выводы.

ИЕРАРХИЯ ОПИСАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Каждый ТО может быть представлен описаниями, имеющими иерархическую соподчиненность. Описания характеризуются двумя свойствами:

каждое последующее описание является более детальным и более полно характеризует ТО по сравнению с предыдущим;

каждое последующее описание включает в себя предыдущее.

Такие свойства имеют следующие описания: потребность, или функция то; техническая функция (ТФ); функциональная структура (ФС); физический принцип действия (ФПД); техническое решение (ТР); проект. Иерархия этих описаний показана на рис. 1. Рассмотрим подробнее эти понятия.

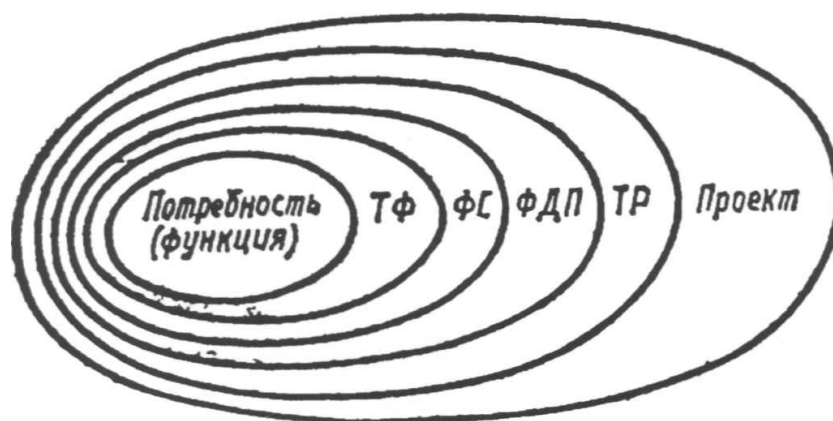


Рисунок 1 - Иерархия описаний ТО

Потребность. Это общепринятое и краткое описание на естественном языке назначения ТО или цели его создания (существования). При описании потребности отвечают на вопрос: «Что (какой результат) желательно иметь (получить) и каким особым условиям и ограничениям при этом нужно удовлетворить?»

Если рассматривать более детально описание потребности, то оно должно включать следующую информацию:

необходимое действие (наименование действия); объект (предмет обработки), на которое направлено это действие;

особые условия и ограничения.

Описание потребности формализовано можно представить в виде трех компонент:

$$P = (D, G, H), \quad (1)$$

где D - указание действия, производимого рассматриваемым ТО и приводящего к желаемому результату, т. е. к удовлетворению (реализации) интересующей потребности;

G - указание объекта, или предмета обработки, на который направлено действие D;

H - указание особых условий и ограничений, при которых выполняется действие D. В табл. 3 приведены примеры покомпонентного описания потребности.

Таблица 3 - Примеры описания потребности

Наименование ТО	D	G	H
Светильник	освещение (освещает)	помещение (помещение)	-
Электроплитка	нагревание (нагревает)	емкость с жидкостью	-
Мельница	размалывание (размалывает)	зерна (зерно)	на муку
Грузовой автомобиль	перевозка (перевозит)	грузы (грузы)	по дороге

Путепровод	обеспечение движения (обеспечивает движение)	автомобили	через препятствие
Термометр	измерение (измеряет)	температура среды (температура среды)	-

Понятие «предмет обработки» значительно шире известного в политэкономии понятия «предмет труда» и включает его в себя, действительно, затруднительно отнести к предметам труда, например, такие предметы обработки (см. табл. 3), как «комната» В описании функции светильника, «автомобиль» в функции путепровода, «температура среды» и функции термометра.

Наряду с понятием потребности в инженерной практике также широко используется понятие функции ТО. В работе [1] было показано, что описания потребности и функции ТО тождественно совпадают. Различие между потребностью и функцией состоит в том, что понятие потребности всегда связано с человеком или автоматом (коллективом людей, автоматов), поставившим задачу реализации потребности и выполняющим проектирование соответствующего ТО и его изготовление. Понятие функции всегда связано с ТО, реализующим эту потребность. В связи с этим интересно отметить, что человек часто выступает в двух качествах: как субъект, формулирующий потребность, и как элемент ТО, реализующий эту потребность. Мы будем отличать эти понятия только тем, что в описании потребности действия будем пользоваться отглагольным существительным, а функции - глаголом. В табл. 3 в скобках указаны описания функции.

Техническая функции (ТФ). Описание ТФ содержит следующую информацию:

потребность, которую может удовлетворить ТО; физическая операция (физическое превращение, преобразование), с помощью которой реализуются потребности.

Таким образом, описание ТФ состоит из двух частей:

$$F = (P, Q), \quad (2)$$

где P - удовлетворяемая потребность, описываемая по формуле (1);

Q - физическая операция.

Описание физической операции (ФО) формализованно можно представить состоящим из трех компонент:

$$Q := (A_t, E, C_t), \text{ или } Q = (A_t \rightarrow E \rightarrow C_t), \quad (3)$$

где A_t , C_t - соответственно входной или выходной поток (фактор) вещества, энергии или сигналов; E - наименование операции Коллера по превращению A_t в C_t . Это описание отвечает на вопросы «что» (A_t), «как» (E), «во что» (C_t) преобразуется с помощью описываемого то. Число входов A_t , действий E и выходов C_t В общем случае произвольное. Иначе говоря, под

физической операцией будем подразумевать физическое преобразование заданного входного потока, или фактора, в выходной поток (фактор). В табл. 4 приведены примеры описания ФО для ТО, указанных в табл. 3.

Таблица 4 - Примеры описания физических операций

Наименование ТО	A_t	Е	C_t
Светильник	Электрический ток	Преобразование	Световой поток
Электроплитка	Электрический ток	Преобразование	Теплота
Мельница	Зерно + механическая энергия	Соединение	Мука
Грузовой автомобиль	Топливо	Преобразование	Движение груза
Путепровод	Масса транспорта (воспринимает проезжая часть)	Передача	Масса транспорта (воспринимают устой моста)
Электрический термометр	Температура среды	Преобразование и сравнение	Электрический ток

Функциональная структура (ФС). Подавляющее большинство ТО состоит из нескольких элементов (агрегатов, блоков, узлов) и могут быть естественным образом разделены на части. Каждый элемент как самостоятельный ТО выполняет определенную функцию и реализует определенную физическую операцию (ФА), т. е. между элементами имеют место два вида связей и соответственно два вида их структурной организации.

Во-первых, элементы имеют определенные функциональные связи друг с другом, которые образуют конструктивную функциональную структуру. Конструктивная ФС представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименования элементов, а ребрами - функции элементов. Методика и примеры построения конструктивных ФС даны в гл. 2.

Кроме функциональных связей, между элементами ТО имеются еще потоковые связи, т. е. элементы, реализуя определенные физические операции, образуют поток преобразуемых или превращаемых веществ, энергии, сигналов или других факторов. Например, в прокатном стане на входе такого потока имеются заготовки сечением 200×200 мм, а на выходе - стальная лента толщиной 1 мм, шириной 2 м; в гидроэлектростанции на входе - поток воды с напором 20 м и расходом $150 \text{ м}^3/\text{с}$, а на выходе - электрический ток напряжением 380 В и частотой 50 Гц.

Такие потоки определенным образом объединяют и связывают элементы ТО и соответственно их ФА. В сложных ТО часто присутствуют несколько взаимосвязанных потоков.

Взаимосвязанный набор ФА, реализующих один определенный поток преобразований вещества, энергии или сигналов, либо несколько взаимосвязанных потоков будем называть потоковой функциональной структурой. Потоковая ФС представляет собой граф, вершинами которого являются

наименования элементов ТО или наименования операций Коллера Е, а ребрами - входные A_T и выходные C_T потоки (факторы).

Различают две разновидности потоковой ФС:

- конкретизированная потоковая ФС, у которой в вершинах графа, указаны наименования элементов;

- абстрагированная потоковая ФС, у которой в вершинах графа указаны наименования операций Коллера. Абстрагированную потоковую ФС называют также структурой физических операций. Примеры потоковых ФС и методика их построения изложены в гл. 2.

Таким образом, существуют функциональные структуры ТО двух видов: конструктивная ФС и потоковая ФС, которые дополняют друг друга. При решении различных прикладных задач (конструирования, обучения и т. д.) используют или только конструктивную ФС, или потоковую ФС, или одновременно обе разновидности.

В потоковой ФС каждый элемент реализует определенную ФО. Такая реализация происходит на основе одного или нескольких физико-технических эффектов.

Под *физико-техническими эффектами* будем понимать различные приложения физических законов, закономерностей и следствий из них, физические эффекты и явления, которые могут быть использованы в технических устройствах. Как правило, в физико-технических эффектах имеет место определенная причинно-следственная связь между «входом» и «выходом». Физико-технический эффект должен иметь стандартное формализованное (имеющее определенную структуру) описание, удобное для технических приложений и машинной обработки.

Наиболее обобщенное качественное описание физико-технического эффекта состоит из трех компонент:

$$(A, B, C), \text{ или } (A \rightarrow B \rightarrow C), \quad (4)$$

где А - входной поток вещества, энергии или сигналов;

С - выходной поток;

В - физический объект, обеспечивающий или осуществляющий преобразование А в С.

Для входного А и выходного С потоков, так же как и для компонент A_T , C_T в формуле (3), можно указать носители потоков и их качественные и количественные характеристики. В табл. 5 приведены примеры описания физико-технических эффектов по формуле (4). Более подробно описание физико-технических эффектов и другие примеры даны в гл. 2, 4, 11.

Таблица 5 - Примеры описания физических эффектов

Наименование физико-технического эффекта	А	В	С
Закон Гука	Сила	Твердое тело	Линейная деформация
Закон Джоуля-Ленца	Электрический	Проводник	Теплота

	ток		
Термоэлектронная эмиссия	Теплота (нагревание)	Оксидная суспензия	Поток электронов
Пьезоэлектрический	Деформация (сила)	Пьезокристалл	Электрическое поле
Ультразвуковой капиллярный эффект	Ультразвук	Жидкость в капилляре	Подъем жидкости

Техническое решение (ТР). Оно представляет собой конструктивное оформление ФПД или ФС. ТР конкретного ТО, как правило, описывается в виде двухуровневой структуры через характерные признаки ТО в целом и его элементов. При этом используют следующие группы признаков [34]:

- указание (перечень) основных элементов;
- взаимное расположение элементов в пространстве; способы и средства соединения и связи элементов между собой;
- последовательность взаимодействия элементов во времени;
- особенности конструктивного исполнения элементов (геометрическая форма, материал и т. д.); принципиально важные соотношения параметров для ТО в целом или отдельных элементов.

В зависимости от вида рассматриваемого ТО элементом может быть часть детали, деталь, узел, блок, агрегат, техническая система (те), комплекс те. При описании ТР некоторых ТО может использоваться только часть признаков.

ТР конкретного ТО может быть описано с любой степенью детализации. Для этого используют иерархический набор двухуровневых описаний ТР, т. е. сначала описывают ТР устройства в целом, затем ТР каждого блока, затем - каждого узла и т.д. Описание ТР на естественном языке, как правило, дополняют его графическим изображением. Способы описания ТР достаточно хорошо разработаны и изложены в методических и инструктивных материалах по патентоведению, поскольку во всех патентах и авторских свидетельствах на устройства дается описание. ТР прототипа и нового решения. Для большей ясности рассматриваемого понятия приведем следующий пример (фрагмент) описания ТР широко известного ТО.

- Дорожный велосипед (рис. 2) состоит из следующих элементов:
- переднего колеса 1, на ось которого опираются концы вилки 2;
 - передней вилки 2, соединенной с рамой шарниром 3, обеспечивающим поворот вилки вокруг вертикальной (или близкой к вертикальной) оси;
 - руля 4, жестко соединенного с вилкой 2; ромбовидной рамы 5, сваренной из металлических трубок, и имеющих сзади вилок 7, 10, концы которых соединены между собой;
 - седла 6, жестко соединенного с верхним узлом рамы; педалей 9, соединенных цепной передачей 8 с задним колесом;
 - заднего колеса 11, на ось которого опираются концы вилок 7, 10.

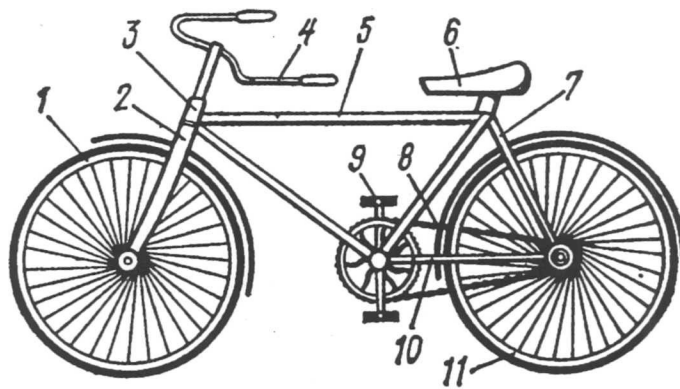


Рисунок 2 - Дорожный велосипед

При вращении педалей 9 вращающий момент посредством цепной передачи 8 передается от оси педалей на заднее колесо, которое служит двигателем и обеспечивает движение велосипеда с сидящим на нем человеком. Руль 4 обеспечивает управление движением на поворотах.

Если требуется более детальное описание велосипеда, то аналогично описывают ТР выделенных элементов. Например, переднее колесо состоит из оси, опирающейся через два шарикоподшипника на втулку; металлического обода с резиновой пневмошиной; 36 спиц, соединяющих с предварительным натяжением втулку с ободом. Здесь ввиду простоты и ясности изображение колеса не дается.

ТР представляет собой как бы безразмерное описание ТО, которое может иметь самые различные реализации по параметрам. К параметрам будем относить размеры ТО и его элементов, количественные характеристики входных и выходных потоков и другие важные измеряемые свойства ТО. Например, асинхронный электродвигатель при одинаковом ТР имеет десятки модификаций по размерам, силе тока, напряжению, частоте, частоте вращения, мощности и другим параметрам.

В отличие от ТР в проекте указываются значения параметров то и всех элементов до деталей. Он содержит всю необходимую информацию для изготовления и эксплуатации ТО. В зависимости от сложности ТО описание проекта составляет от нескольких до сотен томов, т. е. проекты ТС - это многотомные уникальные собрания сочинений, недоступные широкому читателю, но, как правило, осязаемые в виде готовых изделий и сооружений.

Следует отметить, что здесь под проектом подразумеваются рабочие чертежи и конструкторская документация. Для сложных ТО часто предварительно разрабатывают менее детальные проекты (техническое предложение, эскизный проект, технический проект и т. д.). В этих промежуточных проектах степень детальности описания ТР обычно возрастает от технического предложения к рабочим чертежам. С понижением сложности то число промежуточных проектов сокращается.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Тема: ПОСТРОЕНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Цель работы: приобретение навыков построения конструктивной функциональной структуры.

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой построения конструктивной функциональной структуры;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Составление отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и сформулировать выводы.

1. ПОСТРОЕНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

В настоящей главе дается методика углубленного изучения конструкции и структуры ТО, который требуется усовершенствовать. При таком изучении в первую очередь необходимо понять и уточнить следующее:

- какие функции выполняет каждый элемент ТО и как элементы функционально связаны между собой; какие физические операции (преобразования) выполняет каждый элемент и как они взаимосвязаны между собой;
- на основе каких физико-технических эффектов работает каждый элемент ТО и как они взаимосвязаны между собой.

При выяснении этих вопросов появляется четкое и цельное представление об устройстве ТО (которое требуется усовершенствовать) с функциональной и физической точек зрения. Без такого представления затруднительно заниматься поиском наиболее эффективного нового технического решения.

Построение конструктивной ФС основывается на законе соответствия

между функцией и структурой ТО.

Разделение ТО на элементы. В основу анализа функций то и построения конструктивной ФС положен принцип выделения и рассмотрения структур с двухуровневой иерархией, т. е. любой ТО можно разделить на несколько элементов, каждый из которых имеет вполне определенную функцию (или функции) по обеспечению работы ТО или его элементов. При этом рассматриваемый ТО представляет собой верхний уровень, а выделенные функциональные элементы - нижний.

Если требуется продолжить (углубить) анализ, то каждый из -выделенных элементов нижнего уровня рассматривается как самостоятельный ТО, который также можно разделить на несколько функциональных элементов и т. д. Объединение таких структур с двухуровневой иерархией позволяет получить многоуровневую структуру. Однако мы будем рассматривать в основном двухуровневые структуры, поскольку конструктивные ФС, построенные на основе многоуровневых структур, получаются сложными и труднообозримыми, тем более, что человек при изучении, анализе и синтезе ТО обычно выделяет и рассматривает двухуровневые структуры, переходя по горизонтали или вертикали от одной структуры к другой. В связи с этим акад. Г. С. Поспелов пишет: «Двухуровневые системы могут использоваться как основные элементы (модули) при синтезе более общих многоуровневых систем».

Глубина многоуровневого разделения ТО на элементы обычно определяется характером решаемой проектно-конструкторской задачи или задачей изучения ТО. Предельное детальное разделение ТО возможно до неделимых (в функциональном смысле) элементов.

Неделимым элементом будем называть деталь (или часть детали) с минимальным числом функций (не менее одной) по обеспечению работы других элементов, при любом делении которой появляются элементы, не имеющие самостоятельной функции или с одинаковыми функциями. Примерами таких элементов являются шарик в подшипнике или шариковой авто-ручке, труба, проводящая жидкость, жидкость в гидроцилиндре, конусная заостренная часть гвоздя и т. п.

Таким образом, любой ТО (кроме неделимых элементов) может быть разделен на несколько укрупненных функциональных элементов, каждый из которых должен иметь минимальное число (не менее одной) определенных функций. Такое разделение обычно соответствует установившемуся в инженерной практике конструктивному разделению на агрегаты, блоки, узлы, детали, части деталей. В работе даны определение и характеристика наиболее распространенных функциональных элементов.

Одновременно с разделением ТО на элементы выделяют объекты окружающей среды (ОС), с которыми рассматриваемый ТО находится в функциональном или вынужденном взаимодействии и которые существенно влияют на конструкцию ТО. В первую очередь к ОС относятся объекты, воспринимающие действие ТО (компонента G см. формулу (1)). К объектам ОС также могут относиться подводимая энергия, управляющие сигналы, объекты, на которые действуют отработанные вещества, неблагоприятные

излучения и другие воздействия, оказывающие существенное влияние на конструкцию ТО, и т. д.

Среди всех выделенных элементов ТО при проектно-конструкторских разработках особое внимание чаще всего уделяют главным элементам (или первичным, исходным элементам), которые можно выделить у большинства ТО. К главным элементам будем относить рабочие органы и другие элементы, которые непосредственно взаимодействуют с предметом обработки Г и другими объектами ОС. При выделении главных элементов и соответствующих им объектов ОС рекомендуется иметь в виду следующие свойства:

- функция главных элементов, как правило, совпадает с функцией ТО или в решающей мере зависит от функции ТО;

- объекты ОС для главных элементов, как правило, совпадают с объектами, на которые направлено действие ТО.

В табл. 1 приведены примеры главных элементов и соответствующих им объектов ОС.

Таблица 1 - Примеры главных элементов и объектов окружающей среды (ОС)

Наименование ТО	Объекты ОС V	Главные элементы E_0	Функция главных элементов, совпадающая с функцией ТО
Ручка для письма	Бумага	Перо или шариковый узел	Образует на бумаге непрерывный видимый след произвольной формы
Экскаватор	Грунт	Ковш	Зачерпывает, транспортирует от забоя до отвала и выгружает грунт
Лампа накаливания	Окружающие объекты	Нить накаливания	Освещает окружающие объекты
Двигатель внутреннего сгорания	Вал	Поршни и цилиндры	Вращает вал
Трансформатор	Переменный электрический ток	Первичная обмотка, вторичная обмотка и ферромагнитный сердечник	Изменяет напряжение переменного электрического тока

Главным элементам присваивают обозначение E_0 (если их несколько, то E_{01} , E_{02} ,...). Остальным элементам присваивают обозначения E_1 , E_2 ,..., E_n

Объекты ОС, с которыми взаимодействуют ТО и его элементы, обозначают через $V_1, V_2, \dots$

В табл. 2 и 3 приведены примеры разделения на элементы различных ТО с указанием, где это возможно, объектов ОС и главных элементов.

Таблица 2 – Анализ функций шарикоподшипника (функция шарикоподшипника: снижает момент вращения втулки вокруг оси)

Элемент		Функция	
Обозначение	Наименование	Обозначение	Описание
E_0	Шарики	Φ_0	Снижает момент вращения втулки (V_1) вокруг оси (V_2)
E_1	Наружное кольцо	Φ_1	Обеспечивает качение втулки (V_1) по шарикам (E_0)
E_2	Внутреннее кольцо	Φ_2	Обеспечивает качение шариков (E_0) по оси колеса (V_2)
E_3	Сепаратор	Φ_3	Обеспечивает равное удаление шариков (E_0) друг от друга

Описание функций элементов. Функции элементов описывают в соответствии с методическими указаниями. При этом в качестве обучающих примеров, приведенных в табл. 3, можно использовать примеры, данные в табл. 1-3.

Таблица 3 - Анализ функций электроплитки (функция электроплитки: нагревает емкость с жидкостью до кипения)

Элемент		Функции	
Обозначение	Наименование	Обозначение	Описание
E_0	Спираль	Φ_0	Нагревает емкость с жидкостью (V_2) до кипения
E_1	Провод	Φ_1	Проводит ток от электросети (V_1) до спирали (E_0)
E_2	Разъем	Φ_2	Соединяет и разъединяет провод (E_1) с электросетью (V_1)
E_3	Огнеупорный элемент	Φ'_3	Уменьшает тепловое воздействие спирали (E_0) на стол (V_3)
		Φ''_3	Поддерживает спираль E_0 в определенном положении
		Φ'''_3	Изолирует спираль (E_0)
E_4	Корпус	Φ_4	Передает воздействие массы емкости с жидкостью (V_2) на стол (V_3)

При описании функций элементов целесообразно в скобках дублировать обозначения объектов ОС и других элементов, которые участвуют в описании функции. Сами функции будем обозначать буквами $\Phi_0, \Phi_1, \Phi_2, \dots$ (индексы соответствуют обозначениям элементов).

Результаты разделения ТО на элементы и описание их функций оформляют в одной таблице анализа функций. Примеры составления таких таблиц для различных ТО приведены в табл. 2, 3. Поскольку результаты разделения ТО на элементы и описания функций элементов оформляются в одной таблице, то их целесообразно выполнять одновременно.

Построение конструктивной функциональной структуры. Конструктивная ФС представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименования элементов ТО и объектов ОС, а ребрами - функции элементов.

При построении ФС сначала изображают вершины.

Первая сверху вершина - наименование самого ТО. Во втором ряду (по горизонтали) предпочтительно располагать вершины-объекты ОС, в третьем ряду вершины-элементы. В вершинах, представляющих собой овалы или прямоугольники, указывают обозначения (в соответствии с табл. 2, 3) и наименования объектов ОС и элементов.

После этого строят направленные ребра граФО. Ребра выходят из вершин-элементов, чьи функции они описывают, и заканчиваются в вершинах-элементах, работу которых они обеспечивают, или в вершинах-объектах ОС, взаимодействующих с рассматриваемым элементом. Из каждой вершины-элемента выходит столько ребер, сколько функций имеет элемент. Вершины, в которых заканчиваются ребра-функции, указаны в описании

функции (в скобках). Конструктивная ФС может иметь ребра двух типов.

