Методические рекомендации

для самостоятельной работы студентов

по дисциплине **«Принципы инженерного творчества»**

Самостоятельная работа студентов осуществляется без участия преподавателя. К самостоятельной работе относится:

- самостоятельное изучение теоретического материала;

- подготовка к практическим занятиям;

- выполнение контрольной работы;

- подготовка к текущему, промежуточному и итоговому контролю (зачету), самоконтроль.

Самостоятельная работа по дисциплине **«Принципы инженерного творчества»** осуществляется в соответствии с разделами тематического плана, приведенного в рабочей программе дисциплины в соответствии со следующей таблицей:

|  |  |
| --- | --- |
| Виды СРС | Разделы тематического плана дисциплины, по которым эти работы выполняются |
| Подготовка к практическим занятиям | 2.1-2.4, 3.1-3.4, 8.1 |
| Подготовка к промежуточному (рейтинговому) контролю | 1.1-8.1 |
| Разделы дисциплины из тематического плана, выносимые на самостоятельное освоение (для заочной формы обучения) | 4.1, 5.1, 6.1 |
| Выполнение расчетно-графической или контрольной работы | 2.1-2.4, 3.1-3.4, 8.1 |
| Выполнение контрольной работы | 2.1-2.4, 3.1-3.4, 8.1 |
| Подготовка к итоговому контролю (зачету с оценкой) | 1.1-8.1 |

Для самоподготовки и самоконтроля студент может воспользоваться вопросами для самоподготовки, набором тестовых заданий для текущего контроля, приведенными в УМКД или лекциями представленными ниже.

**Конспект лекций**

**по дисциплине «Принципы инженерного творчества»**

Введение

Целью изучения данного курса является обучение навыкам постановки и решения задач поиска, изобретения новых, более эффективных конструкторско-технологических решений. Решение проблемы интенсивного развития экономики выдвигает большое число дополнительных творческих инженерных задач, связанных с экономией трудовых ресурсов, сырья, материалов, энергии и времени.

Другой важной целью изучения дисциплины является подготовка к овладению интенсивной технологией инженерного творчества, основанной на использовании методов инженерного творчества, так как экономическая мощь страны, научно-технический прогресс находятся в прямой зависимости от ее творческого потенциала, то есть числа творчески работающих конструкторов, технологов, ученых.

Современная НТР вовлекла в техническое творчество миллионы людей и остро поставила проблему повышения эффективности творческого мышления.

Творчество – древнейшее занятие человека. Первые изобретения были обнаружены человеком в готовом виде, но сразу возникли изобретательские задачи: как заострить затупившийся камень?; как сделать, чтобы камень было удобно держать в руке?; как уберечь огонь от ветра и дождя?; как переносить огонь с места на место?; как получить огонь без молнии?...

Решать изобретательские задачи приходилось методом проб и ошибок: перебором всевозможных вариантов. Сначала перебор вариантов вели наугад, постепенно появились определенные приемы, такие как копирование природных прототипов, увлечение размеров, числа одновременно действующих объектов, объединение разных объектов в одну систему. Постепенно накапливались факты, наблюдения, сведения о свойствах веществ. Использование этих знаний повышало направленность поиска, упорядочивало процесс решения задач.

Методом проб и ошибок создавались ножи и луки, здания и корабли, пушки и ветряные мельницы. Форма, размеры, применяемые материалы, технология их обработки шлифовалась столетиями. Таким путем достигались наилучшие параметры отдельных деталей и конструкций в целом. Неудачные решения забывались и отбрасывались.

С течением времени развитие техники ускоряется, и метод проб и ошибок становился все менее пригодным. В течение последних десятилетий наблюдается бурный рост сложности изделий по числу деталей и используемых физических явлений и эффектов, расширение номенклатуры используемых материалов и комплектующих элементов, рост разнообразия самих технических систем, сокращение времени их создания и морального старения, возрастание объема патентной и научно-технической информации и т.д. Это привело к тому, что не стало возможности строить тысячи образцов ввиду их сложности, возрастающей с каждым годом, чтобы отобрать наилучшую конструкцию паровой машины или ракетного двигателя. Объем работ (а следовательно и затрат) по выбору новых улучшенных проектно-конструкторских решений возрастает на порядок каждые 10 лет …

В связи с этим, актуальной является выработка у специалистов машиностроения, наряду со способностями к выработке эффективных инженерных решений, также и навыков решения нестандартных, творческих задач: способности креативного мышления в технической сфере.