Первый тип - простые ребра, начинающиеся в одной вершине и заканчивающиеся в другой единственной вершине. Ребра второго типа описывают функции элементов, которые обеспечивают соединение или взаимодействие между другими несколькими элементами и объектами ОС. Такие ребра имеют один «выход» И несколько «входов», соединенных между собой И-вершиной, т.е. они начинаются в одной вершине-элементе и через абстрактную И-вершину заканчиваются в двух и более вершинах-элементах (объектах ОС).

Всем ребрам на графе присваивают обозначения, совпадающие с обозначениями соответствующих функций элементов. Вершины граФО (при их изображении) рекомендуется располагать в таком порядке, чтобы было минимальное число пересечений ребер и чтобы вершины, связанные ребрами, были ближе друг к другу. При этом можно допустить расположение элементов и в четвертом ряду.

На рис. 1, 2 изображены конструктивные ФС, построенные по табл. 2, 3. Конструктивная ФС позволяет получить более наглядное и цельное представление о ТО с функциональной точки зрения.

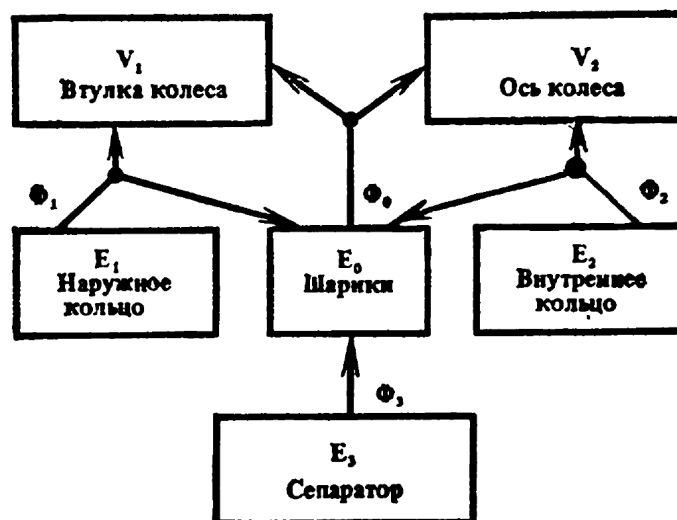


Рис. 1. Конструктивная ФС шарикоподшипника

Иногда может оказаться целесообразным построение и использование единой конструктивной ФС для многоуровневого иерархического разделения ТО на элементы.

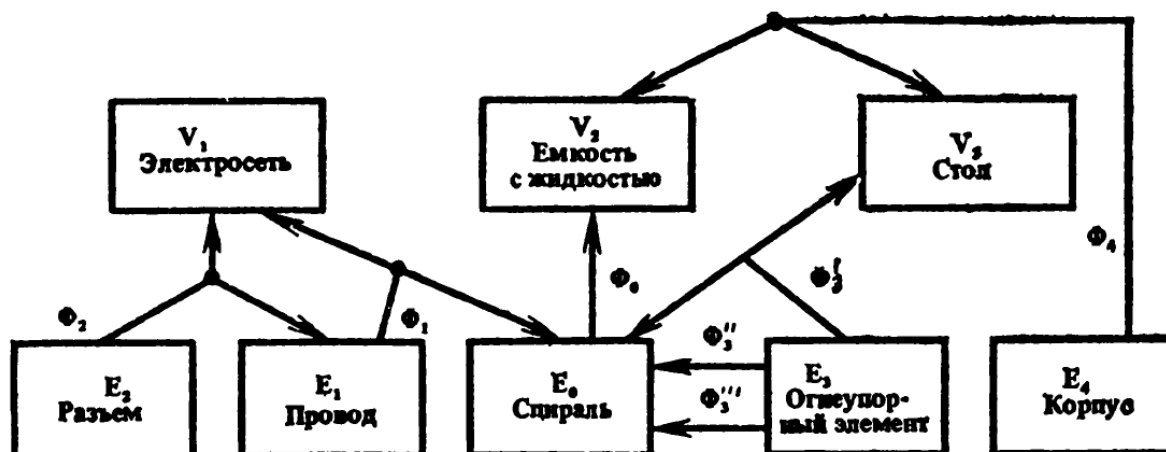


Рис. 8. Конструктивная ФС бытовой электроплитки

Методика и примеры построения таких усложненных ФС приведены в книге.

Построение конструктивной ФС технологического процесса, материала или вещества. Аналогично анализу функций ТО может быть проведен анализ технологических процессов, материалов и веществ. При этом для технологических процессов ФС представляет собой граф, вершинами которого являются обрабатываемые объекты E , а ребрами - элементарные операции Φ с указанием режимов обработки. У материалов (веществ) к вершинам относятся компоненты E , из которых состоит материал, а ребрами - функции компонентов Φ . Представляется возможность читателю построить самостоятельно ФС интересующего технологического процесса или материала.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Тема: ПОСТРОЕНИЕ ПОТОКОВОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Цель работы: приобретение навыков построения потоковой функциональной структуры.

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой построения потоковой функциональной структуры;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Составление отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и сформулировать выводы.

ПОСТРОЕНИЕ ПОТОКОВОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Разделение ТО на элементы. Такое разделение выполняется с учетом рекомендации, данной выше. Однако при этом не выделяют главные элементы, а компоненты ос обычно считают источником входящих в ТО потоков или стоком выходящих потоков. Объектам ос присваивают номера 0-1, 0-2, ...

Полученные при разбиении конструктивные элементы следует по возможности пронумеровать в том порядке, в котором преобразуемый поток проходит через эти элементы. Следует также иметь в виду, что при разделении ТО на основные элементы последние могут представлять собой достаточно сложные агрегаты или узлы. для которых может быть построена своя потоковая ФС.

Пример разделения ТО на элементы с выделением объектов окружающей среды дан в табл. 4.

Если устройство ТО труднообозримо, то изображают его принципиальную схему, на которой номерами указывают выделенные элементы ТО.

Описание физических операций (ФО) элементов ТО.

При описании ФО для каждого выделенного элемента необходимо указать в соответствии с формулой (3) компоненты A_t , E , C_t . Дадим более подробные рекомендации по их описанию.

Описание входного A_t и выходного C_t потоков или Факторов должно содержать следующую информацию:

а) наименование потоков вещества, энергии или сигналов либо другого Фактора:

б) качественную характеристику потока (Фактора), существенно влияющую на техническое решение ТО; например, для потока «электрический ток» качественная характеристика может обозначать «переменный», для потока «электромагнитное излучение» - «видимый свет»;

в) основную физическую величину (величины), характеризующую поток (Фактор), ее стандартное обозначение, единицу измерения;

г) количественную характеристику потока (Фактора) - значение физических величин, оказывающих существенное влияние на техническое решение ТО. При необходимости указывают диапазоны изменения A_t , C_t .

При описании A_t , C_t обычно нецелесообразно выделять сведения рубрик а) - г), поскольку на практике используется весьма экономный естественный язык, который позволяет одним-двумя словами выражать наименование потока и физической величины, характеризующей поток (например, «температура») или значение физической величины («температура кипения») и т. д. Важно, чтобы короткое естественное описание содержало сведения, указанные в рубриках а) - г).

Таблица 4 – Описание физических операций (ФО) элементов бытовой электроплитки

ФО электроплитки: $A_T \rightarrow$ электрический ток; $E \rightarrow$ преобразование; $C_T \rightarrow$ теплота						
Номер элемента и объекта ОС	Наименование элемента и объекта ОС	ФО				
		Вход A_T	Номер «источника»	Операция Коллера К	Выход C_T	Номер «приемника»
1	2	3	4	5	6	7
0—1	Электрическое напряжение	—	—	—	—	—
0—2	Емкость с жидкостью	Тепловая энергия	3	Поглощение	—	—
0—3	Стол	—	—	—	—	—
1	Разъем	1. Электрическое напряжение U , В 2. Перемещение (длина L , м)	0—1	Связь — прерывание	1. Электрическое напряжение U , В 2. Отсутствие электрического напряжения	2
2	Провод	Электрическое напряжение U , В	1	Проведение и преобразование	Электрический ток (сила тока I , А; напряжение U , В)	3
3	Спираль	Электрический ток (сила тока I , А; напряжение U , В)	2	Преобразование	Тепловая энергия (теплота, Дж)	4 0—2

Продолжение табл. 4

Номер элемента и объекта ОС	Наименование элемента и объекта ОС	ФО				
		Вход A_T	Номер «источника»	Операция Коллера	Выход C_T	Номер «приемника»
1	2	3	4	5	6	7
4	Огнеупорный элемент	Тепловая энергия (температура, T_1 , °C)	3	Уменьшение	Тепловая энергия (температура, T_2 , °C)	0—3
		Электрическое напряжение $U \neq 0$	3	Изолирование	Электрическое напряжение $U = 0$	4
5	Корпус	1) Вес постоянный (P , Н)	0—2 4	Проведение	Сила реакции стола ($R = -P$, Н)	0—3
		2) Степень свободы перемещения элемента 4 ($m = 6$)	4	Уменьшение	Степень свободы перемещения ($m = 0$)	4

Следует также помнить, что сведения рубрик а) - г) не являются обязательными во всех случаях, поскольку полнота описания по этим рубрикам зависит в первую очередь от характера решаемой задачи по изучению то или разработке нового то. Например, в некоторых случаях нет смысла указывать единицы измерения, количественные характеристики потока и т. д. И возможен также случай, когда наряду со сведениями, данными в рубриках а) - г), имеет смысл включить дополнительные сведения.

При постоянной работе с каким-либо классом (классами) ТО представляется целесообразным составить и развивать объектно или проблемно ориентированный словарь входов-выходов A_T , C_T , который должен также согласовываться со словарем входов-выходов A , C , используемых при описании физико-технических эффектов. Такой словарь значительно облегчает и стандартизирует описание компонент A_T , C_T , а главное - повышает эффективность поиска новых физических принципов действия.

Построение потоковой функциональной структуры.

В процессе описания ФО элементов ТО составляют таблицу по

аналогии с табл. 4, где кроме наименований компонент A_T , C_T , в столбцах 4, 7 указывают адрес следования потока: для A_T - номер «источника» (элемента или объекта окружающей среды), откуда «пришел» поток (вход); для C_T - номер «приемника» (элемента или объекта окружающей среды), куда «ушел» поток (выход). Эти данные нужны для построения потоковой ФС.

Определение потоковой ФС дано в п. 3 гл. 1. В соответствии с этим определением и таблицей описания ФО элементов (которая определяет порядок соединения ФО) выполняется построение потоковой ФС. Методика построения вполне понятна из примеров, приведенных на рис. 9. Возможно также совмещенное изображение конкретизированной и абстрагированной потоковой ФС.

Т а б л и ц а 6 Примеры описания физических операций (ФО)

Наименование ТО	ФО		
	Выход A_T	Операция E	Выход C_T
Рефлектор	Луч света	Рассеяние	Расходящийся пучок света
Инвертор	Постоянный ток	Колебание	Переменный ток
Зеркало	Луч света	Изменение направления	Луч света другого направления
Сепаратор	Молоко	Разъединение	1. Сливки 2. Обрат
Насос	1. Жидкость 2. Механическая энергия	Соединение	Энергия движущейся жидкости
Двигатель внутреннего сгорания	Химическая энергия топлива	Преобразование	1. Механическая энергия вращения вала 2. Тепловая энергия
Соленоид	Ф01 электрический ток Ф02 электрическое напряжение на обмотке	1. Преобразование 2. Разделение Изолирование	1. Магнитное поле 2. Тепловая энергия Отсутствие электрического напряжения на сердечнике
Трансформатор (активная часть трансформатора)	Переменное электрическое напряжение	Увеличение—уменьшение	Переменное электрическое напряжение

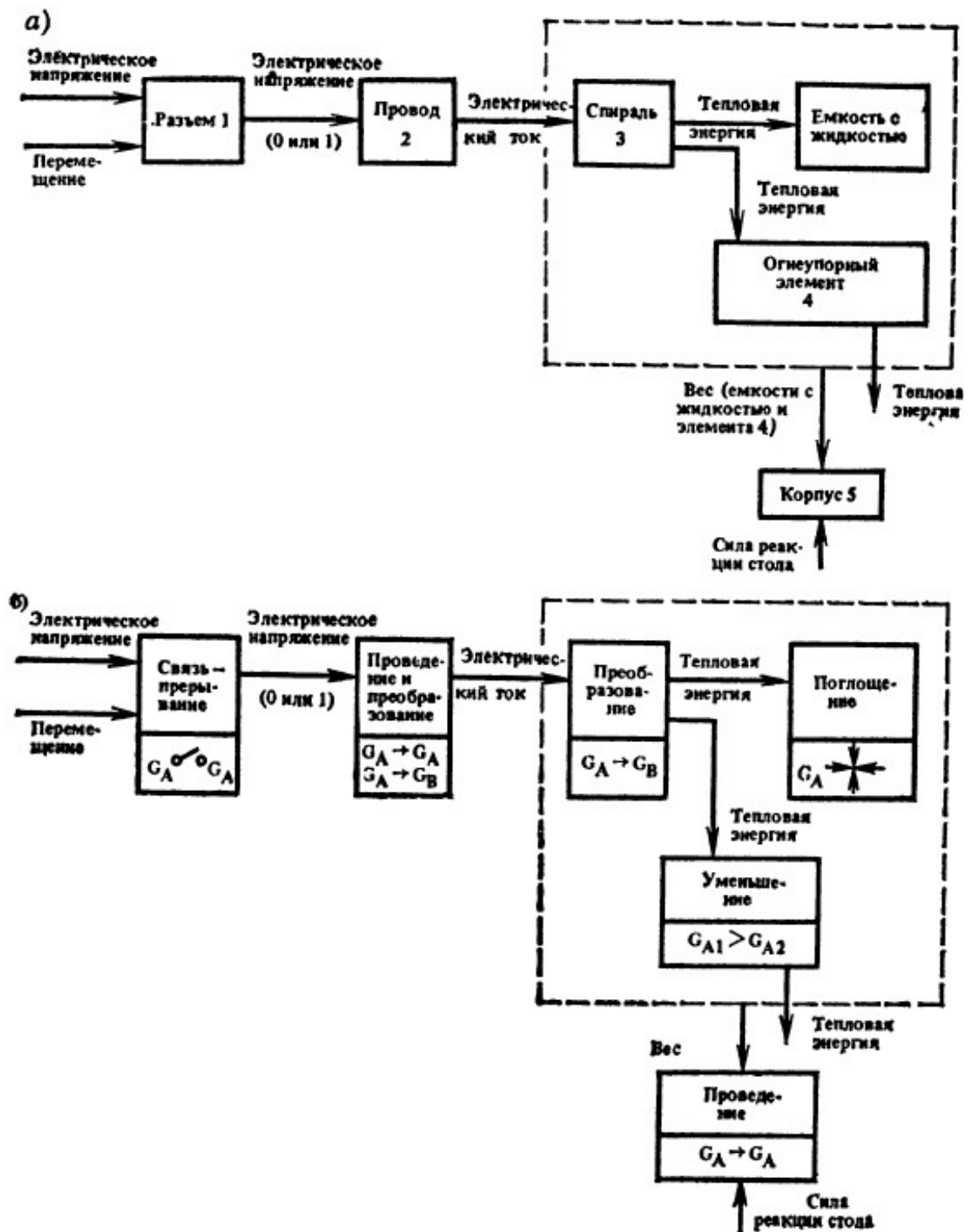


Рисунок 3 - Поточковая ФС бытовой электроплитки: а – конкретизированная; б – абстрагированная

Следует заметить, что если потоковая ФС состоит из нескольких потоков вещества, энергии или сигналов, то она имеет более сложную разветвленную или сетевую структуру.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Тема: ОПИСАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ

Цель работы: приобретение навыков описания физического принципа действия.

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой описания физического принципа действия;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Составление отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и сформулировать выводы.

ОПИСАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ

Введем понятие элементарной физической операции, под которой будем понимать только такие ФО, которые могут быть реализованы с помощью одного физико-технического эффекта (ФТЭ).

Для описания физического принципа действия рассматриваемого ТО необходимо иметь потоковую ФС, которая состоит только из 9 элементарных ФО. В связи с этим построение ФПД выполняют в следующем порядке.

1. Строят и описывают абстрагированную потоковую ФС.
2. Проводят анализ потоковой ФС и выявляют сложные ФО, которые реализованы с помощью нескольких ФТЭ.
3. Для узлов ТО, имеющих сложные ФО, выполняют построение потоковой ФС, состоящей только из элементарных ФО. При этом получают таблицу описания элементарных ФО по форме табл. 10.

Следует заметить, что не всегда узел, реализующий сложную ФО, легко удастся разделить на конструктивные элементы, соответствующие элементарным ФО. При значительных затруднениях этого можно не делать. В таком случае в следующем п. 4 на основе анализа сложной ФО и соответствующей

ей конструкции элемента выявляют набор взаимосвязанных ФТЭ, реализующих эту ФО. Допускается также для сложной ФО ввести реализующий ее комплексный ФТЭ, который состоит из нескольких элементарных ФТЭ.

4. Для каждой элементарной ФО определяют реализующий ее ФТЭ и составляют таблицу описания ФТЭ по форме табл. 7. Поскольку имеется соответствие между компонентами A_t , C_t (в описании элементарных ФО) и компонентами A , C в описании ФТЭ, то таблицу описания ФТЭ составляют на основе таблицы описания элементарных ФО, откуда берутся номера ФО (ФТЭ), описания компонент A_t , C_t , а вместо E указывают B .

5. На основе таблиц описания ФТЭ и структуры ФО изображают ФПД в виде графа, который отличается от структуры элементарных ФО в основном тем, что в вершинах вместо наименования операций E указывают соответствующие физические объекты B и ПО возможности названия самих ФТЭ. Указание названий ФТЭ на графе значительно облегчает восприятие и понимание ФПД.

Т а б л и ц а 7 – Описание ФТЭ, действующих в электроплитке

Номер элементарной ФО и ФТЭ	Компоненты описания ФТЭ			Наименование ФТЭ
	A	B	C	
1	Электрическое напряжение Перемещение	Два проводника	Электрическое напряжение (0 или 1)	Эффект соединения—разъединения электрической цепи
2	Электрическое напряжение	Проводник	Электрический ток	Закон Ома
3	Электрический ток	Проводник	Тепловая энергия	Закон Джоуля—Ленца
4a	Тепловая энергия (температура T_1)	Твердое тело	Тепловая энергия (температура $T_2 < T_1$)	Закон теплопроводности Фурье
4б	Электрическое напряжение $U \neq 0$	Изолятор	Электрическое напряжение $U = 0$	Электроизоляционный эффект
5	Сила P	Твердое тело	Сила реакции $R = -P$	Эффект равновесия сил
0—2	Тепловая энергия (теплота)	Жидкость (температура T_1)	Тепловая энергия (температура жидкости $T_2 > T_1$)	Закон теплопроводности Фурье

Следует заметить, что в целях показа в ФПД наиболее важных (для показателей ТО) и сильно влияющих (на конструкцию ТО) физико-технических эффектов иногда целесообразно не включать в структуру ФПД тривиальные и малозначащие ФТЭ. В этом случае ФПД не отражает реализацию некоторых элементарных ФО. Такое упрощение имеет смысл для сложных, содержащих много ФТЭ, и трудно обозримых структур ФПД.

При выполнении пп. 2-4 может возникнуть затруднение с определением ФТЭ, реализующих элементарные ФО. Такие затруднения связаны в первую очередь с названием ФТЭ. В связи с этим рекомендуется пользоваться фондом ФТЭ, из которого (используя соответствия $A_T \sim A$, $C_T \sim C$) вручную по каталогу или с помощью ЭВМ выбирают ФТЭ, формально соответствующий рассматриваемой ФО. После выбора одного или нескольких ФТЭ устанавливают, какой из выбранных ФТЭ на самом деле реализует данную ФО. Если при этом оказывается, что информации недостаточно для установления (распознавания) ФТЭ, то обращаются к дополнительным источникам

или экспертам (специалистам по данному классу ТО или физикам).

В табл. 2 и на рис. 4 дано описание и изображение ФПД бытовой электроплитки. В этом примере потоковая ФС в табл. 4 представляет собой структуру элементарных ФО. Поэтому при построении ФПД выполнялась работа только по пп. 1, 2, 4, 5.

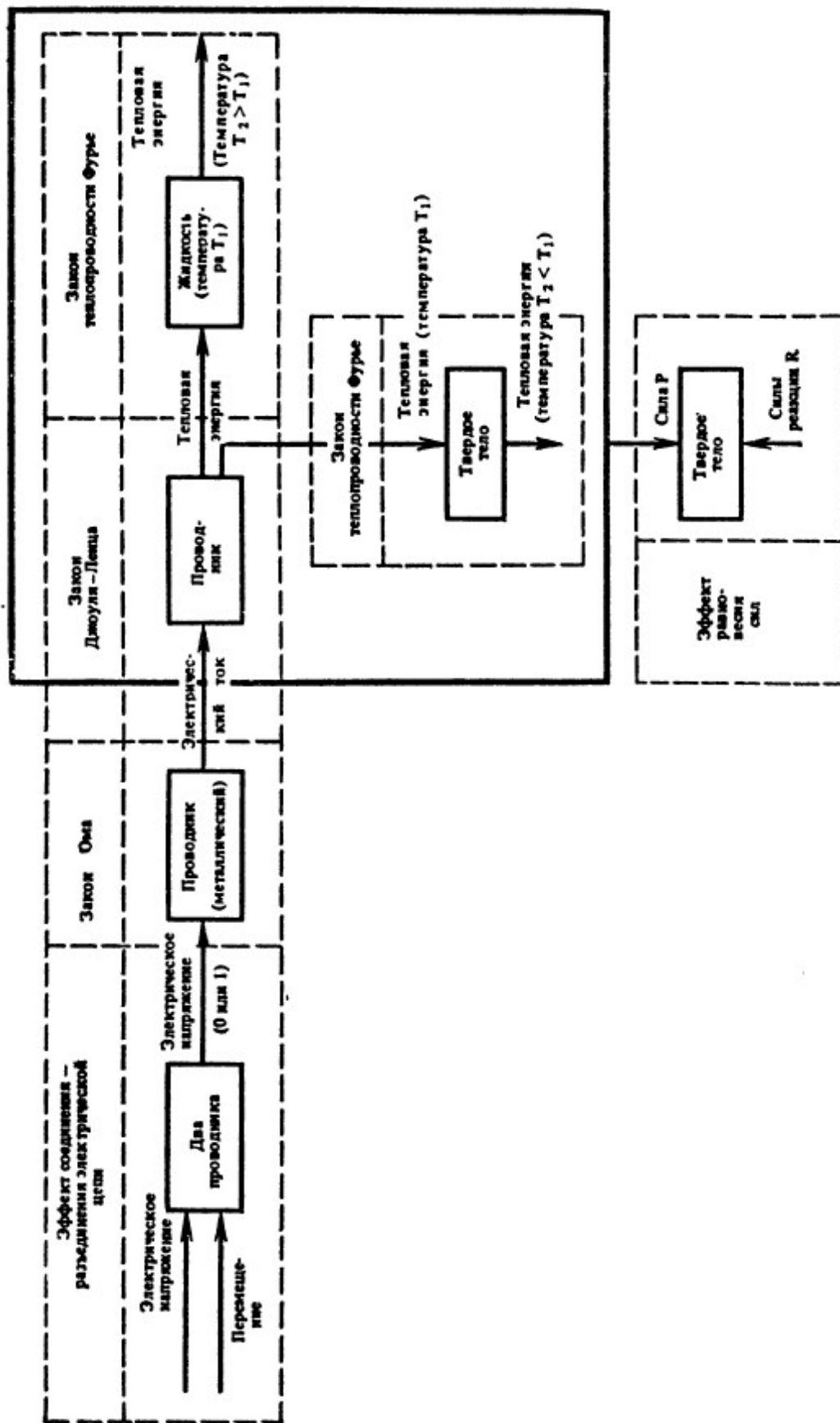


Рисунок 4 - Физический принцип действия электроплитки

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

Тема: РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ ПРЯМОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ

Цель работы: приобретение навыков решения научных творческих задач методом прямой мозговой атаки

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой решения творческих научных задач методом прямой мозговой атаки;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ ПРЯМОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ

. МЕТОД МОЗГОВОЙ АТАКИ

Мозговая атака (мозговой штурм) является методом коллективного поиска идей по выходу из затруднительных положений. Метод предложен американским изобретателем А. Осборном в 1939 г. и основан на психологическом эффекте возникновения цепной реакции идеи между участниками творческой группы, обсуждающими острую для них проблему в условиях непринужденной обстановки (нет авторитетов, руководителя и начальника, наличие возможности свободного высказывания любой идеи, отсутствие критики идей и т. п.). Это позволяет за 15-30 мин коллективного поиска решения поставленной задачи получить от 50 до 150 различных идей. Помимо высокой эффективности, данный метод имеет ряд других, весьма важных, достоинств. Он не требует специальной подготовки участников к проведению мозговой атаки: правила ее просты, легко и быстро осваиваются

как учащимися средних школ, так и опытными конструкторами. Метод мозговой атаки обладает удивительной универсальностью применения. Он позволяет рассматривать практически любую проблему или любое затруднение в самых различных сферах человеческой деятельности. Это могут быть задачи из области организации производства, сферы обслуживания, бизнеса, экономики, социологии, уголовного розыска и т. д. При этом единственным условием успешного применения метода является достаточно простая и ясная формулировка задачи.

В общем случае процесс поиска решения задачи методом мозговой атаки включает в себя выполнение следующих операций:

- постановка задачи;
- формирование двух творческих групп: группы «генераторов» идей и группы «экспертов»;
- организация и проведение на основе правил мозговой атаки сеанса поиска идей;
- оформление результатов мозговой атаки и экспертиза выдвинутых идей.

Постановка задачи. Задача перед участниками мозговой атаки может быть поставлена в общем виде, например в виде описания проблемной ситуации или с подробной детализацией, содержащей ответы на вопросы, в чем заключается проблема, какую потребность надо удовлетворить, что мешает достижению цели, какой положительный эффект будет получен в результате решения проблемы и т. п. Независимо от формы постановки задачи в ней достаточно четко, просто и понятно должны быть обозначены два момента:

- что в итоге желательно получить или иметь;
- что мешает получению желаемого.

При этом из формулировки задачи стремятся исключить специальные термины, непонятные для отдельных участников мозговой атаки – специалистов из смежных или других областей. Такие термины заменяются другими, нейтральными, отражающими в себе общепонятные признаки замененных терминов. Заметим, что такая замена специальных терминов способствует также уменьшению психологической инерции у специалистов той области, к которой относится решаемая задача.

Формирование творческих групп. Основу высокой продуктивности методов мозговой атаки составляет решение А. Осборна разделить во времени процессы генерирования идей решения задачи и экспертизы этих идей. В этом решении учитывается следующая психологическая особенность человека. Считая, что творческие способности есть у всех людей, А. Осборн обратил внимание на обстоятельства, препятствующие проявлению этих способностей: присутствие начальника, критика идей решения проблемы, давление сложившихся представлений о применяющихся решениях подобных проблем: и т.п. Естественно, что вряд ли в таких условиях автор идеи будет высказывать непроверенную мысль. В связи с этим в методах мозговой атаки формируются две творческие группы: группа «генераторов»

идей и группа «экспертов» идей, работающие отдельно друг от друга. Оптимальное число участников в каждой группе 5-12 человек.

В творческую группу «генераторов» идей обычно входят несколько постоянных участников (ядро группы), легко и плодотворно «рождающих» идеи, обладающих фантазией и творческим воображением, хорошо знающих и соблюдающих правила игры, и временные члены. Качественный состав приглашенных временных членов зависит от характера и содержания решаемой задачи. Они являются необходимым и гармоничным дополнением к ядру группы, обеспечивающим выполнение следующих условий продуктивности мозговой атаки:

- число специалистов по решаемой задаче не должно превышать половины общего состава группы;
- в составе группы целесообразно иметь специалистов-смежников (конструкторов, технологов, экономистов, менеджеров и т. д.), которые обеспечат всестороннее рассмотрение задачи;
- желательно наличие в составе группы женщин: они практически и оригинально мыслят, стимулируют дух соревнования между мужчинами;
- полезно наличие в группе «людей со стороны» не имеющих никакого отношения к рассматриваемой проблеме (врача, парикмахера, кондуктора автобуса и т. п.). Их идеи «как бы далекие от решаемой задачи», могут вызвать у других участников продуктивные мысли.

В составе группы «генераторов» идей исключается присутствие прирожденных скептиков и критиков.

Творческая группа «экспертов» идей также состоит из постоянных и временных участников и создается на основе таких же рекомендаций, как и группа генераторов идей. Однако в нее, в отличие от группы «генераторов», приглашают людей с аналитическим, критическим складом ума, способных к логической оценке не только выдвинутых идей, но и путей их возможной практической реализации.

Правила мозговой атаки. Эти правила направлены на достижение цели мозговой атаки - *получение максимального количества новых идей* - и обеспечение условий, стимулирующих участников к интенсивному интеллектуальному поиску. В соответствии с этим они обуславливают поведение участников во время сеанса мозговой атаки и обязанности руководителя, ведущего этот сеанс.

Правила для участников мозговой атаки:

1. Стремитесь высказывать как можно больше идей. Отдавайте предпочтение количеству, а не качеству идей. Свои идеи высказывайте короткими предложениями.

2. Помните, что во время сеанса мозговой атаки запрещена критика в любой форме ее представления: неодобрительные замечания, иронические реплики, ядовитые шутки. **Запрет критики создает благоприятную творческую обстановку для участников мозговой атаки.**

3. Внешне и внутренне одобряйте и принимайте все идеи, даже заведомо непрактичные и глупые, по Вашему мнению. Оказывайте

предпочтение не системному логическому мышлению, а озарениям, необузданной и безграничной фантазии в самых разных направлениях.

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

5. Поддерживайте и создавайте обстановку шуток, юмора, смеха, поскольку такая обстановка способствует продуктивному мышлению.

6. Обеспечивайте между участниками свободные, дружественные и доверительные отношения. Никто после сеанса не станет зло шутить над неудачными идеями других.

Обязанности ведущего (руководителя) во время сеанса мозговой атаки. В качестве ведущего, осуществляющего управление сеансом мозговой атаки, обычно выступает руководитель творческой группы. Поскольку успех и результативность мозговой атаки во многом зависят от ведущего, то в его обязанности входит, прежде всего, осуществление действий, способствующих созданию непринужденной обстановки между участниками сеанса мозговой атаки, возникновению и развитию условий, стимулирующих участников к поиску и изложению спонтанно возникающих идей. Такими действиями, в частности, являются:

- представление новичков в творческой группе (с краткой лестной характеристикой их);

- четкое и эмоциональное изложение задачи как с использованием терминов, принятых в области возникновения проблемы, так и с применением общедоступных понятий. При этом задача излагается в таком виде, который вынуждает участников воспринимать ее как свою собственную проблему;

- контролирование соблюдения правил мозговой атаки (выполнение роли, подобной роли судьи на футбольном поле);

- отслеживание, чтобы обсуждение не шло в слишком узком и практическом направлении (расширение сферы поиска с помощью реплик и вопросов);

- обеспечение непрерывности высказывания идей, например, путем заполнения пауз шутками, наводящими вопросами и т. п.

Настоящий сеанс мозговой атаки - это такое психологическое состояние участников, в котором свободно думается, принимается во внимание все, что придет в голову. Именно такое состояние позволяет использовать подсознание человека - самый мощный аппарат творческого мышления. Поэтому каждый ведущий стремится найти свои индивидуальные подходы, приемы, способствующие повышению результативности сеанса мозговой атаки.

Организация проведения мозговой атаки. Обычно о проведении мозговой атаки участники оповещаются за 2-3 дня с изложением сути задачи. Это позволяет участникам штурма задачи продумать возможные идеи и настроиться на поиск решения. В отдельных случаях о сущности задачи сообщается только части участников.

Полная продолжительность процесса поиска решения задачи методами

мозговой атаки составляет 1,5-2 ч. Он включает в себя выполнение следующих мероприятий:

- представление участников мозговой атаки друг другу и ознакомление с правилами сеанса атаки (5-10 мин);
- постановка задачи ведущим с ответами на вопросы (10-15 мин);
- проведение сеанса мозговой атаки (20-30 МИН);
- перерыв (10 мин);
- составление отредактированного списка идей (30...45 мин).

Сеанс стремятся проводить в отдельном, нешумном помещении за круглым или П-образным столом, чтобы все видели друг друга. Для психологической настройки и психоэвристического стимулирования участников могут осуществляться такие мероприятия, как показ легкого веселого короткометражного фильма или фильма, актуализирующего постановку задачи, показ натурального образца или макета объекта задачи. угощение чаем или кофе, объявление перед сеансом о гонораре и т. д.

Оформление результатов мозговой атаки и экспертиза выдвинутых идей. Фиксирование высказываемых в ходе мозговой атаки идей может производиться стенографистом, или каждый участник после высказывании записывает свою идею, или используются какие-либо технические средства записи идей. После сеанса проводится коллективное редактирование списка идей с полукритическим отношением. Абсурдные и наименее приемлемые идеи при этом сразу же отбрасываются. Список может быть дополнен и новыми идеями, которые возникнут во время редактирования. Отредактированный и оформленный список идей затем передается в экспертную группу.

Эксперты весьма тщательно оценивают каждую из представленных в списке идей, подразделяя их на группы: наиболее приемлемые и легко реализуемые, наиболее эффективные и перспективные и малозначимые. Конечными результатами экспертизы идей могут быть рекомендации об использовании лучших идей в проектно-конструкторских разработках, а также по их патентной про работке на предмет закрепления приоритета и защиты интеллектуальной собственности.

Различают две разновидности метода: прямую и обратную мозговые атаки. Для повышения эффективности поиска идей решения задачи применяют также различные комбинации этих разновидностей, в частности двойную прямую мозговую атаку, последовательное применение прямой и обратной мозговых атак и др.

1. Прямая мозговая атака

Цель прямой мозговой атаки - это получение как можно большего числа идей решения поставленной задачи. В сфере производства новой техники такой задачей обычно является задача по совершенствованию существующего или созданию нового технического объекта (устройства,

процесса). При этом метод может быть использован при поиске решения задач различных типов (выбора функциональной структуры, физического принципа действия и т. д.) и на различных этапах проектирования объекта.

Поиск новых технических решений методом прямой мозговой атаки полностью реализуется описанной выше последовательностью операций.

.2. Обратная мозговая атака

В основе целевой направленности метода обратной мозговой атаки лежит закон прогрессивной эволюции технических объектов, согласно которому переход к новым моделям и поколениям техники происходит путем выявления и устранения недостатков, обнаруженных в процессе использования существующих образцов. Поэтому, в отличие от метода прямой мозговой атаки, целью обратной атаки является поиск и составление наиболее полного списка недостатков рассматриваемого объекта путем всесторонней, ничем не ограниченной критики.

Обратную мозговую атаку часто применяют при уточнении постановки изобретательских и рационализаторских задач, разработке технического задания или предложения и при экспертизе проектно-конструкторской документации на любой стадии разработки (технического задания, технического предложения, эскизного или рабочего проекта и т. д.).

Подготовка и поведение обратной мозговой атаки практически не отличается от описанных выше операций. Однако, в связи с целевой направленностью обратной атаки, в постановке задачи и действиях ведущего в сеансе основное внимание уделяется поиску недостатков обсуждаемого объекта. При этом стремятся выявить не только недостатки, которые могут иметь место при изготовлении отдельных узлов изделия, его сборке, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте, но и недостатки, которые могут проявиться в будущем, например через 5-10 и более лет (затруднения с материалами и комплектующими деталями, с энергоснабжением и т. п.).

.3. Способы применения метода мозговой атаки

В настоящее время, помимо применения основного метода прямой или обратной мозговой атаки, используют различные способы его реализации, позволяющие увеличить эффективность этого метода.

Теневая мозговая атака. Применяется для задействования потенциала участников, являющихся по своей природе «генераторами», однако по характеру относящихся к стеснительным людям (стесняются высказывать свои идеи перед большим коллективом). Для этого наряду с обычной группой «генераторов» формируется отдельная группа (*теневой кабинет*), которая работает одновременно с основной группой, но размещаются эти группы на определенном расстоянии друг от друга или в различных помещениях. В последнем случае связь между ними осуществляется е

помощью телемонитора.

Двойная прямая мозговая атака. Применяется для повышения эффективности использования возможностей подсознания участников атаки. Суть способа заключается в повторном проведении мозговой атаки через 2-3 часа или несколько дней после проведения первой мозговой атаки. Как показывает практика, применения способа двойной атаки, во время повторного штурма высказываются более плодотворные идеи, чем при первой мозговой атаке. Это объясняется интенсивной работой мозга на подсознательном уровне в период между обсуждениями (работает народная пословица: «Хорошая мысль приходит опосля»).

Обратная и прямая мозговые атаки. Используется для мысленного моделирования и прогнозирования развития интересующего класса изделий. В основе способа последовательного применения обратной и прямой мозговых атак лежит закономерность, отражающая повторяющийся цикл развития техники: существующее изделие - выявление недостатков - устранение недостатков в новой серии изделия. В соответствии с этой закономерностью вначале проводят обратную мозговую атаку, выявляя множество недостатков рассматриваемого объекта и выделяют из них главные. Затем осуществляют прямую мозговую атаку для поиска идей по устранению установленных главных недостатков.

Кроме рассмотренных способов, применяют также мозговую атаку с оценкой идей, массовую мозговую атаку и др.

Литература, рекомендуемая для изучения темы:

Абовский Н.П. Творчество: системный подход, законы развития, принятие решений / Н.П. Абовский. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 312 с.

Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения / Г.С. Альтшуллер. – М.: Московский рабочий, 1973. – 296 с.

Альтшуллер Г.С. Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности / Г.С. Альтшуллер, И.М. Верткин. – Мн.: Беларусь, 1994. – 479 с.

Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука / Г.С. Альтшуллер. – М.: Сов. радио, 1979. – 176 с.

Буш Г.Я. Методы технического творчества / Г.Я. Буш. – Рига: Издательство «Лиесма», 1972. – 73 с.

Донсков А.С. Основы инженерного творчества: учеб пособие / А.С. Донсков. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 225 с.

Кудрявцев А.В. Методы интуитивного поиска технических решений (методы анализа проблем и поиска решений в технике) / А.В. Кудрявцев. – М.: «Речной транспорт», 1991. – 315 с.

Михелькевич В.Н. Основы научно-технического творчества / В.Н. Михелькевич, В.М. Радомский. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 320 с.

Муштаев В.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для вузов / В.И. Муштаев, В.Е. Токарев. – М.: Дрофа, 2005. – 254 с.

Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

Тринг М. Как изобретать? / М. Тринг, Э. Лейтуэйт. – М.: Мир, 1980. – 272 с.

Филичев С.А. Основы технического творчества: краткий курс лекций: учеб. пособие / С.А. Филичев. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. – 93 с.

Чус А.В. Основы технического творчества / А.В. Чус, В.Н. Данченко. – Киев, Донецк: Вища школа, 1983. – 184 с.

Чяпляе Ю.М. Методы поиска изобретательских идей. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1990. – 96 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

Тема:

РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ ОБРАТНОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ

Цель работы: приобретение навыков решения научных творческих задач методом обратной мозговой атаки

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой решения творческих научных задач методом обратной мозговой атаки;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ ОБРАТНОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОДСОЗНАНИЯ

Методы мозгового штурма, или мозговой атаки (МА), основываются на следующем психологическом эффекте. Если взять группу в 5-8 человек и каждому предложить независимо и индивидуально высказывать идеи и предложения по решению поставленной изобретательской или рационализаторской задачи, то в сумме можно получить N идей. Если предложить этой группе коллективно высказывать идеи по этой же задаче, то получится N_k идей. При этом оказывается, что N_k намного больше N .

Обычно за 15-30 мин коллективно высказывается (при соблюдении правил МА) от 50 до 150 разных идей, f при индивидуальной работе - только 10-20 идей.

Во время сеанса МА происходит как бы цепная реакция идей, приводящая к интеллектуальному взрыву. В одном из американских руководств по методу МА говорится: «99 процентов ваших конструктивных идей возникает подобно электрической искре при контакте с мыслями других людей».

В связи с этим Г. Я. Буш, известный советский специалист по эвристическим методам технического творчества, пишет: «Мозговая атака, предложенная А. Осборном, представляет собой применение эвристического диалога Сократа с широким использованием механизма свободных ассоциаций творческого коллектива и одновременно созданием путей той или иной психоэвристической настройки оптимального микроклимата для творчества».

Современные методы МА имеют далекую предысторию уходящую в XVI-XVII века - время расцвета смелых морских путешествий. В это время в морской практике вырабатывается порядок действий на случай, когда судно терпит аварию или бедствие. В таких экстремальных ситуациях капитан судна (или оставшийся в живых старший по положению) проводит со всей оставшейся командой непродолжительный корабельный совет, на котором каждый должен высказывать свои предложения по устранению возникших затруднений и опасностей. При этом соблюдался строгий порядок выступавших. Сначала высказывались юнги и младшие матросы, затем старшие матросы и т. д. до капитана. Такая процедура стимулировала мышление более старших и опытных людей, которые приходили к более толковым и приемлемым идеям.

Современные методы МА возникли и были развиты в США. Их основателем считается морской офицер А. Осборн, который во время второй мировой войны был капитаном небольшого транспортного судна. Однажды судно под его командованием везло груз в Европу и оказалось без надежной охраны и прикрытия. В это время была получена радиограмма о скором нападении немецких подводных лодок. А. Осборн собрал всех на палубе сообщил о готовящемся нападении и попросил каждого подумать и высказать свои соображения по поводу того, что необходимо сделать, чтобы предотвратить гибель судна, которое не имело эффективных средств защиты. Один из матросов сказал, что нужно всей команде встать вдоль борта, к

которому будет приближаться торпеда, дружно дуть на торпеду и «отдуть ее в сторону».

На этот раз встреча с подводными лодками не была роковой. Однако высказанная матросом смешная абсурдная идея оказалась плодотворной. Когда судно вернулось на свою базу, А. Осборн по разработанным в пути эскизам изготовил вентилятор, создающий мощный направленный поток воды, и этим вентилятором в одном из рейсов действительно «отдул» торпеду от борта.

Так у А. Осборна родилась идея создания метода коллективного поиска идей для устранения затруднительных ситуаций. После войны он разработал метод мозговой атаки и создал свою школу подготовки изобретателей и рационализаторов.

Методы МА представляют собой эмпирически найденные эффективные способы решения творческих задач. С точки зрения психологии, кибернетики и других наук феномен МА остается белым пятном, которое требует серьезного и глубокого изучения. Такие исследования несомненно обеспечат значительное повышение эффективности этого популярного и широко распространенного метода.

Методы МА рекомендуются для изучения в числе первых и обязательных эвристических методов при подготовке изобретателей. Это вызвано рядом причин, кроме уже отмеченной его высокой эффективности. Изучение методов МА не требует специальной подготовки, и они осваиваются легко и быстро как учащимися средних школ и молодыми рабочими, так и опытными конструкторами. В последнее время оправдали себя и прогрессивно развиваются различные формы коллективного технического творчества (творческие группы, бригады и т. п.). Для этих форм метод МА представляется наиболее естественным и подходящим. И еще одно достоинство МА универсальность метода и весьма широкая область его применения.

Мозговую атаку целесообразно использовать:

- при решении изобретательских и рационализаторских задач в самых различных областях техники;
- при самых различных постановках задачи (по форме, детальности и глубине проработки);
- на различных этапах решения творческой задачи и на различных стадиях разработки и проектирования изделий;
- в сочетании с другими эвристическими методами. Удивительная универсальность методов МА позволяет с их помощью рассматривать почти любую проблему или любое затруднение в сфере человеческой деятельности. Это могут быть также задачи из области организации производства, сферы обслуживания, бизнеса, экономики, социологии, уголовного розыска, военных операций и т. д., если они достаточно просто и ясно сформулированы.

2. МЕТОД ПРЯМОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ

Формулировка задачи. Постановка задачи перед творческой группой - участниками МА может иметь самую различную форму и содержание. Однако в ней должны быть четко сформулированы два момента:

- что в итоге желательно получить или иметь;
- что мешает получению желаемого.

Задачу может сформулировать внешний заказчик, руководитель творческой группы или ее член. Важно одно, чтобы перед сеансом МА имелась достаточно исчерпывающая четкая постановка задачи, желательно в документальном виде. Постановка задачи для МА должна также отличаться краткостью изложения.

В соответствии с рекомендациями постановка задачи может быть дана в виде описания проблемной ситуации (операция 1). Иногда имеет смысл дать более детальное изложение постановки, когда описание проблемной ситуации дополняют предварительной формулировкой задачи в соответствии с операцией 5.

Главное содержание поставки задачи (операция 1) содержится в ответах на вопросы а) и б). Ответы на вопрос г) и частично на вопрос а) должны стимулировать и вдохновлять членов творческой группы на активную деятельность, чтобы предлагаемая задача стала для них главной задачей, которую необходимо неотложно решить.

Если формулировка задачи содержит очень специальные и малопонятные термины для специалистов из смежных или других областей, то необходимо сделать вторую редакцию предварительной формулировки без специальных терминов.

Формирование творческой группы. Наиболее эффективное число участников в творческой группе для проведения сеанса МА составляет 5-12 человек, хотя допустимо и меньшее (до 3) и большее число участников.

Как правило, творческие группы состоят из двух подгрупп: постоянное ядро группы и временные члены. Ядро группы постепенно отбирается при решении различных задач методом МА. В ядро группы входят ее руководитель и сотрудники, легко и плодотворно генерирующие идеи, а также хорошо знающие и соблюдающие правила игры (правила для участников сеанса МА).

Временные члены приглашаются в зависимости от характера и содержания предстоящей задачи. В творческую группу никогда не включаются прирожденные скептики и критиканы. Временные члены служат необходимым и гармоничным дополнением к ядру группы, обеспечивающим выполнение следующих рекомендаций:

- число специалистов по решаемой задаче должно быть не более половины;
- в состав группы целесообразно включать специалистов-смежников (конструкторы, технологи, экономисты, снабженцы и. т. д.), которые обеспечат комплексное и всестороннее рассмотрение задачи;
- в состав группы желательно включать женщин, которые весьма

практично и оригинально мыслят, стимулируют и повышают дух соревнования среди мужчин; рекомендуется включать «людей со стороны не имеющих никакого отношения к задаче (повар, врач, парикмахер, проводник поезда и т. д.).

Творческая группа - это дружная сыгранная команда, члены которой взаимно дополняют друг друга.

Правила для участников сеанса МА. Их можно сформулировать следующим образом.

1. Стремитесь высказывать максимальное число идей.

Отдавайте предпочтение количеству, а не качеству идей. Свои идеи высказывайте короткими предложениями .

2. Во время сеанса МА абсолютно запрещена критика предложенных идей. Запрещаются также неодобрительные замечания, иронические реплики, консервативные мысли, ядовитые шутки. Например:

Так еще никогда не делали!

А что скажет директор?

Для практики это не годится!

Это же чепуха и бред сивой кобылы! и Т. п.

Запрет критики создает благоприятный творческий микроклимат.

3. Внешне и внутренне одобряйте и принимайте все идеи, даже заведомо непрактичные и, казалось бы, глупые. Оказывайте предпочтение не систематическому логическому мышлению, а озарениям, необузданной и безграничной фантазии в самых разных направлениях.