Инженеру-технологу в области машиностроительного производства приходится, в общем случае, решать целый ряд текущих задач.

Диапазон работ цехового инженера-технолога довольно широк:

Получение (выдача) заданий.

Разработка технических планов и заданий (их согласование и корректировка).

Поиск и анализ технической информации.

Продумывание (подготовка) технологических и других решений.

Технологическая отработка (согласование) конструкторской документации.

Разработка карты техпроцесса.

Доработка техпроцесса.

Расчет (проверка) режимов резания, норм времени, расхода материалов.

Поиск технологических возможностей экономии металла, инструмента, трудовых и других ресурсов.

Контроль за соблюдением технологической дисциплины.

Внедрение нового прогрессивного инструмента и оснастки.

Выполнение эскизов.

Составление заданий на проектирование оснастки.

Согласование технологического процесса, заданий на проектирование оснастки, чертежей на оснастку.

Технологические исследования и испытания оснастки.

Проверка обеспеченности технологической оснасткой и инструментом.

Подготовка и оформление извещений на изменение документации и карточек разрешений на отклонение от чертежа и техпроцесса.

Сбор и анализ данных о качестве и трудоемкости изготовления продукции.

Выявление участков, подлежащих механизации.

Внесение изменений в копии документации.

Консультации, составление заключений по рационализаторским предложениям и изобретениям, включая участие в их создании…

Механической обработкой деталей деятельность инженера-технолога не исчерпывается: технолог может работать в отделе главного технолога и в цеховом технологическом бюро, на участках и в цехах ремонта и сборки, расчетчиком и инструментальщиком, исследователем заводской лаборатории, НИИ, администратором (мастером, начальником участка, цеха…)

Все больше внимания уделяется науке – изучению и использованию законов природы. Она позволила искать наилучший вариант при помощи расчетов и целенаправленных исследований.

Роль инженера-технолога в машиностроении.

Инженеру-технологу, как специалисту в области машиностроительного производства, в своей практической деятельности приходится принимать технические решения, требующие научного обоснования. К таким задачами могут быть отнесены: разработка и исследование нового метода обработки, определение его параметров, выявление новых закономерностей, технологических возможностей; выбор и обоснование структуры технологического процесса и его оптимизация; исследование кинематических и динамических характеристик технологического оборудования, исследование точности и качества, трудоемкости, производительности, металлоемкости и т.п.

Таким образом, творчески участвовать в развитии науки и производства может лишь специалист, получивший необходимую научно-исследовательскую подготовку в высшем учебном заведении и обладающий навыками творческого мышления. Кафедра ТМс готовит инженеров-технологов по ряду специализаций, в том числе, инженеров-исследователей.

Основные закономерности развития техники.

По общему признанию, «жизнь» технической системы (ТС) имеет вид S- образной кривой. У различных ТС эта кривая имеет свои особенности, но всегда на ней есть характерные участки, которые схематически можно изобразить, как самостоятельными с определенными особенностями:

На 1-м этапе развития ТС развивается медленно(пологий участок кривой);

На 2-м этапе (ТС быстро совершенствуется) ее развитие идет максимальным темпом – происходит ее массовое применение. С определенного момента темп развития ТС начинает падать и далее система постепенно исчерпывает свои возможности. Затем (3-й этап), в общем случае, возможны два варианта: либо ТС деградирует, сменяясь принципиально другой системой, либо на долгое время сохраняет достигнутые показатели.

В реальности, переход к массовому применению начинается с опозданием и на более низком техническом уровне, чем следует ожидать теоретически. Это происходит вследствие того, что при подходе к точке возможного начала массового применения ТС, его сдерживает уже применяемая ТС, в продолжении применения которой оказываются многие люди: возникает инерция интересов- финансовых, научных (псевдонаучных), карьеристских и просто человеческих - боязнь оставить привычную и обжитую систему.