4. Весьма способствуют продуктивному мышлению шутки, каламбуры, юмор и смех. Поддерживайте и создавайте такую обстановку.

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

6. Обеспечивайте между участниками МА свободные, демократические, дружественные и доверительные отношения. Никто после сеанса не будет зло шутить над неудачными идеями других.

Настоящий сеанс МА - это особое психологическое состояние людей, когда думается без волевых усилий и принимается во внимание «все, что придет в голову». Именно такое состояние оказывается наиболее продуктивным, поскольку позволяет в наибольшей мере использовать подсознание человека – самый мощный аппарат творческого мышления.

Обязанности ведущего (руководителя) в сеансе МА.

Успех и результативность МА в очень большой мере зависит от председателя совещания (ведущего), который осуществляет оперативное управление МА. Ведущим чаще всего бывает руководитель творческой группы. Ведущий должен руководствоваться правилами для участников МА и поддерживать непринужденную обстановку и чувство юмора. Кроме того, на ведущего возлагаются следующие обязанности.

1. Если есть новички в творческой группе, ведущий в самом начале представляет всех участников, давая им короткую лестную характеристику. Далее излагают правила для участников сеанса МА.

2. Ведущий четко и эмоционально излагает формулировку задачи как в специальной, так и в общедоступном изложении. При этом заставляет участников воспринимать задачу как свою главную проблему, усиливая постановку, например, такими замечаниями:

Представьте себя на месте того-то.

Что бы вы сделали, если бы сами отвечали за это дело?

3. Ведущий должен уметь обеспечить соблюдение участниками всех правил проведения МА, не пользуясь при этом приказами и критическими замечаниями. Его роль подобна функциям судьи на футбольном поле.

4. Ведущий должен обеспечивать непрерывность высказывания идей, заполнять паузу поощрительными репликами.

Например:

в свое время предлагалось то-то (можно использовать протоколы предыдущих МА для аналогичных задач).

Давайте три минуты будем высказывать только непрактические и фантастические идеи.

А что думаете по этому поводу Вы, Николай Петрович?

А какое будет решение задачи, если убрать такое-то ограничение?

У нас уже 35 идей, давайте дотянем до 40.

5. Ведущий должен следить, чтобы обсуждение не шло в слишком узком и слишком практическом направлении, своими идеями или репликами расширять сферу поиска.

6. Ведущий должен следить за регламентом работы.

Говорить, сколько времени осталось до конца сеанса. Тактично останавливать участника, который высказывает свою идею более полминуты, интенсифицировать работу последних минут, например, такими восклицаниями:

Неужели ничего не найдем в последние три минуты?!

Неужели мы не забьем гол в последнюю минуту?!

МА - это интенсивный, быстро протекающий творческий процесс, как остроигровой хоккейный матч. Поэтому не может быть единой постоянной схемы проведения МА. Каждый ведущий должен искать свои индивидуальные пути повышения результативности сеанса МА. Например, создатель метода А. Осборн как бывший моряк во время сеанса употреблял крепкие соленые выражения, сообразуясь, конечно, с составом участников.

Организация проведения МА. Приглашать на совещание (сеанс МА) желательно за 2-3 дня с изложением сути задачи, чтобы участники могли подумать и настроиться. Иногда бывает целесообразно заранее сообщить постановку задачи только части участников.

Полная продолжительность совещания (сеанса МА) составляет 1,5-2 ч. Совещание имеет следующий порядок проведения и соответствующие затраты времени на отдельные мероприятия:

- представление участников совещания друг другу и ознакомление их с

правилами проведения сеанса МА (5-10 мин);

- постановка задачи ведущим с ответами на вопросы (10-15 мин);
- проведение МА (20-30 мин);
- перерыв (10 минут);
- составление отредактированного списка идей (30- 45 мин).

Помещение должно быть по возможности нейтральное (лучше не кабинет директора) и не шумное. Лучше всего сидеть за круглым или П-образным столом, чтобы все друг друга видели.

Весьма повышают эффективность различные мероприятия по психологической настройке и психоэвристическому стимулированию, например:

показ перед МА короткометражного фильма, заставляющего забыть заботы дня, или фильма, актуализирующего постановку задачи;

включения негромкой фоновой музыки во время сеанса МА;

показ натурального образца, макета или эскиза объекта, который требуется улучшить;

показ на экране аналогичных объектов, случайно выбранных предметов или слов (существительных и глаголов);

угощение чаем или кофе;

объявление перед сеансом о гонораре, вручаемом сразу после окончания совещания (это могут быть интересные сувениры, билеты в сауну, лотерейные билеты или деньги, действительно новая и смешная миниатюра, которую участники будут с удовольствием пересказывать своим знакомым и т. п.).

Запись и оформление результатов МА. Фиксирование идей, высказываемых во время сеанса МА, производится одним из трех способов:

среди участников имеется стенографист (можно записывать и не стенографическим текстом);

с помощью магнитофона;

каждый участник после высказывания записывает свою идею.

После сеанса проводится быстрое коллективное редактирование полученного списка идей с полукритическим отношением. При этом участники МА быстро отбрасывают наименее приемлемые и абсурдные идеи. Они могут также усилить и конкретизировать высказанные идеи и дополнить список новыми идеями, возникшими во время редактирования. Все полученные идеи желательно разделить на три группы: наиболее приемлемые и легко реализуемые для решаемой задачи, наиболее эффективные и перспективные, прочие.

Отредактированный и оформленный список передается заинтересованным лицам для дальнейшей более детальной оценки и проработки с точки зрения патентования и использования в проектно-конструкторских разработках.

После принятия решения об оформлении отдельных идей (в виде рационализаторских предложений, заявок на изобретение, технических предложений для проектирования и т. д.) уточняется и определяется список

авторов с руководителем группы, а затем согласуется со всей творческой группой, участвовавшей в сеансе МА.

Учебно-тренировочные задачи. Прежде чем решать реальные задачи методом МА, необходимо отработать с творческой группой или ее ядром технику проведения МА на учебно-тренировочных задачах. Такие задачи должны:

- быть общепонятными для всех участников;
- содержать потенциально большое число идей решения задачи;
- вызвать интерес у участников МА.

В качестве учебных задач можно брать реальные задачи, удовлетворяющие указанным требованиям. Если выбор реальных учебно-тренировочных задач вызывает затруднение, то можно предложить следующие темы для формулировки и решения задач:

Как исключить травмирование и гибель жителей города от падающих сосулек?

Как снизить аварийность и травматизм на автодороге во время гололеда?

Как сохранить от града хлебное поле?

Как уберечь от воров зеркало в туалетной комнате, сушилку для рук?

3 МЕТОД ОБРАТНОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ

Теоретические предпосылки. В основе обратной мозговой атаки лежит закон прогрессивной конструктивной эволюции ТО. По этому закону переход к новым образцам техники происходит через выявление и устранение дефектов (недостатков) в существующем поколении ТО при наличии необходимого научно-технического потенциала.

Поэтому при создании любого нового значительно улучшенного изделия решаются две задачи!

1) выявление в существующих изделиях максимального числа недостатков;

2) максимальное устранение этих недостатков во вновь разрабатываемом изделии.

Первая задача относится к постановке изобретательских и проектно-конструкторских задач, вторая - к синтезу нового технического решения. Первая задача оказывается не менее простой, поскольку необходимо выявить полный список недостатков, который состоит из двух частей:

- недостатки, обнаруженные при изготовлении, эксплуатации, ремонте и утилизации выпускаемых изделий;

- недостатки, которые возникнут в обозримом будущем у разрабатываемого изделия.

Таким образом, методы решения первой задачи должны обеспечивать не только выявление всех известных недостатков, но и прогнозировать все будущие недостатки.

Гипотетически существует некоторый идеальный полный список

недостатков, каждый из которых может быть устранен или учтен в новом изделии, в результате чего новое изделие будет реализовывать максимально возможный скачок для существующего научно-технического уровня. Поэтому наилучшее решение первой творческой задачи соответствует наибольшему приближению к такому идеальному списку недостатков.

Говоря иначе, полный список недостатков (независимо от причины их возникновения) должен отражать все возможные отклонения действительно существующего положения от желаемого.

Область применения метода. Метод обратной МА ориентирован на решение первой творческой задачи, т. е. цель обратной МА заключается в составлении наиболее полного списка недостатков рассматриваемого объекта, на который обрушивается ничем не ограниченная критика. Объектом обратной МА может быть конкретное изделие или его узел, технологический процесс или его операция, сфера обслуживания и т. д.

Обратная МА может быть использована при решении, например, следующих вопросов и задач:

- уточнение постановки изобретательских и рационализаторских задач;
- разработка технического задания или технического предложения;
- экспертиза проектно-конструкторской документации на любой стадии разработки (техническое задание, техническое предложение, эскизный, технический или рабочий проект, экспериментальный или опытный образец);
- оценка эффективности закупаемых изделий. Формулировка задачи.

Формулировка задачи для обратной МА должна содержать краткие и достаточно исчерпывающие ответы на следующие вопросы:

- а) Что представляет собой объект, который требуется улучшить?
- б) Какие известны недостатки объекта, связанные с его изготовлением, эксплуатацией, ремонтом и т. д.?
- в) Что требуется получить в результате МА?
- г) На что нужно обратить особое внимание? Изложение по п. а) желательно сопроводить наглядным эскизом, слайдами, кинофильмом, показом макета и натурного образца («лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать»). Наиболее полно и объективно информация по п. б) может быть собрана у изготовителей, пользователей, наладчиков и ремонтников.

По п. в) МА должна дать максимально полный список недостатков и дефектов у рассматриваемого объекта. Во время сеанса МА мы должны прозорливо угадать все будущие недостатки на 10-20 лет вперед, чтобы полученный полный список недостатков обеспечивал наиболее длительную конкурентоспособность созданного объекта.

По п. г) нужно указать, в каком направлении особенно нетерпимы недостатки и дефекты (например, прочность определенных деталей, надежность работы системы, экономия жидкого топлива, охрана окружающей водной среды и т. п.).

Формирование творческой группы. Здесь остаются в силе рекомендации, кроме одного пожелания. В творческую группу необходимо включить технологов, наладчиков, ремонтников, эксплуатационников,

работников по сбыту и продаже.

Правила для участников сеанса МА. Эти правила совпадают с правилами проведения прямой МА.

Обязанности ведущего (руководителя) в сеансе МА.

Совпадают с обязанностями, изложенными выше. Для обеспечения непрерывности высказывания идей и полноты формируемого списка недостатков ведущему рекомендуется использовать следующий список вопросов:

У каких параметров объекта или его элемента ожидаются отклонения от нормы?

Какие ожидаются трудности изготовления, сборки, контроля изделия или его отдельных узлов?

Какие могут возникнуть затруднения с материалами и комплектующими деталями и узлами в настоящее время и через 10-20 лет?

Какие ожидаются трудности энергоснабжения в данное время и через 10-20 лет?

Какие неудобства в обслуживании или какие могут возникнуть ошибки оператора?

Могут ли возникнуть опасные моменты для пользователей и обслуживающего персонала? .

Какие возможны трудности доставки и транспортирования в настоящее время и через 10-20 лет?

Таблица 80 Пример анализа недостатков прототипа

Наименование недостатка	Фактические или возможные следствия проявления недостатка	Фактические или возможные причины возникновения недостатка
1. Плохая подвижность шарнирной передачи 2. Неучет гололеда на автодороге 3. Отказ шариковой авторучки	1.1. Потеря мощности 1.2. Ускоренное изнашивание шарнира 1.3. Разрушение шарнира Скольжение транспорта с потерей управления Шариковая авторучка перестает оставлять след на бумаге в виде слоя пасты	1.1. Некачественная обработка 1.2. Малый зазор поверхностей трущейся пары 1.3. Непредусмотренные температурные перепады Наличие в атмосфере повышенной влажности и низкой температуры 3.1. Понижение давления в баллоне с пастой 3.2. Заклинивание шарика 3.3. Увеличение вязкости пасты в связи с понижением температуры

Организация проведения МА. Она совпадает с описанной выше. Для стимулирования мышления на экране показывают отдельные предложения из межотраслевого, проблемно и объектно ориентированных списков недостатков изделий и списков их параметров.

Запись и оформление результатов МА. Проводится в соответствии с рекомендациями. В дополнение выполняется классификация недостатков по родственным группам. Могут быть выделены, например, следующие группы: основные функциональные требования, производство, сбыт, эксплуатация, защита окружающей среды. Проводится ранжирование недостатков от самых больших (главных) до малых (второстепенных). Ранжирование можно выполнить также путем отнесения каждого недостатка к главным, средним или второстепенным недостаткам.

Если список недостатков составляется с целью последующего его использования в постановке и решении изобретательских или рационализаторских задач, то желательно еще составить таблицу анализа недостатков (табл. 30), где приведены примеры заполнения.

При составлении табл. 30 время, отведенное на составление отредактированного списка идей, может быть увеличено до 1-1,5 ч, а заполнение столбцов по следствиям проявления и причинам недостатков можно проводить с помощью дополнительной мозговой атаки.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

Тема: РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

Цель работы: приобретение навыков решения научных творческих задач методом контрольных вопросов

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой решения творческих научных задач методом контрольных вопросов;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

Метод контрольных вопросов был предложен в 1955 г. руководителем изобретательского бюро в Кембридже (Англия) Т. Эйлоартом. Сущность метода заключается в поиске решения задачи с помощью специально подготовленного списка наводящих вопросов, указаний, советов, подсказок. По содержанию и порядку следования вопросов и советов список представляет собой определенный эвристический алгоритм случайного поиска идей. Применение такого алгоритма ориентировано на то, что при ответе на поставленные вопросы может прийти то озарение, которое составит основу рационального решения поставленной задачи. Метод может использоваться как в форме монолога с которым инженер обращается к самому себе, так и в виде диалога руководителя с членами творческой группы.

В настоящее время широко используются универсальный вопросник Т. Эйлоарта, список контрольных вопросов А.Осборна, а также правила М.

Тринга и Э. Лейтуэйта, перечень вопросов и советов Д. Пойа и другие списки. В качестве примера приведем вопросник Т. Эйлоарта. Он содержит следующие позиции:

1. Перечислите все качества и определения предполагаемого изобретения, укажите, в какую сторону их предполагается изменить.

2. Четко сформулируйте задачи создания объекта, выделив среди них главные и второстепенные.

3. Перечислите основные принципы и недостатки известных решений рассматриваемой задачи, сформулируйте свои предложения по их устранению.

4. Выскажите и запишите различные, пусть даже фантастические, аналогии (химические, биологические, экономические и т.п.).

5. Постройте какие-то модели объекта: математические, гидравлические, механические, электронные и т. п., поскольку модели более точно выражают идеи, нежели аналогии.

6. Попробуйте применить для усовершенствования объекта другие виды материалов, энергии, другие физические, химические и иные эффекты.

7. Попытайтесь установить зависимости, взаимные связи и логические совпадения.

8. Узнайте мнение по разрешению главной задачи у людей, совершенно не осведомленных в данной проблеме.

9. Устройте свободное групповое обсуждение проблемы, выслушивая любые идеи без критики.

10. Попробуйте использовать «национальные» подходы к решению задач: хитрый шотландский, расточительный американский, сложный китайский, всеобъемлющий немецкий и т. п.

11. Постарайтесь быть всегда с проблемой, не расставаясь с ней не только на работе, но и в поездке, на прогулке, в игре.

12. Постарайтесь погрузиться в обстановку, стимулирующую творчество, побывать в техническом музее, в антикварном магазине, посмотреть журналы, комиксы.

13. Составьте сопоставительные таблицы типов материалов, геометрических параметров и других величин объекта и его элементов, а также их цен для решения проблемы.

14. Определите идеальные конечные результаты по разработке объекта.

15. Попробуйте видоизменить решение поставленной проблемы во времени, а также за счет изменения свойств и параметров объекта.

16. Попытайтесь в воображении «залезть» внутрь объекта и рассмотреть его изнутри.

17. Выявите и исключите из дальнейшего обсуждения альтернативные варианты решения проблемы, уводящие в сторону от траектории поиска наилучшего решения.

18. Попытайтесь выявить, кого и почему интересует решаемая проблема.

19. Выявите, кто первым и когда придумал аналогичный технический

объект, были ли ложные попытки его усовершенствования.

20. Узнайте, кто еще решал подобную проблему и чего он добился?

21. Выявите и обоснуйте граничные условия изготовления и применения объекта.

По своей сущности метод контрольных вопросов практически не отличается от метода проб и ошибок. Однако сама приведенная последовательность постановки вопросов и рекомендации осуществления психологического тренинга по активизации творческого воображения и фантазии (вопросы 4, 10, 12, 16) значительно повышают вероятность удачного поиска.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11

Тема: РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Цель работы: приобретение навыков решения научных творческих задач методом эвристических приемов

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой решения творческих научных задач методом эвристических приемов;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

МЕТОД ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Решая задачу методом проб и ошибок, каждый творческий человек получает при ее успешном решении два результата:

- методический результат, представляющий собой найденный (изобретенный) способ поиска решения поставленной задачи;
- искомое техническое решение, полученное с помощью изобретенного способа поиска.

Встречаясь с новой задачей, прежде всего пытаются ее решить путем использования ранее найденных способов, приемов. Если это не удастся (встретился иной тип задачи), то опять ищут решение методом проб и ошибок. Успешный поиск дает новый способ решения задачи. В итоге постепенно формируется определенный набор способов, приемов, правил поиска решения задач.

Способы, приемы или правила, в которых содержится краткое предписание или указание, как преобразовать имеющийся объект задачи или в каком направлении нужно искать, чтобы получить решение задачи,

называют **эвристическими приемами**. Эвристические приемы не содержат прямого однозначного указания, как именно следует преобразовать данный объект. Приемы играют только роль подсказок, которые облегчают получение искомого решения, не гарантируя, однако, его нахождение. Естественно, что разным людям потребуется приложить различные усилия, чтобы с помощью таких подсказок найти приемлемое решение.

Для иллюстрации того, что собой представляет эвристический прием, приведем из прил. 2 четыре приема, которые могли бы подсказать П. Яблочкову и А. Микулину идеи решения их задач, без больших затрат времени и усилий:

- прием 3.4: размещение на одной линии заменить размещением по нескольким линиям или по плоскости;
- прием 3.5: заменить размещение по плоскости размещением по нескольким плоскостям или в трехмерном пространстве; перейти от одноэтажной (однослойной) компоновки к многоэтажной (многослойной);
- прием 9.5: для уменьшения простоев и повышения надежности создать легко используемый запас рабочих органов или элементов. Предусмотреть в ответственных частях объекта дублирующие элементы;
- прием 11.2: использовать природный принцип повторяемости однотипных элементов (пчелиные соты, листья, кристаллы и т. п.).

Для получения собственного, личного представления о предсказывающей силе эвристического приема попытайтесь найти решение двух нижеприведенных задач, используя следующие приемы:

- прием 2.6: заменить источник энергии, тип привода, цвет и т.д.;
- прием 2.7: заменить механическую схему электрической, тепловой, оптической или электронной;
- прием 5.2: заменить поступательное (прямолинейное) или возвратно-поступательное движение вращательным;
- прием 8.5: допустить незначительное снижение требуемого эффекта;
- прием 8.6: использовать идею избыточного решения (если трудно получить 100 % требуемого эффекта, задаться целью получить несколько больше).

Задача 1. Голландская фирма «Филипс» рекламирует свое устройство для прямолинейных микроперемещений (на сотые доли микрометра), применяемое в микроскопах. Устройство довольно сложное: электродвигатель, червячная передача, двухступенчатый фрикционный механизм и т.д.; причем все детали прецизионной точности, из специальной стали. Фирма подчеркивает достоинства: отсутствие люфта, мертвого хода и смазки.

Необходимо предложить идею технического решения, представляющего собой *простейшее* устройство с такой же функцией, как рекламируемое устройство фирмы «Филипс», также не имеющее люфта, мертвого хода и смазки, но при этом обеспечивающее микроперемещения с более высокой точностью.

Задача 2. Требуется предложить способ равномерного нанесения

тонкого слоя краски на наружные поверхности цилиндрических деталей. Применение пульверизатора нежелательно по условиям техники безопасности.

контрольные решения приведенных задач можно найти в работах.

Обобщая опыт работы инженеров и изобретателей, российские ученые (Г.С. Альтшуллер, А.И. Половинкин и др.) во второй половине XX в. составили списки различных эвристических приемов поиска идей решения инженерных задач. Эти списки явились основой метода эвристических приемов. В настоящее время известно около десяти его модификаций, использующих различные фонды эвристических приемов.

В частности, в изложенном в работе методе предложен для поиска идей решения задач сокращенный межотраслевой фонд, содержащий 180 отдельных эвристических приемов. В работе представлены примеры использования типовых приемов устранения технических противоречий при решении изобретательских задач в области технологии машиностроения.

Отличие метода эвристических приемов от метода контрольных вопросов заключается в том, что он ориентирован не столько на *возможное возникновение озарения* через наводящие вопросы, сколько на *осознанный вызов этого озарения* путем предложения конкретных способов, вариантов, действий по преобразованию рассматриваемого объекта. Эти приемы преобразования относятся к самым различным признакам существования и создания объекта: его форме и структуре, взаимному расположению его элементов, их взаимодействию между собой и с объектами окружающей среды, наличию и использованию внутренних резервов объекта в целом и его элементов и т. д.

1. ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМ

С давних времен перед человеком часто возникала следующая ситуация. Существующее орудие труда, станок, машина или оружие переставали удовлетворять новым требованиям или имели нетерпимые недостатки, которые требовалось исключить. Человек (конструктор) пытался найти улучшенное техническое решение путем логического анализа недостатков и их устранения или путем поиска и приспособления аналогичного решения в природе либо в другой области техники, или путем случайных изменений прототипа.

Все эти не очень систематизированные попытки поиска улучшенного решения называют методом «проб и ошибок». На основе этого древнего способа в 40--50-х годах возник метод эвристических приемов.

Рассмотрим сначала метод «проб и ошибок» на одном из многочисленных примеров решения задачи таким образом.

Задача Микулина. В начале XX века, когда началось активное освоение самолетов с двигателями внутреннего сгорания, большинство катастроф было связано с отказом магнето, «исчезновением искры» зажигания. В связи с этим возникла задача

повышения надежности работы магнето.

Задачу эту после долгих мучительных поисков методом «проб и ошибок» решил юный А. Микулин, будущий академик, известный конструктор авиационных двигателей. Он шел по улице и увидел огромного мужика с сильно подбитым, заплывшим и ничего не видящим левым глазом. В это время и пришла догадка! Микулин сразу бросился бежать в гостиницу к знаменитому авиатору С. И. Уточкину, и между ними состоялся следующий разговор:

- У людей по два глаза, подбейте левый - правый будет видеть.
- Я никому не собираюсь подбивать глаза, - сказал Уточкин.
- На Вашей машине одно магнето - поставьте два!
- Прекрасная мысль! - сказал Уточкин. - За каждый благополучный показательный полет я буду платить тебе по 10 рублей.

Показательные полеты тогда были платные. И Уточкин сдержал свое слово, посылая после каждого полета переводы.

Чем начинающий изобретатель отличается от опытного конструктора?

При успешном решении творческой инженерной задачи (ТИЗ) начинающий изобретатель всегда получает два результата: методический результат (изобретение способа решения интересующей его ТИЗ) и искомое техническое решение, полученное с помощью изобретенного способа.

Когда изобретатель встречается с новой ТИЗ, то в первую очередь пытается ее решить с помощью изобретенного им способа. Если это не удается (поскольку встретился другой тип задачи), то изобретатель опять вынужден искать решение методом «проб и ошибок». При успешном решении он открывает для себя второй способ решения изобретательских задач. Так постепенно у человека формируется свой набор способов, и он из начинающего превращается в опытного изобретателя.

Такие способы или правила решения ТИЗ называют эвристическими приемами (ЭП), в которых содержится краткое предписание или указание, «как преобразовать» имеющийся прототип или «в каком направлении нужно искать», чтобы получить искомое решение. ЭП обычно не содержит прямого однозначного указания, как преобразовать прототип. Если ЭП имеет отношение к рассматриваемой ТИЗ, то он содержит (подсказку), которая облегчает получение искомого решения, однако не гарантирует его нахождения. Различным людям требуется приложить различные усилия, чтобы догадаться до искомого (удовлетворительного) технического решения.

Опытные изобретатели обычно имеют свой индивидуальный набор (фонд) ЭП.

Рассмотрим примеры решения ТИЗ с помощью ЭП.

Задача 1. В опытном образце прецессионного станка имеется винтовая пара подачи инструмента. При имеющихся размерах и усилиях для вращения вала подачи требуется момент 118 Н·м. Такое усилие вращения вызывает недопустимые деформации, и точность обработки деталей не выдерживается. Для обеспечения необходимой точности требуется в 3-4 раза снизить вращающий момент. Принцип подачи инструмента изменять нежелательно.

Используем ЭП 5.9: «Заменить трение скольжения трением качения».

Решение. На валу в гайке делают винтовые пазы, которые заполняют шариками. Винтовая пара превращается в подшипник качения.

Задача 2. Снятие гипсовых повязок связано с двумя неудобствами: при распиливании повязки можно повредить тело; при разбивании причиняется боль и может быть повреждена слабо сросшаяся кость. Требуется изобрести способ, устраняющий указанные неудобства.

Для решения этой задачи подходят два ЭП.

Прием 3 изменить направление действия рабочей силы или среды; прием 3.10: заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.

Решение. Для предупреждения травм и облегчения снятия повязки проволочную пилу помещают в предварительно смазанную подходящей смазкой трубку, выполненную, например, из полиэтилена, и заранее загипсовывают под повязку при ее наложении. Распиливать повязку можно от тела наружу.

Многие ЭП могут быть успешно использованы в самых различных областях техники. Они со временем морально не стареют и оказываются полезными для других изобретателей. Способы решения ТИЗ открытые различными изобретателями, имеет смысл собирать, обобщать и обучать им начинающих изобретателей. Именно на этих свойствах основывается метод эвристических приемов, который интегрирует в методически доступной форме опыт многих изобретателей.

Метод эвристических приемов разработан и нашел широкое распространение в СССР. Известно около десяти его модификаций.

2. МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ФОНД ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Метод эвристических приемов основывается на межотраслевом фонде ЭП. Этот фонд в нашей методике содержит описания 180 отдельных ЭП, которые разделены на 12 групп (табл. 1).

Межотраслевой фонд ЭП имеет универсальный характер, т. е. ориентирован на самые различные области техники. Поэтому ЭП имеют обобщенное описание. В них под «объектами» подразумеваются ручные орудия и инструменты, станки, приборы, машины, аппараты, технологические процессы, комплексы станков и приборов и т. д., а также их детали, узлы, технологические операции и т. д. В некоторых ЭП наряду с объектом имеет смысл выделять части объекта, которые называют «элементами». К ним могут относиться детали, узлы, блоки, агрегаты, технологические операции и другие части объекта.

Таблица 1 – Группы эвристических приемов

Номер группы	Наименование группы	Число ЭП
1	Преобразование формы	16
2	Преобразование структуры	19
3	Преобразования в пространстве	16
4	Преобразования во времени	8
5	Преобразование движения и силы	14
6	Преобразование материала и вещества	23
7	Приемы дифференциации	12
8	Количественные изменения	12
9	Использование профилактических мер	22
10	Использование резервов	13
11	Преобразования по аналогии	9
12	Повышение технологичности	16
	Всего	180

В конце описания многих ЭП в целях сокращения дается еще указание «Инверсия приема», по которому рекомендуется также производить обратное преобразование или искать в обратном направлении. Например, ЭП 1.2 имел бы следующее полное описание: «сделать в объекте (элементе) отверстия и полости, исключить в объекте (элементе) отверстия и полости».

В любом межотраслевом или специализированном фонде ЭП после описания приема должно даваться 2-3 примера решения ТИЗ с помощью этого ЭП. в целях экономии места в нашем фонде описания ЭП даны без примеров применения. Для более углубленного изучения ЭП и в качестве учебного практикума рекомендуется самим подобрать (из истории техники или патентного фонда) примеры решения ТИЗ для каждого ЭП. В связи с этим приведем примеры для двух ЭП.

Примеры решения ТИЗ для ЭП 8.1.

1. В конце XVIII века опытами с вольтовым столбом (первым химическим источником тока для практического применения) занимались все подряд, даже короли. Русский академик В. В. Петров вместо обычных десятков элементов сделал вольтов столб на 2100 элементов и получил качественно новое явление - электрическую дугу - непрерывный

электрический свет большой интенсивности.

2. Струей воды до 10 МПа размывали грунт. Увеличение давления до 100 МПа позволило струей воды резать камень и металл.

Пример решения ТИЗ для ЭП 10.8.

ЭП 10.8 сформулировали супруги Лазаренко, которые много труда и времени затратили на поиск средств борьбы с разрушением электрических контактов от возникающей электрической искры. В итоге они сделали два попутных изобретения, нашедших широкое практическое применение:

- искровую мельницу для измельчения (распыления) металла в порошок;
- электроискровую обработку металлов.

Этот ЭП супруги Лазаренко еще много раз успешно использовали в их редакции ЭП имеет следующее описание: «Нет в природе совершенно вредных явлений! Из каждого вредного фактора можно извлечь пользу».

Если опытный конструктор познакомится с межотраслевым фондом ЭП, то у него может создаться впечатление, что большинство приемов ему известно и они как будто ничего нового не дают. Однако вся сила фонда ЭП заключается в системном всестороннем охвате проблемы или задачи. Опытному конструктору (по сравнению с другим конструктором, имеющим фонд ЭП) потребуется несоизмеримо больше времени, чтобы вспомнить или додуматься до большинства приемов и подсказанных ими решений. Наряду с этим можно утверждать, что при всегда ограниченном времени решения ТИЗ некоторые ЭП так и не попадут в его поле зрения, т. е. фонд ЭП полезен не только для начинающих, но и для опытных изобретателей.

3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ЕЕ РЕШЕНИЕ

Можно выделить следующие шесть последовательных этапов в постановке и решении ТИЗ методом эвристических приемов.

1. При использовании метода ЭП можно ограничиться предварительной формулировкой задачи. Более глубокий и плодотворный поиск решения с помощью метода ЭП осуществляют на основе уточненной постановки задачи.

2. Решение задачи начинается с выбора подходящих ЭП. Исходной информацией для этого являются:

- конкретный прототип, который требуется улучшить; главный недостаток прототипа, который необходимо устранить;
- главное противоречие развития прототипа, которое требуется устранить.

Исходя из этой информации просматривают в табл. 1 наименования групп ЭП и отбирают (в основном по интуитивным соображениям) наиболее подходящие группы. В каждой из этих групп просматривают все ЭП и выбирают также по интуиции те ЭП, которые представляют интерес для рассматриваемой задачи.

Если выбор групп ЭП вызывает затруднения, то наиболее подходящие ЭП отбирают путем просмотра всего фонда.

В методе эвристических приемов не имеет смысла давать какие-либо формальные или полужформальные правила выбора наиболее подходящих ЭП для конкретной задачи. Если смотреть глубже, то выбор ЭП - это в принципе не формализуемая процедура. Лучше всего такой выбор интуитивно производит конструктор, решающий задачу, просматривая все подряд ЭП. На беглый просмотр знакомого фонда ЭП затрачивается мало времени всего 5-10 мин. В связи с этим матрица Г. С. Альтшуллера, на составление которой затрачен громадный труд, не имеет большого смысла. Она не экономит время и часто не указывает ЭП, наиболее эффективные для решения конкретной задачи.

3. Преобразование прототипа начинают с помощью выбранных приемов. При этом фиксируют идеи улучшенных технических решений в виде короткого описания или (и) упрощенной схемы.

Следует заметить, что у межотраслевого фонда ЭП есть одно сильное свойство, которое называем эвристической избыточностью. Отметим две разновидности этого свойства. Во-первых, многие задачи могут быть решены независимо разными ЭП. Так, например, приведенная задача Микулина с установкой на самолете резервного магнето могла быть независимо - решена с помощью ЭП 8.2, 9.15 или 11.2.

Вторая разновидность эвристической избыточности состоит в том, что одновременное использование двух и более ЭП приводит к их взаимному усилению в смысле облегчения нахождения улучшенного технического решения. Так, в задаче Микулина одновременное использование указанных трех ЭП облегчает ее решение. Нередки также случаи, когда два и более ЭП по отношению к конкретной ТИЗ по отдельности имеют слабую эвристическую подсказку, но при одновременном их использовании они явно взаимно усиливают друг друга. Проиллюстрируем это на примере.

Задача Яблочкова. В 1875 г. русский изобретатель П.Н. Яблочков предложил электрическую свечу (дуговую лампу), в которой между концами двух угольных стержней (расположенных на одной прямой навстречу друг другу или под углом) образовалась электрическая дуга. Для поддержания этой дуги требовалось с некоторой постоянной скоростью сближать электроды по мере их сгорания. Это осуществлялось с помощью специального автоматического регулятора. Свеча Яблочкова быстро нашла практическое применение. Однако она имела существенный недостаток: регуляторы были сложными по конструкции и малонадежными, поскольку сгорание электродов по разным причинам было неравномерным.

Требовалось найти простое техническое решение, обеспечивающее надежную работу электрической свечи от двух электродов.

П. Н. Яблочков решал эту задачу, по-видимому, методом «проб и ошибок». После долгих мучений и попыток он, сидя в одном из кафе Парижа случайно увидел два рядом лежащих карандаша и сразу понял, что

электроды нужно расположить рядом параллельно, разделив их выгорающим изоляционным материалом. При таком ТР вообще исключается сложный ненадежный регулятор. Указанные ЭП, по-видимому, помогли бы Яблочкову раньше додуматься до решения.

Таким образом, с помощью отдельных приемов и наборов ЭП получают множество улучшенных допустимых технических решений. Если при этом не удастся получить удовлетворительного улучшенного решения, то рекомендуется наиболее перспективный из найденных вариантов принять за прототип и снова повторить его обработку с помощью подходящих ЭП.

4. Следует напомнить, что множество улучшенных допустимых технических решений получено только с учетом главного недостатка или главного противоречия развития. В дальнейшем эти решения используются как прототипы для поиска новых улучшенных технических решений, учитывающих другие недостатки и противоречия развития. В результате получают новое множество улучшенных допустимых технических решений.

Таблица 2 Формы анализа последствий от нового технического решения (ТР)

Какие <i>отрицательные</i> последствия принесет новое ТР для вышестоящего по иерархии и смежных ТО?	Какие <i>положительные</i> последствия принесет новое ТР для вышестоящего по иерархии и смежных ТО?
1. 2.	1. 2.

5. Для найденных в п. 4 технических решений проводят анализ их совместимости со смежными и вышестоящими по иерархии ТО. При этом составляют табл. 2.

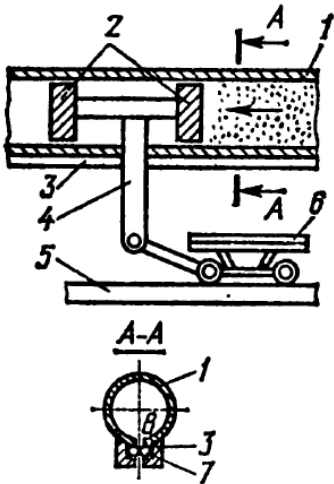
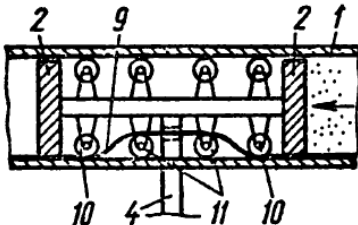
Сопоставительный анализ таких таблиц для разных улучшенных технических решений позволяет обоснованно выбрать наиболее эффективное из них. Для особо перспективных вариантов делаются попытки устранить нетерпимые отрицательные последствия. При этом могут быть использованы также метод эвристических приемов или методы мозговой атаки.

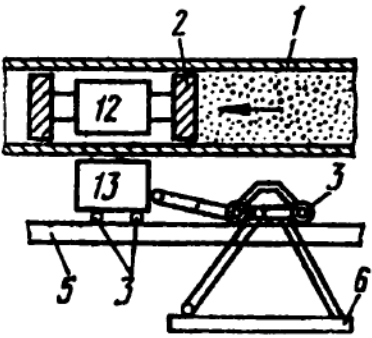
6. Работа по пп. 2-5 выполняется для всех прототипов, рекомендуемых в постановке задачи. В результате формируется достаточно полное множество улучшенных технических решений, из которого предстоит выбрать перспективные варианты для дальнейшей проработки. Такой выбор производится с учетом главных критериев развития и показателей, а также с точки зрения патентоспособности.

Дальнейшая проработка выбранных технических решений может быть проведена в соответствии с рекомендациями, данными в прил. 5 (этапы 5-7).

Следует отметить, что метод ЭП только повышает возможность получения допустимого улучшенного технического решения, но не гарантирует нахождение такового. И у разных пользователей этого метода (как и других эвристических методов) часто получаются разные результаты, что в большой мере зависит от приобретенных навыков и природных способностей.

Таблица 3 – Примеры идей при решении задачи создания пневмотранспорта в цехе

Номер ТР	Описание идеи ТР	Эскиз
1	Внутри трубопровода 1 перемещается поршень-каретка 2. По всей длине трубы сделана щель 8, через которую пропущен прикрепленный к каретке рычаг 4, соединенный с катящейся по направляющим 5 грузовой платформой 6, на которую укладывают крупногабаритные детали. Щель в трубе закрывают две эластичные трубки 7, заполненные воздухом под давлением и находящиеся в направляющих 3. Рычаг скользит между трубками, которые смыкаются за ними, закрывая щель	
2	Решение отличается от решения по п. 1 тем, что грузовую платформу 6 можно сделать не на роликах, а на воздушной подушке, и подавать воздух из трубы 1	—
3	Решение отличается от решений по пп. 1, 2 тем, что щель в трубе закрывается лентой 9, которая прижимается к трубе роликами 10, а в месте выхода рычага 4 через щель поднимается роликами 11. Лента прижимается воздухом внутри трубы, обеспечивая уплотнение щели	

Номер ТР	Описание идеи ТР	Эскиз
4	Внутри трубы 1 поршень-ка- ретка 2 имеет магнит 12, кото- рый взаимодействует с находя- щимся снаружи магнитом 13, свободно передвигающимся по направляющим 5 на роликах. Магнит 13 тянет за собой гру- зовую платформу 6	
5	Отличается от решения по п. 4 тем, что вместо роликов 3 грузовая платформа 6 и магнит 13 подвешены на монорельсе 5 с помощью воздушной подушки	—
6	Труба 1 используется как опора для монорельса и линей- ного электродвигателя, перед- вигающего грузовую платфор- му	—

Пример. Задача о модернизации пневмотранспорта в цехе. Будем рассматривать в качестве прототипа существующий пневмотранспорт. В этом прототипе должны быть устранены (или значительно снижены) следующие недостатки (в порядке их важности): затраты по замене трубопровода:

- 1) удары и трение деталей друг о друга и стенки трубы;
- 2) шум от трубопроводов;
- 3) зависимость от габаритных размеров деталей.

В целях экономии места будем выбирать подходящие ЭП с точки зрения всех недостатков. В табл.1 наибольший интерес представляют группы 1, 2, 3, 5, 6, 8, 11. В этих группах представляют интерес следующие ЭП (прил. 2): 2.1, 2.6, 3.2, 3.10, 3.13, 3.16, 5.8, 5.13, 6.14, 6.6, 6.12, 6.14, 6.17, 8.3, 11.7.

(Следует заметить, что на выбор групп и приемов оказала решающее влияние субъективная точка зрения автора, т. е. читатель может выбрать свои группы и приемы).

Попробуйте с помощью указанных ЭП получить улучшенные ТР или сами выберите ЭП и затем получите улучшенные ТР.

В табл. 3 приведены некоторые идеи решения этой задачи.

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ФОНД ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Межотраслевой фонд ЭП для отдельных пользователей (изобретателей) является «чужим» инструментом, малоудобным и малоприспособленным к конкретной творческой личности. В связи с этим каждому начинающему, изобретателю и рационализатору рекомендуется работать над созданием индивидуального фонда ЭП, т.е. над созданием своего, более удобного и эффективного инструмента.

Можно дать следующие рекомендации по формированию индивидуального фонда ЭП.

1. Выбор из межотраслевого фонда наиболее подходящих ЭП с учетом специфики решаемых задач (области техники, в которой работает изобретатель) и своих симпатий к определенным ЭП. При этом возможно и желательно изменить форму изложения ЭП, сделать ее более понятной, образной, эмоционально насыщенной и ориентированной на интересующий класс задач. ЭП должен возбуждать и активизировать мышление. Например, для ЭП 8.9 возможна следующая редакция: «Создать гиганта или карлика! И найти ему применение»; для ЭП 10.8 - «Обратить вред в пользу!» и т. д.

2. Подбор для каждого ЭП в индивидуальном фонде примеров решения ТИЗ из своей области или функционально близких областей. Такие примеры даны выше для ЭП 1.3, 3.1, 3А, 3.б, 3.7, 3.9, 3.10; 5.9, 8.1, 8.2, 9.15, 10.8, 11.2. При подборе примеров следует иметь в виду, что они должны играть двойную роль: во-первых, это аналогичная решенная задача, помогающая плодотворно использовать ЭП при решении новой задачи. Во-вторых, пример может быть использован как готовое или полуготовое решение в рассматриваемой задаче. Вероятность таких случаев может быть высокой, поскольку примеры берутся из своей или близких областей техники.

3. Разбор и анализ последних решенных задач и запатентованных технических решений в своей области функционально близких областях. Особое внимание следует обращать на новые образцы техники на уровне лучших мировых достижений. При этом тщательно изучают моменты перехода от прототипа к улучшенным техническим решениям и формулируют новые обобщенные ЭП, подбирают более удачные примеры решения ТИЗ, прототипы и другую полезную информацию. В результате такой работы происходит расширение и обогащение индивидуального фонда ЭП.

Таким анализом и обработкой новых технических решений нужно заниматься так же регулярно, как спортсмены ходят на тренировки, музыканты поддерживают свою форму ежедневной (или три раза в неделю) игрой на инструментах, и т. д. Ведь изобретательство не менее увлекательное занятие!

4. Изучение конструктивной эволюции ТО для выявления и формулировки эффективных ЭП, ориентированных на интересующий класс изделий или технологии, и подбора для них интересных примеров решения ТИЗ.

5. Существует также интересный и эффективный способ оперативной формулировки ЭП для решения конкретной ТИЗ. Суть способа состоит в том, что для имеющегося прототипа P , по патентным описаниям строят ретроспективно цепочку конструктивной эволюции

$$P_{k-3} \rightarrow P_{k-2} \rightarrow P_{k-1} \rightarrow P_k,$$

6. Обобщение опыта. После каждого удачного решения ТИЗ изобретатель должен обобщить свой опыт, т. е. рассмотреть возможность формулировки нового ЭП на основе решенной задачи или возможность ее использования как примера в каком-либо ЭП.

Наряду с созданием индивидуального фонда ЭП представляется полезным формирование фонда прототипов по своему классу ТИЗ. В качестве прототипов в первую очередь рекомендуется брать существенно отличающиеся наиболее перспективные технические решения, изделия на уровне лучших мировых образцов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

Тема:

РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Цель работы: приобретение навыков решения научных творческих задач методом морфологического анализа и синтеза технических решений

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой решения творческих научных задач методом морфологического анализа и синтеза технических решений;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

МЕТОД МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Метод морфологического анализа и синтеза разработан швейцарским астрономом Ф. Цвикки в 30-х гг. XX В. Первое результативное применение этого метода он продемонстрировал в 1942 г. в США в авиационной фирме, приведя 576 возможных вариантов реактивных двигателей. Как выяснилось позже, в числе предложенных были двигатели, аналогичные двигателям немецких ракет ФАУ-1 и ФАУ-2, строго засекреченных в то время.

Метод основан на комбинаторике и по своей сущности представляет процесс составления различных комбинаций вариантов реализации конструктивных, функциональных или иных признаков, характеризующих разрабатываемый объект, и последующую оценку этих комбинаций с точки зрения их выполнимости и эффективности. Весьма важным достоинством

метода является то, что он позволяет построить множество решений поставленной задачи, содержащее подмножества как известных, так и потенциально возможных решений, в том числе и искомых.

Метод морфологического анализа и синтеза фактически стал первым методом системного подхода в области изобретательства. Ф. Цвикки разработал несколько модификаций своего метода. В нашей стране В.М. Одриним и С.С. Картавовым [21] проведен глубокий теоретический анализ метода, сформулированы основные понятия и термины, предложены основные принципы и подходы к анализу и синтезу технических систем при использовании метода морфологического анализа и синтеза.

Процесс решения задачи методом морфологического анализа и синтеза включает в себя следующие этапы:

- постановку задачи;
- составление списка морфологических признаков объекта задачи;
- установление возможных вариантов реализации каждого морфологического признака объекта, заполнение морфологической таблицы;
- определение практически реализуемых на данный момент и приемлемых комбинаций вариантов морфологических признаков;
- выбор наиболее эффективных комбинаций вариантов морфологических признаков их проектно-конструкторскую проработку до уровня технических решений.

1. Постановка задачи

Постановка задачи для ее решения методом морфологического анализа и синтеза практически не отличается от постановки любой задачи по созданию новых и совершенствованию существующих технических объектов (изделия, способа или технологии). Дополнительно в постановке задачи указывается критерий качества, т. е. такой количественный показатель или параметр, по значению которого из альтернативных вариантов технического решения может быть выбран наилучший. За критерий качества обычно принимают наиболее важный для рассматриваемого объекта критерий его эффективности.

В качестве примера, иллюстрирующего потенциальные возможности метода морфологического анализа и синтеза и этапы его применения, рассмотрим задачу поиска новых и совершенствования существующих методов обработки деталей поверхностным пластическим деформированием. Эти методы относятся к тем методам окончательной обработки, которые позволяют обеспечить требуемое качество поверхностного слоя деталей на основе эффекта деформационного упрочнения материала, осуществляемого без стружкообразования.

Учитывая только познавательную и методическую направленность примера, постановку задачи сформулируем в следующем виде.

Постановка задачи. Выявить возможные способы обработки деталей методом поверхностного пластического деформирования (ППД),

обеспечивающие улучшение параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и упрочнение материала поверхностного слоя деталей. Прототипами являются следующие способы:

- раскатывание и обкатывание;
- выглаживание;
- вибрационное накатывание и вибрационное выглаживание;
- поверхностное дорнование;
- дробеструйный наклеп;
- гидродробеструйная обработка;
- ультразвуковая обработка;
- ударное раскатывание;
- центробежная обработка;
- упрочняющая чеканка;
- вибрационная ударная обработка;
- обработка механической щеткой.

2 Составление списка морфологических признаков объекта задачи

Список морфологических признаков во многом определяется постановкой задачи и используемой модификацией метода. Это могут быть конструктивные элементы разрабатываемого объекта или их функции, физико-технические эффекты, лежащие в основе выполнения функций, вид используемой энергии и т. п. В частности, если требуется улучшить известное устройство, то в качестве морфологических признаков могут быть приняты конструктивные элементы прототипа или при использовании модификации метода, основанной на функциональном подходе, - функции этих элементов.