Таким образом, инерция интересов оказывается на некоторое время сильнее экономических требований и сменяемая ТС продолжает оставаться жизнеспособной, хотя и устаревшей: не отвечающей требованиям времени.

Основные закономерности развития технических систем.

Увеличение степени идеальности технической системы.

Развитие технических систем идет неравномерно, через возникновение и преодоление технических противоречий, причем, чем сложнее система, тем неравномернее и противоречивее происходит развитие ее частей.

Основной закономерностью развития ТС, определяющей направление ее развития, является увеличение степени идеальности системы.

Техническую систему можно считать идеальной, если она не имеет веса и размеров, не затрачивает энергию, работает без потерь времени и полностью выполняет свои функции.

Закон увеличения степени идеальности систем универсален: используя его можно преобразовать любую задачу и сформулировать идеальный вариант решения.

Увеличение степени идеальности ТС идет по следующим направлениям:

1. Специализация ТС, приводящая к повышению удельных параметров технических систем, то есть отношения величины полезных параметров (мощности, точности, усилия, производительности) к величине вредного (потери, помехи) или конструктивного параметра(масса, размеры, стоимость).

2. Универсализация ТС, приводящая к повышению удельного функционирования системы (отношения числа функций, выполняемых системой, к величине массы, объема и ее стоимости).

3. Использование ранее не использовавшихся свойств, параметров или частей самой системы.

4. Повышение степени согласования частей системы между собой и с внешней средой.

5. Переход в надсистему.

6. Переход с макроуровня на микроуровень.

7. Повышение полноты частей системы и вытеснение человека как ненужного элемента технической системы.

Повышение динамичности и управляемости технических систем.

1.В процессе развития ТС происходит повышение их динамичности, переход от систем с постоянными параметрами к системам с параметрами, изменяющимися при изменении условий работы системы, что обеспечивает оптимальность функционирования системы (примеры самолета с изменяемой геометрией крыла или вариатора у комбайна).

2. Переход от узкофункциональных систем, предназначенных для выполнения конкретной цели, к широкофункциональным системам, позволяющим изменять функции перенастройкой системы (это может осуществляться за счет перехода к системам со сменными рабочими органами или перехода от автоматного принципа работы к программному).

3. Переход к системам с дифференцированными внутренними условиями: условия в оперативной зоне стремятся создать оптимальные для проведения техпроцесса, в то время как условия на входе и выходе из системы определяются внешней средой и человеком.

4. Переход к системам с увеличенным числом степеней свободы, к системам гибким, эластичным.

5. Переход от неуправляемых систем к управляемым, повышение степени управляемости (управление от внешней среды, использования обратимых физических и химических превращений, управляемых внешним полем).

6. Переход от систем со статической устойчивостью к системам, устойчивым динамически (устойчивым только за счет управления – примеры двух- и трехколесного велосипедов, штурмовика и планера…).

Методы активизации и систематизации перебора вариантов….

Несмотря на то, что существует довольно обширный Межотраслевой фонд эвристических приемов [7.1.1, гл..9] –\* изучить самостоятельно, в области творчества, изобретательства, используется с давних пор и по сегодняшний день, метод проб и ошибок.

Эффективность метода проб и ошибок зависит от сложности решаемых задач. По степени сложности изобретения подразделяются на пять уровней:

1. Мельчайшие изобретения. Задачи не связаны с техническими противоречиями (когда безоглядное применение известных приемов только ухудшает систему), для их решения достаточно перебрать несколько простых вариантов. В задачах первого уровня объект (устройство или способ) не изменяется.
2. Мелкие изобретения. В них имеется техническое противоречие: невозможность решения задачи обычными средствами. Решение требует перебора нескольких десятков вариантов. Результатом может быть замена материала, вещества, ввод дополнительного элемента и т. п. То есть, на втором уровне объект изменяется, но не значительно.
3. Средние изобретения. Преодоление технического противоречия при создании таких изобретений требует сотен или тысяч «пустых» проб для отыскания нетипичного приема, в результате применения которого объект сильно изменяется.
4. Крупные изобретения. Для таких изобретений характерно создание нового приема преодоления противоречия, приема – пригодного для решения многих задач. Поиск его требует перебора тысяч вариантов. При этом объект меняется полностью.
5. Крупнейшие изобретения. В них синтезируется принципиально новая система. Противоречий нет, поскольку нет еще самой системы; они могут появиться лишь в процессе синтеза системы. Число рассматриваемых вариантов практически неограниченно: для создания изобретения пятого уровня нужно предварительно сделать открытие, то есть меняется вся техническая система, в которую входит объект. Зачастую, изобретение пятого уровня, несмотря на ценность идеи, само по себе нереализуемо: для его широкого применения необходимо подкреплять такое изобретение решением ряда изобретательских задач третьего и четвертого уровней. В результате создается новая отрасль техники (например, изобретение равно-, фото-, теле-, видеотехники).

Задачи высших уровней отличаются от задач низших уровней не только числом проб, но и характером решаемой задачи. Существует также и качественное различие:

* + задачи первого уровня и средства их решения лежат в пределах одной «узкой» специальности;
  + задачи второго уровня и средства их решения относятся к одной отрасли техники;
  + для задач третьего уровня решение приходится искать в других отраслях;
  + решение задач четвертого уровня надо искать не в технике, а в науке ( обычно, среди мало применяемых физических и химических эффектов и явлений);
  + в задачах пятого уровня средства решения могут вообще оказаться за пределами современной науки.

Из вышеизложенного следует, что метод проб и ошибок достаточно эффективен в изобретательских задачах первого, иногда второго уровней.

Выше второго уровня при решении методом проб и ошибок перебор вариантов сопряжен с недопустимыми потерями сил, средств и времени, но главный его недостаток заключается в том, что этот метод не позволяет своевременно увидеть и поставить новые задачи, при этом потери измеряются десятилетиями и столетиями. Тем не менее, метод проб и ошибок может использоваться после перевода изобретательской задачи с высокого на более низкий уровень, например первой или второй, где уместно применение метода проб и ошибок. Таким образом, требуется отыскать способ перевода изобретательских задач с высших уровней на низшие. Это соответствует требованиям НТР по решению задач высших уровней во все более сжатые сроки, так как сосредоточение большого числа людей на решении одной технической проблемы ведет к уменьшению интенсивности работы на других направлениях. То есть, основная проблема состоит в том, чтобы уметь быстро сужать поисковое поле, упрощая предварительно изобретательскую задачу. Большинство же попыток при методе проб и ошибок сосредоточенно примерно в одном направлении, привычном решающему, чаще общепринятом, общеизвестном, а изобретательская задача потому и трудна, что ее решение находится в новом, неожиданном направлении, то есть общеизвестными методами неразрешима.

Все перечисленное свидетельствует в пользу того, что метод проб и ошибок и основанная на нем организация творческого труда пришли в противоречие с требованиями современной НТР. Поэтому нужны новые методы управления творческим процессом, способные резко уменьшить число «пустых» проб, и новая организация творческого процесса, позволяющая эффективно применять новые методы.

Методы активизации поиска нового.

Выделяют три различных механизма повышения эффективности поискового процесса.

1. Использование специальных психологических методов, позволяющих избежать инерционной направленности поиска; увеличивающих степень хаотичности поиска; увеличивающих число проб; увеличивающих степень хаотичности поиска, вводящих элементы случайности, непредусмотренности; активизирующих ассоциативные способности человека.

К таким методам относятся мозговой штурм и все его модификации, метод контрольных вопросов, метод фокальных объектов, синектика.

1. Систематизация перебора вариантов и увеличение числа рассматриваемых вариантов, исключение свойственных ненаправленному поиску систематически повторов, постоянных возвратов к одним и тем же идеям. Эта группа приемов объединяет методы систематизации перебора: морфологический анализ, функциональный анализ.
2. Уменьшение или полное исключение перебора вариантов на основании изучения объективных закономерностей развития техники с помощью теории решения изобретательских задач. Знание закономерностей дает возможность резко сузить зону поиска, заменить угадывание научным прогнозированием.