Для выявления, какие именно признаки должны быть включены в морфологический список, проводится анализ существующих образцов технических объектов (прототипов), выполняющих такую же или близкую функцию. Он позволяет установить *общие для всех прототипов признаки* (элементы, характер действия, вид агрегатного состояния отдельных элементов, вид используемой энергии и т. д.) и *варианты их реализации, которые отличают один прототип от другого*. Так, в рассматриваемом примере результаты анализа приведенных в постановке задачи способов обработки деталей методом ППД указывают на наличие следующих морфологических признаков, являющихся общими для всех способов:

- вида энергии, используемой для реализации эффекта деформационного упрочнения;
- способа физического взаимодействия рабочего тела (инструмента) с поверхностью обрабатываемой детали;
- характера взаимодействия рабочего тела с обрабатываемой деталью во времени;
- формы площадки приложения контактной нагрузки;

- вида основного движения рабочего тела;
- вида дополнительного движения рабочего тела;
- вида движения обрабатываемой детали;
- вида физического состояния среды, в которой выполняется ППД.

3. Установление возможных вариантов реализации каждого морфологического признака объекта. Заполнение морфологической таблицы

Альтернативные варианты реализации каждого морфологического признака, прежде всего, устанавливаются на основе анализа существующих образцов технических объектов. Наряду с этим рекомендуется использовать собственные знания и результаты опроса специалистов, справочники и энциклопедии и другие источники (описания изобретений, каталоги выставок и т.д.), содержащие информацию о разрабатываемом объекте. Поиск вариантов реализации морфологических признаков осуществляют также, применяя методы мозговой атаки, контрольных вопросов, эвристических приемов. Это позволяет выявить не только дополнительное множество возможных вариантов реализации морфологических признаков, но и расширить список этих признаков. В частности, приведенные в справочнике данные, свидетельствуют о возможном дополнении приведенного выше списка другими морфологическими признаками, например, геометрической формой рабочего тела, его агрегатным состоянием, физико-химическими воздействиями на обрабатываемую поверхность для интенсификации метода ППД и др.

Морфологические признаки и варианты их реализации систематизируют в виде морфологической таблицы (морфологического ящика). Один из возможных вариантов такой таблицы (применительно к приводимому примеру) представлен в виде табл. 1. Данная таблица не содержит полный список морфологических признаков, характеризующих метод ППД и альтернативных вариантов их реализации. Тем не менее полученное в виде морфологической таблицы поисковое поле содержит более 370 тыс. возможных вариантов технического решения.

Таблица 3 – Морфологическая таблица возможных способов обработки деталей методом ППД

Морфологический признак		Варианты морфологического признака	
А	Вид энергии, используемой для реализации эффекта деформационного упрочнения	A ₁	Механическая
		A ₂	Электрическая
		A ₃	Магнитная
		A ₄	Электромагнитная
		A ₅	Гравитационная
В	Способ физического взаимодействия рабочего	B ₁	Через упругую связь рабочего тела с обрабатываемой

	тела (инструмента) с поверхностью обрабатываемой детали		поверхностью
		B ₂	Через жесткую связь рабочего тела с обрабатываемой поверхностью
		B ₃	Путем удара рабочего тела
		B ₄	Гравитационным полем множества рабочих тел
		B ₅	Электрогидравлическим ударом
C	Характер взаимодействия рабочего тела с обрабатываемой деталью во времени	C ₁	Непрерывный
		C ₂	Импульсный
		C ₃	Переменный по величине
D	Форма площадки приложения контактной нагрузки на обрабатываемую поверхность	D ₁	Прямолинейная (полосовая)
		D ₂	Круговая
		D ₃	Эллиптическая
		D ₄	Каплевидная
		D ₅	Форма внутренней поверхности или наружной поверхности детали
E	Вид основного движения рабочего тела	E ₁	Поступательное
		E ₂	Вращательное
		E ₃	Поступательное и вращательное
		E ₄	Низкочастотные колебания в одном направлении
		E ₅	Низкочастотные колебания в двух направлениях
		E ₆	Низкочастотные колебания в трех направлениях
		E ₇	Планетарное
		E ₈	Планетарное и поступательное
		E ₉	Нет движения
F	Вид дополнительного движения рабочего тела	F ₁	Низкочастотные колебания в плоскости площадки приложения контактной нагрузки
		F ₂	Низкочастотные колебания перпендикулярно к площадке приложения контактной нагрузки
		F ₃	Ультразвуковые колебания
		F ₄	Нет движения
G	Вид движения	G ₁	Поступательное

	обрабатываемой детали	G ₂	Вращательное
		G ₃	Поступательное и вращательное
		G ₄	Низкочастотные колебания в одном направлении
		G ₅	Низкочастотные колебания в двух направлениях
		G ₆	Низкочастотные колебания в трех направлениях
		G ₇	Планетарное
Н	Вид физического состояния среды, в которой выполняется ППД	H ₁	Газообразная
		H ₂	Жидкая
		H ₃	Вязкая
		H ₄	Смесь твердых тел (гранулы, шары, дробь и т.п.)

Число возможных вариантов технического решения на основе морфологической таблицы определяется по формуле

$$N = \prod_{i=1}^m n_i$$

где n_i - число альтернативных вариантов i -го морфологического признака;

m - количество морфологических признаков в таблице.

Число возможных вариантов технического решения по данным табл. 1

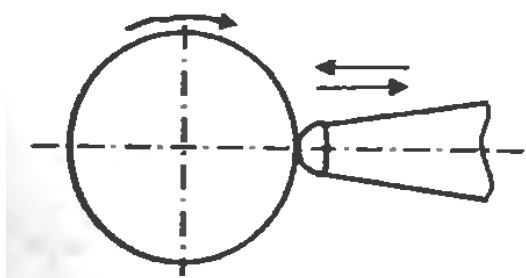
$$N = 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 4 = 378000.$$

Это поисковое поле позволяет даже при относительно небольшом объеме знаний о способах осуществления метода ППД синтезировать различные кинематические схемы технического решения, соответствующие той или иной комбинации вариантов морфологических признаков.

На рис. 1 в качестве примера приведены схемы некоторых комбинаций вариантов морфологических признаков:

$$TP = [A_i, B_j, C_k, \dots, H_p]$$

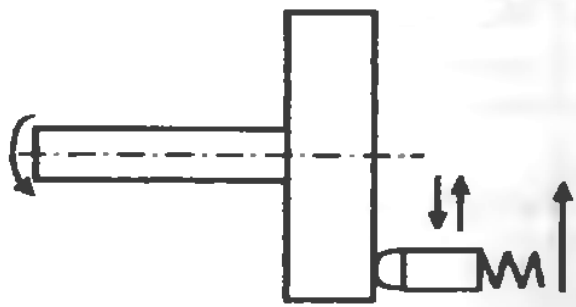
$$TP = [A_2; B_3; C_2; D_3; E_1; F_2; G_2; H_1]$$



а)

$$TP = [A_2; B_3; C_2; D_4; E_1; F_2; G_2; H_1]$$

$$TP = [A_2; B_3; C_2; D_3; E_1; F_2; G_3; H_1]$$



б)

$$TP = [A_2; B_3; C_2; D_3; E_1; F_2; G_3; H_1]$$

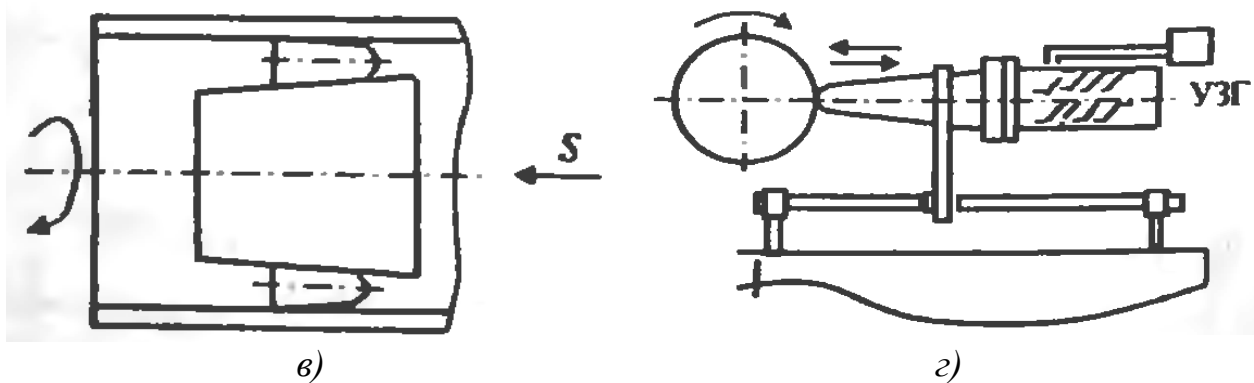


Рисунок 1 - Схемы вариантов реализации метода ППД

Эти схемы реализованы в таких известных способах обработки деталей методом ППД, как ударная чеканка (рис. 1, а), вибровыглаживание (рис. 1, б), раскатывание роликами (рис. 1, в) и ультразвуковая обработка (рис. 1, г).

4. Определение приемлемых и реализуемых комбинаций вариантов морфологических признаков

Следует заметить, что до выполнения данного этапа не ставился вопрос о практической осуществимости и ценности той или иной комбинации вариантов морфологических признаков. Например, в табл. 1 комбинация

$$TP = \{A_1; B_1; C_1; D_1; E_9; F_4; G_7; H_1\}$$

содержит способ улучшения качества поверхности путем непрерывного приложения (C_1) в газообразной среде (H_1) контактной нагрузки на прямоугольной площадке (D_1) обрабатываемой поверхности с использованием механической энергии (A_1) при наличии упругой связи между инструментом и деталью (B_1) в условиях отсутствия основного (E_9) и дополнительного (F_4) движений инструмента и движения детали (G_7). Однако такой способ не позволяет улучшить качество всей подлежащей обработке поверхности, если ее площадь больше площади площадки приложения контактной нагрузки. Является очевидным, что морфологическая таблица содержит множество и других комбинаций, которые также не обеспечивают повышение качества обрабатываемой поверхности. Вместе с тем не рекомендуется проводить оценку того или иного получаемого варианта решения до завершения составления таблицы, так как преждевременная оценка вариантов может нанести ущерб беспристрастному применению морфологического анализа.

Определение функциональной ценности всех полученных комбинаций - наиболее ответственный этап решения задачи методом морфологического анализа и синтеза. Должны быть рассмотрены все N вариантов решения, вытекающих из структуры морфологической таблицы, и проведено их сравнение по одному или нескольким выбранным критериям эффективности разрабатываемого объекта.

Основная сложность выполнения этапа оценки обусловлена большим числом комбинаций искомого решения. В работе предлагается прежде всего

уменьшить число комбинаций до некоторого обозримого числа $N_{об}$ для относительно простых технических объектов, для которых сравнение двух любых вариантов решения занимает по времени не более 10 с, принимают $N_{об} = 10000$. Для сложных объектов $N_{об} = 1000$. Для получения $N < N_{об}$ осуществляют сравнительный анализ альтернативных вариантов реализации каждого морфологического признака по степени удовлетворения ими основных требований, по степени снижения недостатков прототипа и улучшения его критериев эффективности и по другим параметрам. Это позволяет выявить наихудшие альтернативные варианты морфологических признаков, которые исключают из таблицы. При этом возможны ситуации исключения и отдельных морфологических признаков.

Сокращение числа альтернативных вариантов морфологических признаков табл. 1. Результаты сопоставления альтернативных вариантов признака *A* позволяют исключить из дальнейшего рассмотрения варианты использования магнитной и гравитационной энергии, поскольку следует ожидать, что устройства для реализации способа ППД за счет этих видов энергии будут весьма громоздкими.

Признак В. Исключаем вариант взаимодействия рабочего тела (инструмента) с поверхностью обрабатываемой детали через жесткую связь, так как такая связь используется, главным образом, для уменьшения в определенной степени волнистости поверхности и требует отсутствия биения обрабатываемой поверхности относительно инструмента.

Признак С. Исключаем вариант применения переменной по величине контактной нагрузки, так как это частный вариант действия непрерывной во времени нагрузки.

Признак D. Этот признак характеризует размер поверхности, на которой действует контактная нагрузка в рассматриваемый момент времени (на локальной или сразу на всей обрабатываемой поверхности), и геометрическую форму локальной области приложения нагрузки. Форма области зависит от геометрической формы рабочей поверхности инструмента (сферическая, цилиндрическая, конусная и т. п.) и не определяет сам способ ППД. Поэтому целесообразно этот признак исключить и заменить его признаком «Область приложения контактной нагрузки» С вариантами: «Локальная» и «На всей обрабатываемой поверхности».

Признак E. Исключаем варианты E_4, E_5, E_6, E_8 , поскольку аналогичные варианты присутствуют в признаке F как варианты F_1, F_2 , а также как вариант G_1 .

Признак F. Варианты признака сохраняем в таблице.

Признак G. Исключаем варианты G_3, G_4, G_5, G_6 .

Признак H. Исключаем вариант H_3 .

В результате произведенных сокращений получим варианты реализации морфологических признаков, приведенные в табл. 2. Общее число комбинаций этих вариантов

$$N = 3 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3 = 8640.$$

Таблица 2 - Морфологическая таблица возможных способов обработки деталей методом ППД после сокращения альтернативных вариантов

Морфологический признак		Варианты морфологического признака	
А	Вид энергии, используемой для реализации эффекта деформационного упрочнения	A ₁	Механическая
		A ₂	Электрическая
		A ₃	Электромагнитная
В	Способ физического взаимодействия рабочего тела (инструмента) с поверхностью обрабатываемой детали	B ₁	Через упругую связь рабочего тела с обрабатываемой поверхностью
		B ₂	Путем удара рабочего тела
		B ₃	Гравитационным полем множества рабочих тел
		B ₄	Электрогидравлическим ударом
С	Характер взаимодействия рабочего тела с обрабатываемой деталью во времени	C ₁	Непрерывный
		C ₂	Импульсный
D	Область приложения контактной нагрузки	D ₁	Локальная
		D ₂	По всей обрабатываемой поверхности
Е	Вид основного движения рабочего тела	E ₁	Поступательное
		E ₂	Вращательное
		E ₃	Поступательное и вращательное
		E ₄	Планетарное
		E ₅	Нет движения
F	Вид дополнительного движения рабочего тела	F ₁	Низкочастотные колебания в плоскости площадки приложения контактной нагрузки
		F ₂	Низкочастотные колебания перпендикулярно к площадке приложения контактной нагрузки
		F ₃	Ультразвуковые колебания
		F ₄	Нет движения
G	Вид движения обрабатываемой детали	G ₁	Поступательное
		G ₂	Вращательное
		G ₃	Нет движения
Н	Вид физического состояния	H ₁	Газообразная

	среды, в которой выполняется ППД	H ₂	Жидкая
		H ₃	Смесь твердых тел (гранулы, шары, дробь и т.п.)

Сокращение множества возможных вариантов технического решения путем исключения наихудших неполных комбинаций. В полученной таблице, имеющей $N < N_{об}$, последовательно составляя сочетания вариантов морфологических признаков, можно синтезировать технические решения и сравнивать их между собой для выбора наилучших. Однако такой подход является весьма сложной процедурой, так как требует представления идеи технического решения, содержащей всю совокупность морфологических признаков, имеющих те или иные варианты их реализации. Выбор наилучшей комбинации можно упростить путем последовательного сопоставления неполных альтернативных комбинаций, состоящих из сочетаний вариантов реализации вначале двух морфологических признаков, затем трех, четырех и т.д. В результате исключения нереализуемых или несовместимых комбинаций, а также комбинаций, в наименьшей степени удовлетворяющих поставленным целям создания нового технического объекта, выбирают 3...5 наиболее эффективных вариантов технического решения для дальнейшей проработки. Достаточно полно методика сокращения множества возможных вариантов технического решения изложена в работе. В рассматриваемом примере одной из перспективных является комбинация $TP = [A_1; B_1; C_1; D_1; E_3; F_4; G_2; H_2]$ (рисунок 2).

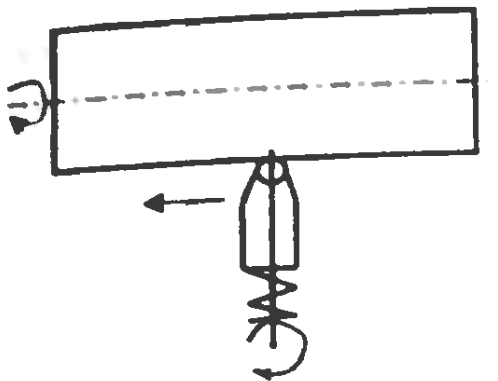


Рисунок 2 – Кинематическая схема решения
 $TP = [A_1; B_1; C_1; D_1; E_3; F_4; G_2; H_2]$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

Тема:

РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ

Цель работы: приобретение навыков решения научных творческих задач методом автоматизированного синтеза физических принципов действия

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой решения творческих научных задач методом автоматизированного синтеза физических принципов действия;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Алгоритм решения изобретательских задач

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) как метод поиска новых решений при усовершенствовании существующих или создании новых технических объектов разработан нашим соотечественником - инженером и изобретателем Г.С. Альтшуллером в 1947 Г. К настоящему времени имеется ряд модифицированных версий этого алгоритма последняя из которых называется АРИЗ - 85 В.

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) – комплексная программа, основанная на законах развития технических систем и органично сочетающая в себе алгоритмический подход и эвристический характер поиска решения задачи. Эта программа позволяет последовательно, шаг за

шагом, переходить от описания проблемной ситуации к четко построенной и предельно простой модели задачи, затем от образа идеального объекта (устройства, процесса и т.п.) к задаче разрешения физического противоречия и далее к идее технического решения. Графическое отображение АРИЗ приведено на рисунке 1 в виде последовательности блоков, каждый из которых представляет соответствующий укрупненный этап действий разработчика технического объекта.

Первый этап – этап изучения проблемной ситуации, формулирования исходной задачи в общем виде.

На **втором** этапе осуществляется анализ исходной задачи, направленный на конкретизацию цели, которую необходимо достичь, условий достижения цели и требований, которым должен удовлетворять результат решения задачи. Прежде всего, выполняют постановку мини-задачи. В ней четко обозначают технический объект, его функцию (назначение), его основные элементы, требования к объекту и его недостатки, *сформулированные в виде технически противоречий*, и результат, который необходимо получить. При этом условия мини-задачи излагают без применения специальных терминов, заменяя их нейтральными терминами (подобно «иксу», «игреку» в математике), для уменьшения психологической инерции человека, подталкивающей его к использованию существующих технических решений.

Выполнение второго этапа завершается построением модели задачи. Она представляет собой конфликтующую пару: *изделие* (элемент, который надо обработать - изменить, переместить, измерить и т. д.) и *инструмент* который непосредственно взаимодействует с изделием, преобразуя его (пламя горелки, фреза и т.д.). И *связь между ними*. Связи в модели отражают характер взаимодействия инструмента и изделия: полезный, вредный сопряженный (полезный и вредный), несовместимый, нерегулируемый, вызывающий усложнение системы и т.д.

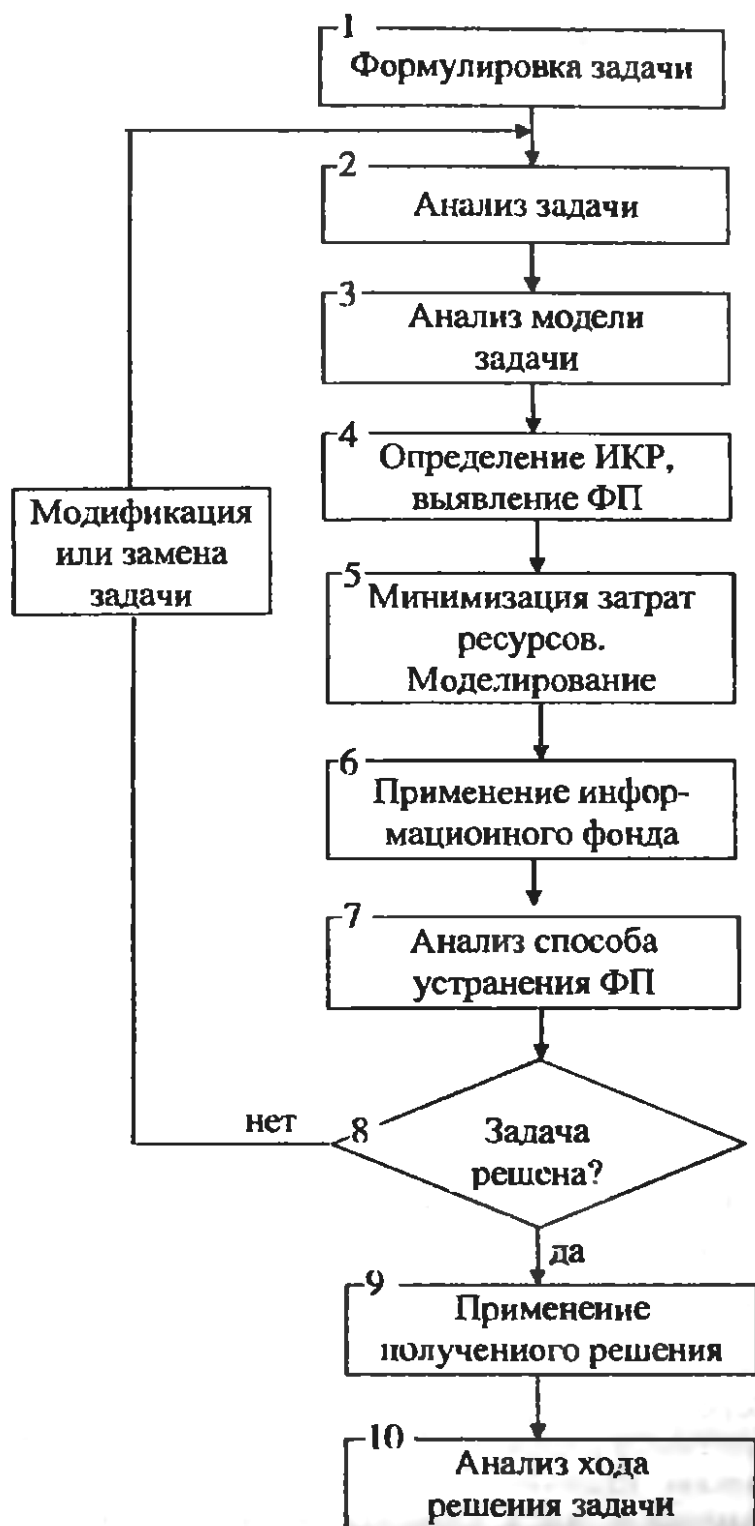


Рисунок 1 – Структура алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ)

Построение модели задачи имеет весьма важное значение, поскольку на этом шаге второго этапа АРИЗ определяются из всех элементов системы те два ее элемента, между которыми происходит конфликт (техническое противоречие), что позволяет сосредоточить все внимание при поиске решения именно на этих элементах. Кроме того, с помощью приведенных в модели связей между элементами конфликтующей пары раскрывается

сущность технического противоречия и конкретизируется цель (какое вредное действие надо устранить, какое действие сделать постоянным и т. п.).

Действия **третьего** этапа направлены на выявление ресурсов пространства, времени, вещества и полей, которые могут быть использованы при решении задачи. В качестве ресурсов рассматриваются элементы самой улучшаемой системы, объекты окружающей среды, свойства этих элементов и объектов, физические «фоновые» поля (гравитационное, магнитное, тепловое, звуковое и т. п.), отходы функционирования других технических систем и др.

На **четвертом** этапе определяется «маяк» направления поиска наиболее сильного решения в виде образа *идеального решения*. Образ идеального решения формулируется в виде задания какому-либо элементу тех действий, функций или свойств, которые обеспечивают нужный результат (устраняют вредное действие, устраняют несовместимость двух и более полезных действий и т. д.), не вызывая ухудшение каких-либо других качеств объекта. В качестве элемента, которому приписывают нужные действия, функции или свойства, могут быть выбраны элементы конфликтующей пары или другие элементы рассматриваемой системы, известные и неизвестные (икс-элементы) объекты внешней среды. При этом возникает ситуация, когда необходимо, чтобы один и тот же элемент выполнял два противоположных по характеру действия (совершал перемещение и оставался неподвижным, нагревался и остывал и т.п.) или обладал противоположными свойствами (был твердым и мягким, холодным и горячим и т.п.). Требование совмещения двух противоположных качеств в одном элементе представляет собой форму проявления физического противоречия (ФП). Это координально изменяет постановку исходной задачи, переводя ее в **физическую** задачу, направленную на поиск идеи разрешения физического противоречия, решение которой ищется на уровне свойств и эффектов (геометрических, физических, химических).

На **пятом** и **шестом** этапах осуществляется поиск идей разрешения физического противоречия за счет минимизации затрат энергетических, информационных и вещественных ресурсов. путем применения метода моделирования. использования банков физических, химических, геометрических эффектов, типовых приемов и стандартов.

На **седьмом** и **восьмом** этапах производится анализ качества найденного способа устранения физического противоречия. Если получено слабое решение или найденная идея не приводит к решению задачи, то возвращаются к повторному выполнению этапа 2. При этом осуществляется модификация или замена задачи.

В случае получения хорошей идеи переходят от решения задачи на физическом уровне к техническому решению, в котором описывается способ и дается принципиальная схема устройства реализующего этот способ.

Выполнение **девятого** и **десятого** этапов связано с изучением возможности использования полученной идеи для решения других

технических задач, а также пополнения информационного фонда АРИЗ (стандартов, приемов, физических эффектов).

Алгоритм решения изобретательских задач составил основу семейства интеллектуальных систем «Изобретающая машина», разработанных Научно-исследовательской лаборатории изобретающих машин (НАЛИМ) г. Минска. Это семейство включает в себя три системы; ИМ-Приемы (ИМ-П). ИМ-Стандарты (ИМ-С) и ИМ-Эффекты (ИМ-Э). Система ИМ-П предназначена для поиска идей решения задач на основе приемов, устраняющих технические противоречия. Система ИМ-С позволяет выполнить синтез и преобразование структуры технических систем путем использования банка изобретательских стандартов. Система ИМ-Э оказывает интеллектуальную поддержку при поиске идей решения задачи на основе применения наиболее оптимального физического, химического или геометрического эффекта.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ

Основу системы автоматизированного синтеза физических принципов действия (ФПД), предложенной А.И. Половинкиным, составляет база данных о физико-технических эффектах (ФТЭ), в которой каждый ФТЭ имеет трехуровневое описание.

На первом уровне дается краткое качественное описание ФТЭ, в котором приводится наименование эффекта, его сущность и информация о физическом воздействии (вход), объекте воздействия и результате (эффекте) физического воздействия (выход). Информация о физическом воздействии на объект содержит наименование входных потоков энергии, вещества или информации (магнитная энергия, электромагнитное излучение, гравитационное поле и т.д.) и их характеристики (магнитная индукция, излучение, напряженность, температура, скорость и т.п.). В информации об объектах воздействия указываются конкретные физические объекты: (твердое тело, жидкость), газ, металл, полупроводник, ферромагнетики и др., а также состояние объектов воздействия (движущееся, погруженное в жидкость), при котором проявляется данный ФТЭ. Для выходных потоков приводятся их наименования, их параметры и характер проявления этих потоков или изменения их параметров (видимое, ультрафиолетовое, уменьшение, скачкообразный и т.п.).

На втором уровне описание ФТЭ дополняется его математической моделью, отражающей связь между входными и выходными потоками вещества, энергии или информации, условиями возникновения и протекания ФТЭ и конкретными примерами применения ФТЭ в технике.

На третьем уровне описание ФТЭ наряду с информацией второго уровня содержит сущность имеющегося обратного ФТЭ и полезную дополнительную информацию, в том числе список литературы, в которой дано подробное описание ФТЭ.

Поиск физического принципа действия с помощью системы автоматизированного синтеза физических принципов действия предусматривает осуществление следующих этапов:

1. *Постановка задачи*, в которой приводятся физические операции реализации разрабатываемым объектом заданной технической функции.

2. *Синтез возможных ФПД*. На этом этапе осуществляется поиск физико-технических эффектов из банка ФТЭ, удовлетворяющих условиям их совместимости при выполнении требуемых физических операций элементами разрабатываемого технического объекта.

3. *Выбор наиболее эффективных ФПД*.

4. *Разработка принципиальной схемы ФПД*. На этом этапе выбираются или эскизно отображаются конструктивные элементы, реализующие соответствующие ФТЭ, определяется их взаимное расположение и компоновка. Описывается принцип работы полученного устройства (принципиальной схемы), где указывается:

- какие потоки вещества, энергии или информации проходят через конструктивные элементы;
- под действием каких ФТЭ и с помощью каких конструктивных элементов происходит преобразование этих потоков.

Автоматизированная система синтеза ФПД имеет два варианта: учебный и промышленный. Учебный вариант системы предназначен для разработки относительно простых технических объектов, функционирование которых основано на использовании нескольких ФТЭ, и имеет базу, содержащую около 200 ФТЭ, на первом и втором уровнях описания. Промышленный вариант применяется для разработки сложных объектов, в которых используются десятки ФТЭ, и имеет развитую систему математического моделирования и оценки эффективности новых ФПД.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

Тема: Заполнение паспорта проекта

Цель работы: приобретение навыков заполнения паспорта проекта

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой заполнения паспорта проекта;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

Работа над паспортом проекта состоит из следующих шагов:

1. Проблема (которую хочется решать с помощью проекта)
2. Пользователи / пользовательские сегменты
3. Решение (или гипотеза о решении)

Рекомендуем выполнять её именно в этой последовательности. Ниже мы даём пошаговые инструкции, как заполнять каждый из пунктов паспорта проекта.

1. Проблема: что это такое?

Всякая проблема на самом деле — это ситуация, в которую вовлечены несколько сторон. У каждой проблемы есть свои интересы и цели (возможно противоречащие друг другу), и каждая из которых в какой-то степени недовольна складывающимся положением.

Но проблемная ситуация потому и проблемна, что стороны почему-то сами не могут договориться и распутать узел своих конфликтующих интересов, иначе она бы разрешилась сама собой.

Наша **задача-минимум** на этом такте — описать проблемную ситуацию с точки зрения какой-то из сторон, которую мы будем считать своим основным пользователем.

На чуть более сложном уровне — мы описываем проблему с точки зрения разных вовлеченных сторон.

И **программа-максимум** — это докопаться до корня проблемы и ответить на вопрос — почему вовлеченные стороны не могут сами разрешить проблемную ситуацию, в которую попали.

Шаблон формулирования проблемы: Наш **<пользователь>**, **хочет <достигать какую-то цель>**, (одну или несколько) но **не может**, потому что ему **мешает <какой-то барьер>**, (один или несколько) а **<существующие решения>** (одно или несколько) **имеют какие-то <недостатки>** (скорее всего много). А какие-то **<другие стороны>** **хотят <своих целей>** и они **<как-то конфликтуют>** с целями нашего пользователя

Пример проблемной ситуации «трамвайная остановка»:

Наш пользователь, **<пассажир трамвая>**,

хочет <выходить из трамвая не опасаясь за свою безопасность>,

но не может, потому что

ему **мешает <то, что машины едут по проезжей части прямо возле трамвая, не давая пройти; или останавливаются прямо возле дверей трамвая, заслоняя проход; а иногда проезжают на скорости, угрожая сбить выходящих людей>**,

а **<существующие решения, такие как правила дорожного движения, предписывающие водителям останавливаться и пропускать пешеходов>**

имеют <существенный недостаток: водители зачастую игнорируют эти правила>.

А **<водители автомобилей>**, в свою очередь

хотят <беспрепятственно ехать к своей цели, не останавливаясь для пропуска пешеходов>

и это противоречит основной цели нашего пользователя, потому что **<водители и пассажиры/пешеходы вынуждены делить одно и то же пространство проезжей части>**.

Если вы хотите выполнить **продвинутую программу** — распишите проблему со стороны других вовлеченных сторон, по такому же шаблону («Наш пользователь, водитель, хочет спокойно ехать по своим делам, но не может, потому что все время под колеса вываливаются пассажиры трамваев...»; «Наш пользователь, машинист трамвая, хочет спокойно вести трамвай по графику, вовремя прибывать на остановки, но не может, потому что пассажиры медленно выходят из трамвая и садятся в трамвай, потому что их проходу мешают машины, которые скапливаются около трамвая на остановке»; и так далее).

Если хотите выполнить **программу-максимум**, попробуйте в команде использовать «Метод пяти “почему?”»: задайте вопрос «почему водители и пассажиры трамваев конфликтуют за проезжую часть», после чего выпишите

полученные ответы и задайте вопрос «Почему это происходит» уже к ним. Этот процесс можно повторить до пяти раз, углубляясь во всё более глубокие причины.

Это самый простой из методов анализа корневых причин, который не всегда даёт лучший результат. Есть и более продвинутые и результативные методы (Деревья текущей реальности Голдратта, диаграммы Исикавы и др.), но они потребуют значительно большего времени на работу.

2. Пользователи и другие вовлеченные стороны

Вовлеченные стороны — это те, на кого влияет проблемная ситуация, или кто как-либо влияет на проект. В принципе, если достаточно подробно пройдена стадия работы с проблемой, многих, если не всех из них вы уже выявили. Иногда вовлеченные стороны называют стейкхолдерами.

Зачем их искать? Это необходимо, чтобы максимально учесть требования к решению, чтобы оно стало и правда реалистичным, встраивающимся в реальную жизнь реальных людей.

Как и в случае с поиском корневых причин, процесс стейкхолдер-анализа можно делать с помощью инструментов различной степени результативности и глубины проработки. В рамках нашей работы, мы предлагаем просто выписать таблицу стейкхолдеров, следующего вида:

У кого проблемы? Кто чего хочет? (поиск пересечений, что к чему как относится)

Машинист	Не отставать от расписания
Водители	Проехать
Пассажир	Безопасно выйти

Задание №1

1. Изучить порядок разработки паспорта проекта.
2. Составить паспорт проекта для актуальной проблемы по выбору студента (желательно в рамках будущей профессиональной деятельности).
3. Паспорт проекта включите в отчет.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

Тема:

Построение причинно-следственной диаграммы Исикавы

Цель работы: приобретение навыков построения диаграммы Исикавы

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой построения диаграммы Исикавы;
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

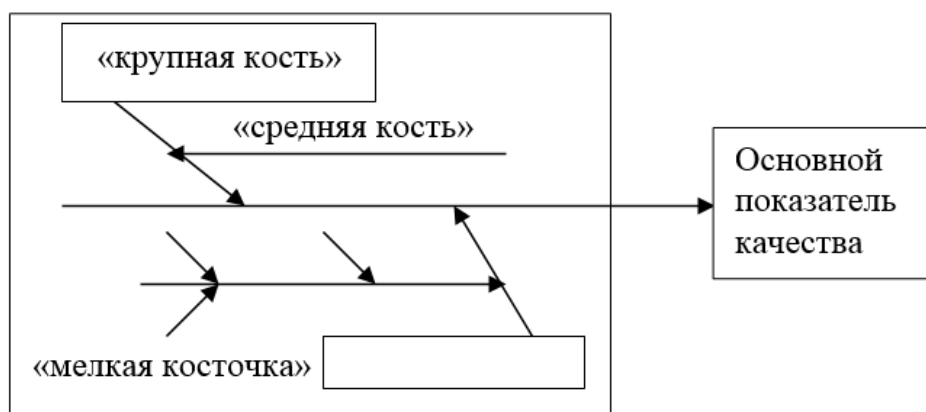
ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА ИСИКАВЫ.

При определении факторов, влияющих на какой-либо показатель качества, часто применяются причинно-следственные диаграммы Исикавы. Метод был предложен Каору Исикавой в 1953 году для выявления причин нарушения технологического процесса в тех случаях, когда очевидные его нарушения трудно обнаружить.

Диаграммы строят, соблюдая следующие условия:

- 1) диаграмму строит группа неруководящих работников;
- 2) применяется принцип анонимности высказываний;
- 3) на экспертизу выделяется ограниченное время;
- 4) найденное решение должно вознаграждаться.

Диаграмма Исикавы внешне напоминает рыбий скелет, поэтому ее часто так и называют (рис. 1).



Причины

Следствие

Рисунок 1 - Схема диаграммы Исикавы

Диаграмма Исикавы позволяет выявить причины дефектов и сосредоточиться на устранении этих причин. При этом анализируются четыре основных причинных фактора: человек, машина (оборудование), материал и метод работ.

При анализе факторов выявляются вторичные, а может быть и третичные причины, приводящие к дефектам и подлежащие устранению. Поэтому для анализа дефектов и построения диаграммы необходимо определить максимальное число причин, которые могут иметь отношение к допущенным дефектам.

В сфере производства продукции действует «принцип 5М», т. е. в качестве «крупных» выступают следующие пять «костей» (рис. 2).

Диаграмма выявляет отношение между показателями и воздействующими на них факторами. Сначала формулируется проблема или дефект качества. Это «голова рыбы». Четыре основных фактора анализа - это «большие кости скелета». Для каждого фактора на диаграмму наносят вероятные причины дефектов - это «ребра», т.е. «средние» и «мелкие кости рыбьего скелета».

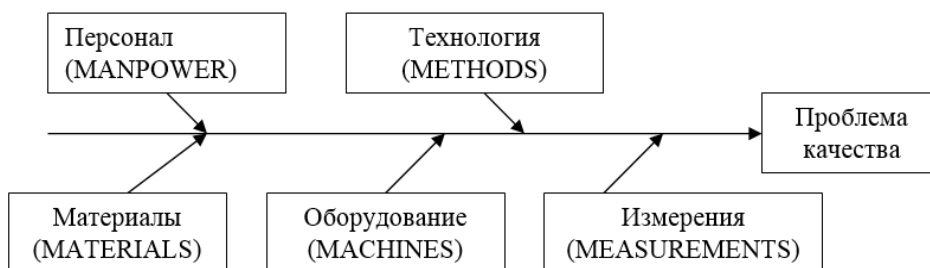


Рисунок 2 - Принцип 5М – в сфере производства

Построение диаграмм включает следующие этапы:

Этап 1. Определяется показатель качества, т.е. тот результат, которого нужно достичь (или формулируется решаемая проблема, объект анализа).

Этап 2. Выбранный показатель качества помещается в середине правого края чистого листа бумаги. Слева направо проводится прямая линия («хребет»), а показатель заключается в прямоугольник. Далее пишутся главные причины, которые влияют на показатель качества. Они заключаются в прямоугольники и соединяются с «хребтом» стрелками в виде «больших костей хребта» (главных причин).



Рисунок 3 - Общая схема диаграммы Исикавы «4М»

Этап 3. Пишутся (вторичные) причины, влияющие на главные причины («большие кости»). Они располагаются в виде «средних костей», примыкающих к «большим». Записываются причины третичного порядка, которые влияют на вторичные причины. Их располагают в виде «мелких костей», примыкающих к «средним».

Этап 4. Причины (факторы) ранжируются по их значимости, используя для этого диаграмму Парето. Выделяются особо важные причины, которые предположительно оказывают наибольшее влияние на показатель качества.

Этап 5. На диаграмму наносится вся необходимая информация: название; наименование изделия, процесса или группы процессов; имена участников процесса; дата и т.д.

Принцип построения диаграммы показан на рис. 4.

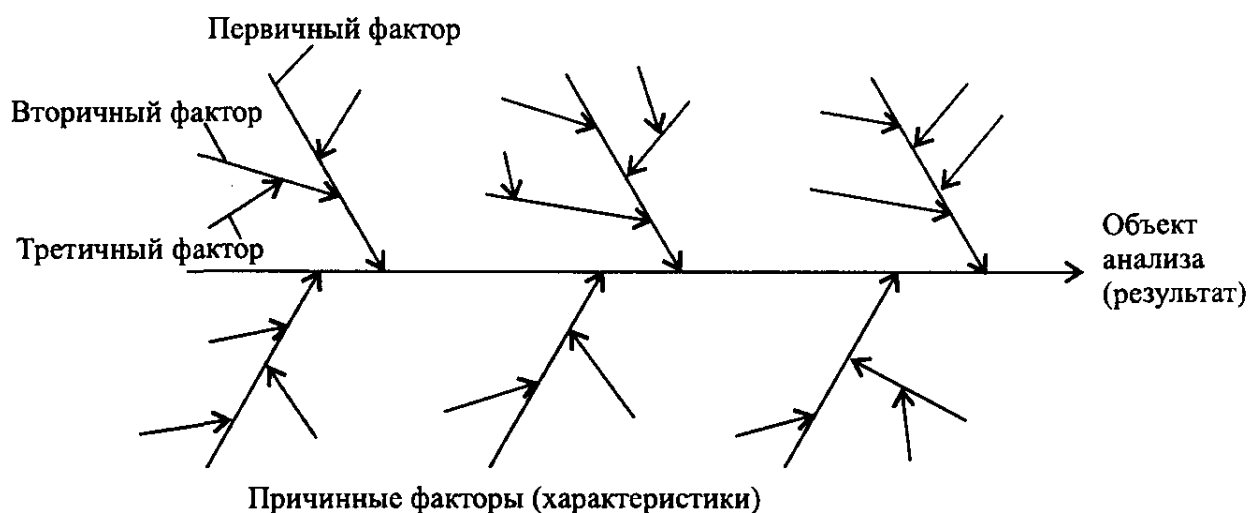


Рисунок 4 - Принцип построения диаграммы Исикавы

«5 почему» – метод обсуждения проблемной ситуации, позволяющий добраться до первоисточника с помощью последовательных ответов на вопрос «Почему?» Он получил свою популярность благодаря компании «Тойота», являющейся образцово-показательной в применении принципов бережливого производства.

Быстрое решение возникшей проблемы может быть удобным, однако оно не гарантирует защиты от повторения подобных ошибок. Вот почему так важно сосредоточиться на поиске первопричины для предотвращения данных инцидентов в дальнейшем.

ЗАДАНИЕ №2

1. Изучить особенности построения диаграммы Исикавы
2. Построить причинно-следственную диаграмму Исикавы для проблемы, выбранной и рассматриваемой в 1 задании.
3. Раскройте одну или несколько первопричин рассматриваемой проблемы с помощью метода «5 почему?».
4. Результаты работы включите в отчет.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

Тема:

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ (МЕНТАЛЬНЫХ КАРТ)

Цель работы: приобретение навыков построения интеллект-карт (ментальных карт).

Формируемые компетенции: УК-2, УК-3, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9

Порядок работы:

- ознакомление с теоретическими основами и методикой построения интеллект-карт (ментальных карт);
- формулировка (самостоятельно или с помощью преподавателя) научной задачи, из области будущей профессиональной деятельности, решение которой является актуальным вопросом в настоящее время;
- решение поставленной творческой задачи в соответствии с изложенной методикой;
- составление отчета о результатах выполнения практической работы.

Содержание отчета: указать цель занятия, краткое содержание основной части, ход решения поставленной задачи и формулировка выводов.

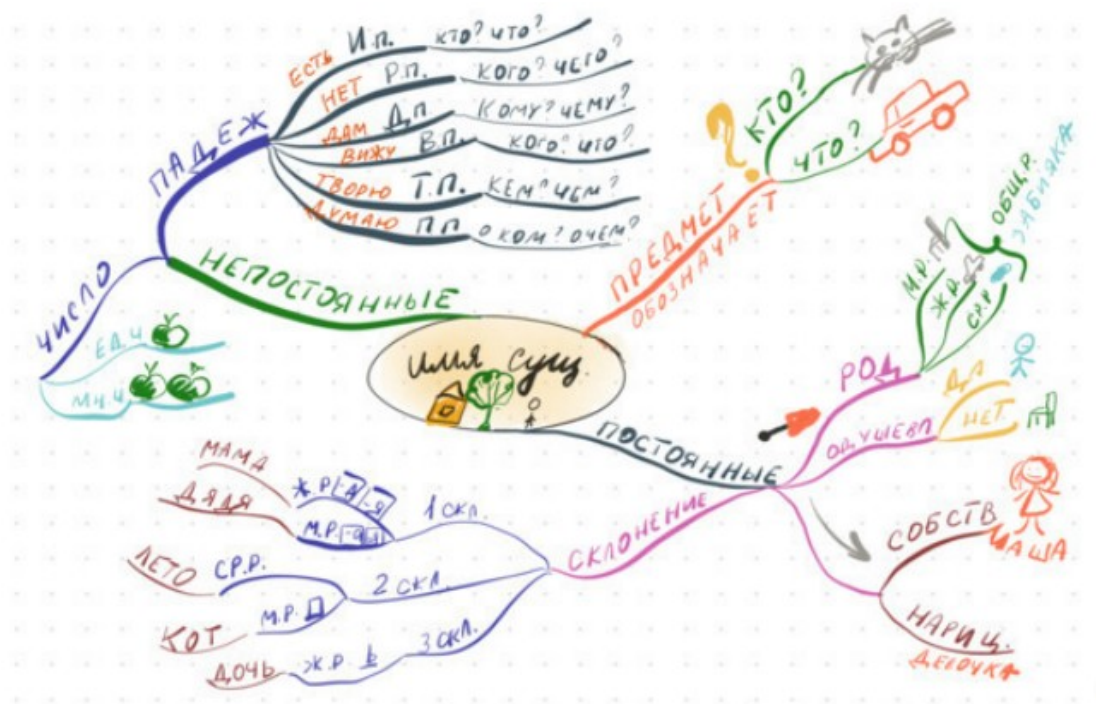
5 ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ (МЕНТАЛЬНЫХ КАРТ)

Интеллект-карта (mind map, известная также как майнд-карта, карта мыслей и ментальная карта) – это аналитический инструмент, который используют, если необходимо найти максимально эффективное решение задачи. Применять интеллект-карты можно с самыми разными целями: чтобы генерировать идеи, готовиться к презентациям, организовывать и проводить различные мероприятия, конспектировать лекции, запоминать большие объемы информации, планировать рабочий день, ход работы над проектом или свободное время и многое, многое другое.

Интеллект-карты - это удобная техника для представления процесса мышления или структурирования информации в визуальной форме. Цели создания карт могут быть самыми различными: прояснение для себя какого-то вопроса, сбор информации, принятие решения, запоминание сложного материала, передача знаний ученикам или коллегам и еще множество других.

Конспект «Интеллект-карта» Это большая и простая система ведения конспектов, при которой нужно записать слово, фразу или основную идею в любом месте на странице. По принципу лучиков солнышка вокруг идеи рисовать лучики, заполняя и разворачивая карту. Конспект выглядит словно карта, так как многие идеи связаны друг с другом. И когда вы будете

рассматривать свои записи, то легко увидите, как основная идея приводит к подтемам, а затем к деталям, которые поддерживают подтемы.



Идеально подходит для конспектирования и создания карт:

- решения проблемы (шаги, детали);
- планирования (дня, недели, месяца, года);
- подготовки выступления;
- самопрезентации;
- планирования отпуска;
- определения сбора вещей;
- для выбора иностранных слов для путешествия;
- мозгового штурма; – написания сочинений и изложений;
- алгоритм подготовки к урокам, отхода ко сну, уборки в комнате;
- с помощью нее можно разложить по полочкам трудный материал.

Этапы создания интеллект-карты

У хорошей интеллект-карты три основные составляющие.