Теория решения изобретательских задач включает в качестве дополнительных и вспомогательных приемов некоторые элементы методов первых двух групп:

- приемы борьбы с психологической инерцией;

- своеобразную модификацию морфологического анализа, используемую для расширения зоны применения найденных идей.

Методы первых двух групп не являются сильными методами для решения задач высоких уровней, так как в их основе лежит перебор вариантов, хотя и систематизированный, активизированный, и эффективен для решения задач первого и второго уровней. Но на практике встречается большое число таких задач, поэтому для повышения эффективности процесса поиска используют все названные методы в зависимости от сложности конкретной задачи.

Методы психологической активизации творчества.

Первым методом поиска нового, получившим широкое распространение во всем мире, стал созданный Осборном в конце 30-х годов прошлого столетия «мозговой штурм». Его основатель морской офицер США был капитаном транспортного корабля. Он заметил, что одни люди больше склонны к генерированию идей, другие – к их критическому анализу. При обычном обсуждении «фантазеры» и «критики» оказываются вместе, мешая друг другу. Осборн предложил разделить этапы генерирования и анализа идей, то есть поиск решений при мозговом штурме ведется в два этапа:

Вначале собирается группа работников разных специальностей, и ищут решение в свободном обсуждении. Чтобы уменьшить вес помехи творчеству, запрещается любая критика выдвигаемых идей, поощряется выдвижение шуточных, несерьезных, кажущихся неосуществимыми предложений, не должно быть среди обсуждающих начальства и подчиненных.

В таких условиях никто не боится предложить смелую идею, возникает доброжелательная, творческая атмосфера, и это открывает путь всевозможным смутным идеям и догадкам.

Этот этап продолжается приблизительно полчаса, при этом все предложения протоколируются или записываются на магнитофон. В результате коллективного поиска идей за сеанс высказывается порядка 50 идей, т.е. в 5-10 раз больше индивидуального. Если штурм хорошо организован, то удается быстро уйти от идей, навязываемых психологической инерцией.

Основная функция мозгового штурма – дать новым идеям выход из подсознания – согласуется с теорией Фрейда, по которой управляемой сознание является лишь тонким наслоением на неуправляемом подсознании, как застывшая корка над расплавленной вулканической магмой. В сознании человека господствуют логика и контроль, не пропускающие из под сознания инстинкты, смутные догадки, предположения, нелогические решения, интуитивные подсказки. Таким образом, психологическая инерция порождена порядком, господствующим в сознании.

В завершении первого этапа мозгового штурма полученные идеи желательно разделить на три группы: наиболее приемлемые и легко реализуемые, наиболее эффективные и перспективные, прочие.

Второй этап работы включает тщательное рассмотрение («экспертиза критиков») высказанных идей, всестороннюю их оценку и проверку, то есть выявление рационального зерна в каждой идее, рассмотрение возможности совмещения идей в новом решении.

Опыт проведения мозгового штурма показал, что из 30÷50 предложений после отбора могут остаться, как минимум, одна или две идеи, подходящие в данной конкретной ситуации.

Правила проведения мозгового штурма следующие (в дополнение к вышеупомянутым):

Отдавать предпочтение количеству, а не качеству идей; оказывать предпочтения озарениям, фантазии в различных направлениях, развивать, комбинировать, улучшать ранее высказанные идеи.

Организация проведения мозгового штурма выглядит так: 5-10 минут – представление участников и правил; 10-15 минут – постановка задачи с ответами на вопросы; 20-30 минут – первый этап; перерыв 10 минут; составление отредактированного списка идей с необходимыми разъяснениями.

Поскольку изобретательская задача не имеет точной формулировки, то ее создают на этапе постановки задачи, то есть из описания проблемной ситуации создается конкретная или несколько формулировок, позволяющих искать решение одной задачи в разных направлениях.

В формулировке задачи перед участниками мозгового штурма должны быть четко сформулированы два момента: что в итоге желательно получить или иметь и что мешает получению желаемого.