1. Центральный образ, передающий тему (предмет) изучения. Так, если интеллект-карта нужна вам для планирования проекта, в центр можно поместить изображение канцелярской папки. При этом от вас не требуется особых художественных навыков.

2. Толстые основные ветви, отходящие от центрального изображения. Эти ветви представляют ключевые темы, относящиеся к предмету изучения. Каждая из ветвей должна иметь свой цвет. В свою очередь, основные ветви делятся на «побеги» второго и третьего уровня, которые представляют подтемы.

3. Единственное ключевое слово или изображение на каждой ветви.

ШАГ 1

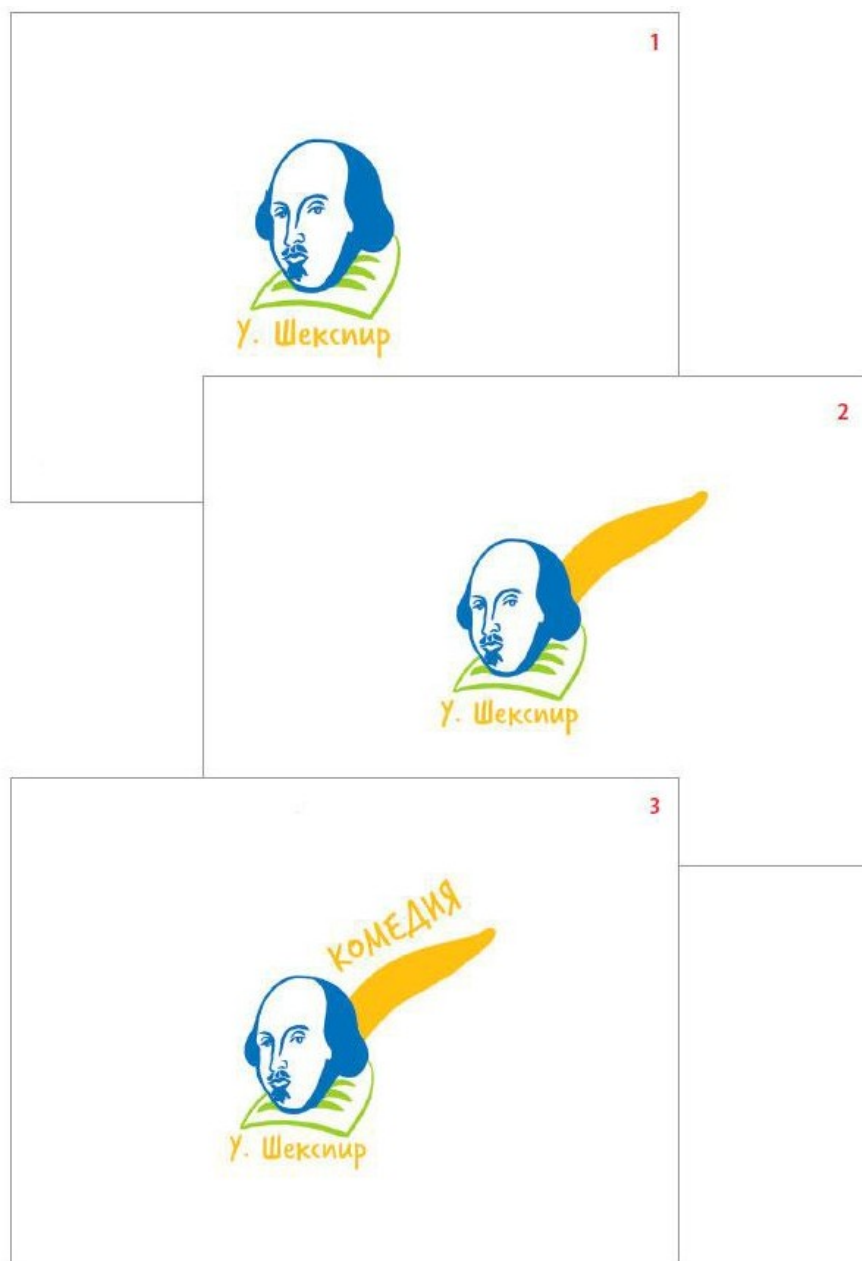
Разместите лист бумаги перед собой горизонтально (как если бы вы решили нарисовать пейзаж). В центре с помощью хотя бы трех разных цветов изобразите предмет, который вы хотите изучить. В нашем примере это пьесы Уильяма Шекспира. Если не хотите рисовать портрет великого поэта, нарисуйте перо с чернилами или любой другой символ. Центральный образ стимулирует воображение и вызовет ассоциации. Если в центр нужно поместить слово, пусть оно выглядит объемно и сопровождается изображением.

ШАГ 2

Выберите цвет и нарисуйте толстую ветвь, отходящую от центрального изображения, как ветка от ствола дерева. Это можно сделать, нарисовав две линии и затем соединив их в одной точке. Придайте ветви естественный изгиб, так как визуально это более привлекательно для мозга и повысит вероятность запоминания информации на этой ветви. Закрасьте ветвь. Ее толщина символизирует важность этой ассоциации в иерархии интеллект-карты.

ШАГ 3

Подпишите ветвь одним словом или заглавной буквой. В нашем примере интеллект-карта посвящена пьесам Шекспира, а значит, первую ветвь можно назвать «КОМЕДИЯ», «ТРАГЕДИЯ» или «ИСТОРИЯ». Вместо слова можно нарисовать маску комедианта, кинжал или корону.



ШАГ 4

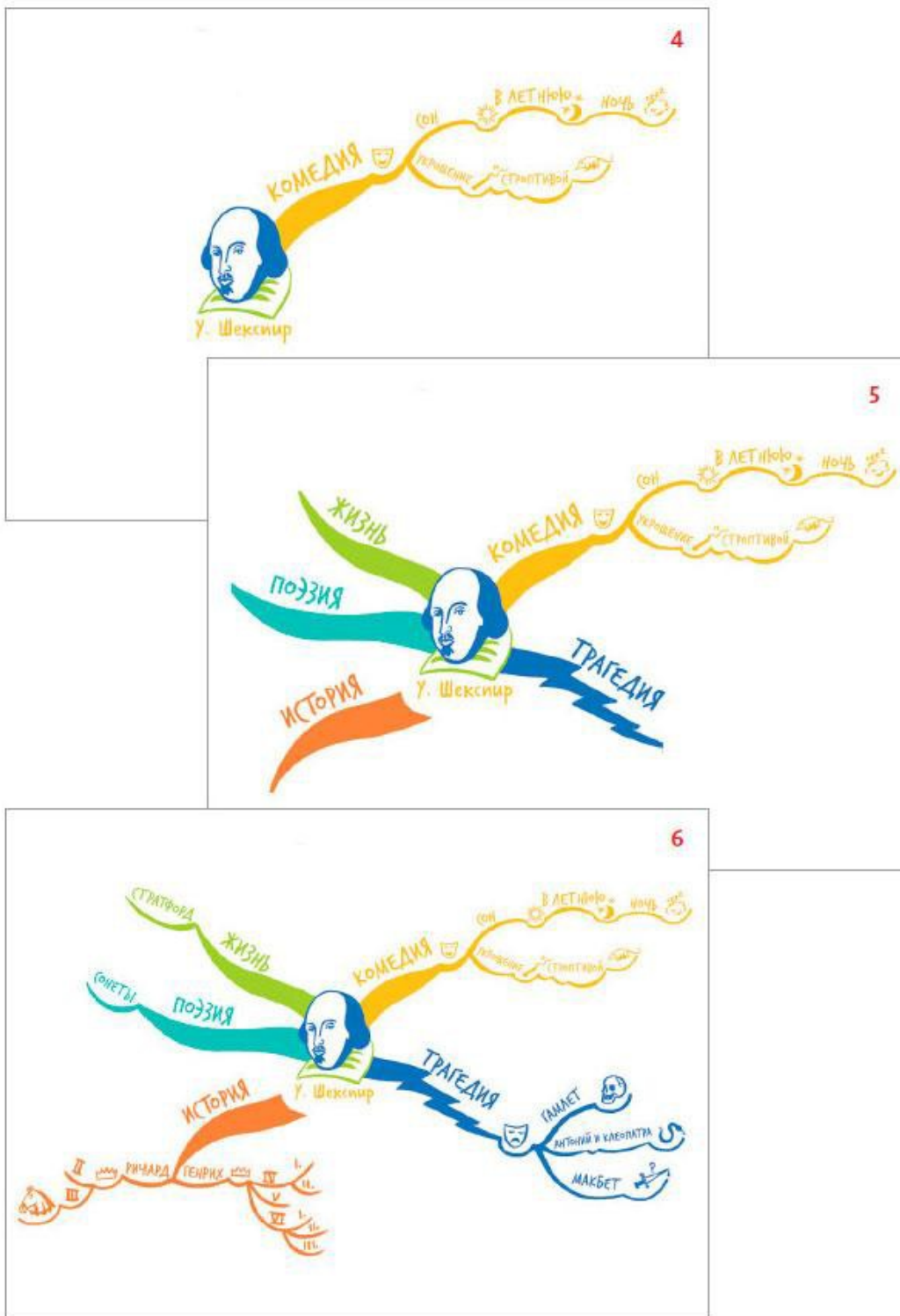
Нарисуйте второстепенные ветви, отходящие от главной. Затем ветви третьего уровня, отходящие от второго. Каждую ветвь подпишите одним словом, или символом, или комбинацией из того и другого. У каждого символа должна быть отдельная ветвь. Не торопитесь: оставьте несколько веток пустыми, это стимулирует мозг придумать, чем их заполнить.

ШАГ 5

Выберите другой цвет и нарисуйте следующую основную ветвь, отходящую от центрального изображения. (Многим новичкам легче двигаться вокруг центрального изображения по часовой стрелке, но вы можете действовать как вам удобно.) Как и раньше, нарисуйте ветви второго и третьего порядка и подпишите каждую из них. Добавьте еще несколько основных ветвей, чтобы в итоге их получилось пять или шесть.

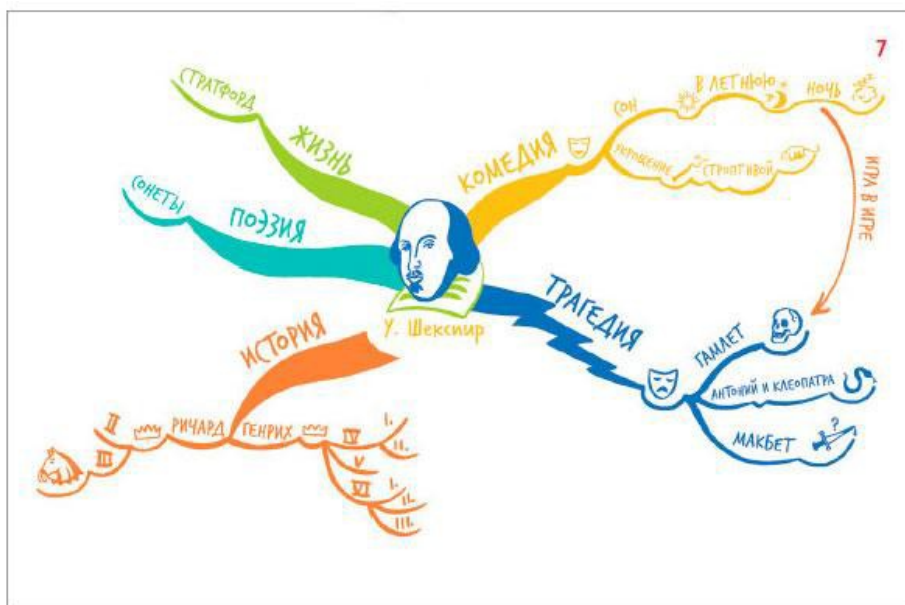
ШАГ 6

Теперь, когда у вас появилась структура из основных ветвей, можно свободно передвигаться по всей интеллект-карте с ветви на ветвь, заполнять пропуски и добавлять новые дополнительные ветви по мере возникновения ассоциаций.



ШАГ 7

При желании можно добавить стрелки, соединительные линии и звенья между основными ветвями, чтобы подчеркнуть взаимосвязь между ними.



Задание

1. Изучить методы и примеры построения интеллект-карт.
2. На листке бумаги составить интеллект карту для комплекса идей полученных на предыдущем этапе (на этапе мозгового штурма).
3. Интеллект-карту в виде изображения включить в отчет.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания
по организации самостоятельной работы студентов
по дисциплине**

Проектная деятельность

Направление подготовки/ специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология
Направленность (профиль)/специализация	Цифровая метрология и управление качеством
Форма обучения	очная
Год начала обучения	2024
Изучается во 2 и 3 семестре	

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

- 1 Цели и задачи самостоятельной работы магистрантов
- 2 Виды и формы организации самостоятельной работы магистрантов
- 3 Требования к организации самостоятельной работы магистрантов при подготовке к аудиторным занятиям
 - 3.1 Подготовка к лекциям
 - 3.2 Подготовка к семинарским занятиям
 - 3.3 Подготовка презентации и доклада

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ МАГИСТРАНТОВ

Процесс обучения в высшем учебном заведении сегодня всё больше опирается на самостоятельную работу магистрантов. Без нее трудно глубоко и полно овладеть большим и сложным программным материалом вуза и научиться постоянно совершенствовать свои знания в практической работе.

Любой вид занятий, связанный с познавательной и творческой активностью магистранта, связан с самостоятельной работой. В широком смысле слова под самостоятельной работой понимают совокупность всей самостоятельной деятельности магистранта как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

ВУЗ ориентирует свое развитие на модель выпускника, который должен в современных условиях быть подготовлен к самостоятельной профессиональной деятельности требующей аналитического подхода, в том числе и в нестандартных ситуациях. Поэтому особое внимание в ходе обучения уделяется организации самостоятельной творческой работы магистрантов, развитию навыков самостоятельного мышления.

Цель самостоятельной работы магистранта - осмысленно и самостоятельно работать с учебным материалом, научной информацией, а также заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Основные задачи самостоятельной работы магистрантов:

- закрепить, расширить и углубить знания, умения и навыки магистрантов, полученные ими на аудиторных занятиях с преподавателем;
- ознакомить магистрантов с дополнительными материалами по дисциплине «Методология и инструменты Всеобщего управления качеством»;
- развить познавательные способности магистрантов;
- выработать умение поиска необходимого материала в различных источниках;
- воспитать в магистрантах самостоятельность, организованность, самодисциплину, творческую активность и инициативность в работе, упорство в достижении поставленной цели.

Кроме того, самостоятельная неразрывно связана с формированием таких важных компетенций, как способность применять знания на практике и способность находить, обрабатывать и анализировать информацию из разных источников.

Одна из основных задач учебного процесса в вузе сегодня - не только сообщить магистрантам необходимый комплекс знаний, но и научить их работать самостоятельно, учиться, что значительно труднее. Научить учиться - это значит развить у магистрантов способности и потребности к самостоятельному творчеству; всячески способствовать тому, чтобы магистранты по-

всёдневно и планомерно работали над учебниками, учебными пособиями, периодической литературой и т.д., активно участвовали в научной работе и были готовы к усидчивому и неустойчивому труду.

Самостоятельная работа как система включает следующие основные элементы:

- виды самостоятельной работы;
- организационные формы проведения;
- планирование самостоятельной работы;
- руководство и контроль за самостоятельной работой.

2 ВИДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ МАГИСТРАНТОВ

В широком смысле под самостоятельной работой понимают совокупность всей самостоятельной деятельности магистрантов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

Самостоятельная работа может реализовываться:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении контрольных и лабораторных работ и др.;
- в контакте с преподавателем вне рамок аудиторных занятий
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре и других местах при выполнении магистрантом учебных и творческих заданий.

В вузе на внеаудиторную работу отводится значительная часть бюджета времени магистранта за весь период обучения. Это время полностью может быть использовано на самостоятельную работу. Кроме того, большая часть времени, отводимого на аудиторные занятия, так же включает самостоятельную работу. Таким образом, времени на самостоятельную работу в учебном процессе вполне достаточно, вопрос в том, как эффективно использовать это время.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная - самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию;
- внеаудиторная - самостоятельная работа выполняется магистрантом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы магистрантов определяется в соответствии с рекомендуемыми видами и учебными заданиями, представленными в рабочей программе учебной дисциплины.

Самостоятельная работа помогает магистрантам:

1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и др. справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно-методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовка плана;
 - составление таблиц для систематизации учебного материала;
 - подготовка ответов на контрольные вопросы;
 - заполнение рабочей тетради;
 - аналитическая обработка текста;
 - подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
 - подготовка реферата;
 - составление библиографии использованных литературных источников;
 - разработка тематических кроссвордов и ребусов;
 - тестирование и др.;
- 3) формировать умения:
- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
 - выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
 - решение профессиональных кейсов и вариативных задач;
 - подготовка к контрольным работам;
 - проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности;
 - опытно-экспериментальная работа.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами магистрантов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений магистрантов.

Контроль результатов самостоятельной работы магистрантов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу магистрантов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Формы самостоятельной работы магистранта могут различаться в зависимости от цели, характера, дисциплины, объема часов, определенных учебным планом: подготовка к лекциям, семинарским, практическим и лабораторным занятиям; изучение учебных пособий; изучение и конспектирование хрестоматий и сборников документов; изучение в рамках программы курса тем и проблем, не выносимых на лекции и семинарские занятия; написание тематических докладов, рефератов и эссе на проблемные темы; выполнение исследовательских и творческих заданий; написание контрольных и практических работ.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ МАГИСТРАНТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

3.1 Подготовка к лекциям

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин. Ежедневной учебной работе магистранту следует уделять 9–10 часов своего времени, т.е. при шести часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3–4 часа.

Каждому магистранту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы.

Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Самостоятельная работа на лекции

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность магистранта. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим магистрантом.

Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Конспект лекций лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными,

чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции.

Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

3.2 Подготовка к семинарским занятиям

Подготовку к семинарскому занятию каждый магистрант должен начать с ознакомления с планом семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. На основе индивидуальных предпочтений магистранту необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме семинара и по возможности подготовить по нему презентацию. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности магистранта свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

Структура семинара

В зависимости от содержания и количества отведенного времени на изучение каждой темы семинарское занятие может состоять из четырех-пяти частей:

1. Обсуждение теоретических вопросов, определенных программой дисциплины.
2. Доклад и/или выступление с презентациями по проблеме семинара.
3. Обсуждение выступлений по теме – дискуссия.
4. Выполнение практического задания с последующим разбором полученных результатов или обсуждение практического задания, выполненного дома, если это предусмотрено программой.
5. Подведение итогов занятия.

Первая часть – обсуждение теоретических вопросов - проводится в виде фронтальной беседы со всей группой и включает выборочную проверку преподавателем теоретических знаний магистрантов. Примерная продолжительность - до 15 минут.

Вторая часть - выступление магистрантов с докладами, которые должны сопровождаться презентациями с целью усиления наглядности восприятия, по одному из вопросов семинарского занятия. Обязательный элемент доклада - представление и анализ статистических данных, обоснование социальных последствий любого экономического факта, явления или процесса. Примерная продолжительность - 20-25 минут.

После докладов следует их обсуждение – дискуссия. В ходе этого этапа семинарского занятия могут быть заданы уточняющие вопросы к докладчикам. Примерная продолжительность – до 15-20 минут.

Если программой предусмотрено выполнение практического задания в рамках конкретной темы, то преподавателями определяется его содержание и дается время на его выполнение, а затем идет обсуждение результатов. Если практическое задание должно было быть выполнено дома, то на семинарском занятии преподаватель проверяет его выполнение (устно или письменно). Примерная продолжительность – 15-20 минут.

Подведением итогов заканчивается семинарское занятие. Магистрантам должны быть объявлены оценки за работу и даны их четкие обоснования. Примерная продолжительность - 5 минут.

Работа с литературными источниками

В процессе подготовки к семинарским занятиям, магистрантам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у магистрантов свое отношение к конкретной проблеме.

Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет магистрантам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

3.3 Подготовка презентации и доклада

Презентация, согласно толковому словарю русского языка Д.Н. Ушакова: «... способ подачи информации, в котором присутствуют рисунки, фотографии, анимация и звук».

Для подготовки презентации рекомендуется использовать: PowerPoint, MS Word, Acrobat Reader. Самая простая программа для создания презентаций

– Microsoft PowerPoint.

Для подготовки презентации необходимо собрать и обработать начальную информацию. Последовательность подготовки презентации:

1. Четко сформулировать цель презентации: вы хотите свою аудиторию мотивировать, убедить, заразить какой-то идеей или просто формально отчитаться.
2. Определить каков будет формат презентации: живое выступление (тогда, сколько будет его продолжительность) или электронная рассылка (каков будет контекст презентации).
3. Отобрать всю содержательную часть для презентации и выстроить логическую цепочку представления.
4. Определить ключевые моменты в содержании текста и выделить их.
5. Определить виды визуализации (картинки) для отображения их на слайдах в соответствии с логикой, целью и спецификой материала.
6. Подобрать дизайн и форматировать слайды (количество картинок и текста, их расположение, цвет и размер).
7. Проверить визуальное восприятие презентации.

К видам визуализации относятся иллюстрации, образы, диаграммы, таблицы. **Иллюстрация** – представление реально существующего зрительного ряда. **Образы** – в отличие от иллюстраций – метафора. Их назначение – вызвать эмоцию и создать отношение к ней, воздействовать на аудиторию. С помощью хорошо продуманных и представляемых образов, информация может надолго остаться в памяти человека. **Диаграмма** – визуализация количественных и качественных связей. Их используют для убедительной демонстрации данных, для пространственного мышления в дополнение к логическому. **Таблица** – конкретный, наглядный и точный показ данных. Ее основное назначение – структурировать информацию, что порой облегчает восприятие данных аудиторией.

Практические советы по подготовке презентации:

- готовьте отдельно: печатный текст + слайды + раздаточный материал;
- слайды – визуальная подача информации, которая должна содержать минимум текста, максимум изображений, несущих смысловую нагрузку, выглядеть наглядно и просто;
- текстовое содержание презентации – устная речь или чтение, которая должна включать аргументы, факты, доказательства и эмоции;
- рекомендуемое число слайдов 17-22;
- обязательная информация для презентации: тема, фамилия и инициалы выступающего; план сообщения; краткие выводы из всего сказанного; список использованных источников;
- раздаточный материал – должен обеспечивать ту же глубину и охват, что и живое выступление: люди больше доверяют тому, что они могут унести с собой, чем исчезающим изображениям, слова и слайды забываются, а раздаточный материал остается постоянным осязаемым напоминанием; раздаточный материал важно раздавать в конце презентации; раздаточный материал должен отличаться от слайдов, должны быть более информативными.

Доклад, согласно толковому словарю русского языка Д.Н. Ушакова: «...сообщение по заданной теме, с целью внести знания из дополнительной литературы, систематизировать материал, проиллюстрировать примерами, развивать навыки самостоятельной работы с научной литературой, познавательный интерес к научному познанию».

Тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме учебного занятия. Материалы при его подготовке, должны соответствовать научно-методическим требованиям вуза и быть указаны в докладе. Необходимо соблюдать регламент, оговоренный при получении задания. Иллюстрации должны быть достаточными, но не чрезмерными.

Работа магистранта над докладом-презентацией включает отработку умения самостоятельно обобщать материал и делать выводы в заключении, умения ориентироваться в материале и отвечать на дополнительные вопросы слушателей, отработку навыков ораторства, умения проводить диспут.

Докладчики должны знать и уметь: сообщать новую информацию; использовать технические средства; хорошо ориентироваться в теме всего семинарского занятия; дискутировать и быстро отвечать на заданные вопросы; четко выполнять установленный регламент (не более 10 минут); иметь представление о композиционной структуре доклада и др.

Структура выступления

Вступление помогает обеспечить успех выступления по любой тематике. Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио - визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.