Существуют также некоторые пожелания по формулированию группы «генераторов» идей: наиболее эффективное число участников - 5÷12 человек; желательно иметь постоянное ядро группы, которое отбирается в процессе решения многих задач, и временных членов; «специалистов» в группе «генераторов» идей не должно быть больше половины ее состава; желательно в состав группы вводить «специалистов - смежников»; целесообразно включать женщин, мыслящих весьма практично и оригинально; людей, не имеющих ни какого отношения к данной задаче; ни в коем случае не включать в состав «генераторов» психологически несовместимых людей.

Важнейшая роль в проведении мозгового штурма отводится ведущему, который: представляет «новичков», давая им лестную характеристику; излагает правила проведения штурма; излагает формулировку, проблему, ситуацию как в специальном, так и в общедоступном изложении и активно учувствует в создании рабочей формулировки задачи; обеспечивает соблюдение всех правил в корректной форме; следит за соблюдением условия непрерывности выдвижения идей, заполняет паузы поощрительными репликами; заботится, чтобы обслуживание не шло в слишком узком направлении и по-возможности замечаниями расширяет сферу поиска или заостряет внимание на каком-либо направлении поиска; следит за регламентом; сопровождает изложение и обсуждение проблемы эскизами, слайдами, чертежом, кинофильмом, музыкой, требуемой для обсуждения атмосферой, располагает участников так, чтобы они видели друг друга.

Метод обратной мозговой атаки проводится с целью выявления в существующих изделиях максимального числа недостатков (с учетом недостатков, обнаруженных при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия) и максимального устранения этих недостатков в новом изделии, а также с целью исключения появления недостатков, которые могут возникнуть у изделия в будущем.

Обратная мозговая атака может быть использована для уточнения постановки задачи (изобретательской или рационализаторской), для разработки технического задания и технического предложения, для экспертизы проектно-конструкторской документации на любой стадии ее разработки: техническое задание, техническое предложение, эскизный, технический или рабочий проект, экспериментальный образец.

В обратной мозговой атаке формулировка задачи должна отвечать на следующие вопросы: Что представляет собой объект, требующий улучшения? Какие известны недостатки объекта, связанные с его изготовлением, эксплуатацией и ремонтом? Что надо получить в результате и на что обратить особое внимание?

Для обратной мозговой атаки вводятся дополнительные обязанности ведущего: сообщать, у каких параметров объекта или его элементов ожидаются отклонения от нормы; какие ожидаются трудности изготовления, включая сборку и контроль, изделия или его узлов, какие трудности могут возникнуть в ближайшее время и через 10-15 лет с материалами, комплектующими деталями и узлами, в энергоснабжении, с кадрами, с оборудованием и т.п., какие неудобства в обслуживании, какие опасности для пользователя, трудности доставки и транспортирования в настоящее время и на ближайшую перспективу.

Кроме того, в обратной мозговой атаке производится классификация недостатков по группам: основные функциональные требования, производство, защита окружающей среды, эксплуатации – и их ранжирование на главные и второстепенные.

Примеры недостатков конструкции изделия, порождающихся при проектировании и проявляющихся при его эксплуатации:

* + - требуется частое дополнительное обслуживание;
    - конструкция не соответствует климатическим условиям;
    - повышенные вибрация, излучения, шум, нагрев;
    - плохие условия работы для человека, если не учтены эргономические требования, экологические и безопасности;
    - для обслуживания требуются несколько человек или специальные условия;
    - нет возможности замены узлов в полевых условиях;
    - попадание пыли, грязи, масла на поверхности ответственных деталей;
    - нет предохранительных элементов;
    - нет возможности правильно эксплуатировать технику в действительности;
    - не учтены возможные тепловые деформации;
    - плохие смазка, охлаждение, условия работы людей;
    - нет информации о возможной поломке.

Примеры недостатков изделия, возникающих при его ремонте, - ремонтная технологичность:

* требуется специальный инструмент (специальные ключи);
* для сборки и разборки нужны специальные приспособления;
* затруднен доступ к специальным узлам;
* не предусмотрена блочная замена узлов;
* детали и узлы не ремонтопригодны или нестандартны;
* не предусмотрена замена деталей не целиком, а частично;
* не предусмотрены компенсирующие элементы конструкции;
* сварные соединения применены там, где возможно применение разборных;
* при разборке детали разрушаются или повреждаются;
* не предусмотрено применение системы ремонтных размеров;
* требуется тяжелый ручной труд;
* работы плохо поддаются механизации…

Недостатки, проявляющиеся при изготовлении изделий, могут быть исключены и уменьшены путем повышения технологичности изделий …

В 50-е годы с мозговым штурмом связывали большие надежды, но вскоре выяснилось, что трудные задачи штурму не поддаются. Были использованы различные модификации штурма: индивидуальный, парный, массовый, двухстадийный, «конференция идей», «кибернетическая сессия» и др. Эти попытки до сих пор продолжаются, так как мозговой штурм достаточно эффективен при решении несложных изобретательских задач, а так же довольно хорошо зарекомендовал себя при решении разнообразных организационных задач.

Усилить творческий процесс можно, используя методы, подсказывающие неожиданные сравнения, позволяющие взглянуть на объект под новым углом зрения. К таким методам относится метод фокальных объектов.

Суть метода заключается в том, что новому (совершенствующему) объекту приписываются свойства другого далекого объекта, выбранного случайно и, активизируя подсознание, пытаются видоизменить объект с целью его улучшения.

В соответствии с методом фокальных объектов совершенствуемую техническую систему держат «как бы в фокусе внимания», что объясняет его название, и переносят на нее свойства других, не имеющих к ней никакого отношения технических или других объектов, например, природных, в результате чего получают необычные сочетания, позволяющие преодолеть психологическую инерцию.

Практически это выглядит так:

* выбирается совершенствуемый объект;
* формулируется цель его совершенствования;
* выбираются несколько случайных объектов, например, из каталога, журнала;
* выписываются их признаки;
* эти признаки переносятся на совершенствуемый объект;
* рассматривают сочетания этих и других признаков в новом объекте и развивают их, результатом могут стать оригинальные, неожиданные идеи.

По методу контрольных вопросов поиск решения направляется списками наводящих вопросов, например, таких:

А что, если:

* Сделать обратное действие, расположение, очередность…?
* Заменить задачу на другую или противоположную?
* Что происходит при изменении формы объекта?
* Попробовать другой материал, инструмент, воздействие?

Существует и универсальный список контрольных вопросов, позволяющий инженеру самостоятельно улучшать имеющиеся технические системы, предложенный Тимом Эйлоартом[7.1.1].

Наиболее эффективным и активным методом психологической активизации творчества является синектика, с 1960 года, что в переводе с греческого означает «совмещение разнородных инструментов».

В основе синектики лежит мозговой штурм ведет профессиональная или полупрофессиональная группа людей, которая от штурма к штурму накапливает опыт решения задач.

Каждый синектор развивает следующие качества:

* умение выделять сущность объекта;
* умение бороться с привычками ходом мышления;
* склонность к свободным раздумьям, преходящим в фантазии;
* умение развивать идею;
* доброжелательное отношение к чужим идеям и функциям;
* целеустремленность и уверенность в своих способностях.

Морфологический анализ является основным методом систематизации перебора вариантов.

При морфологическом анализе технической системы сначала выделяют оси – главные ее характеристики, затем – элементы – всевозможные варианты и все сводят в морфологические таблицы. Таким способом удается избежать утери из поля зрения хотя бы одного из возможных вариантов сочетаний указанных свойств.

Морфологический анализ применяется, в основном, для развития уже найденных идей. Форма записи вариантов записи свойств, параметров и их сочетаний может отличаться от табличной, что подходит при подготовке и выборе структурных и компоновочных решений для технических объектов.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).

ТРИЗ позволяет искать новое техническое решение, вооружившись знанием закономерностей развития технических систем, в дальнейшем превращаясь в теорию их развития.

Основной постулат ТРИЗ - технические системы развиваются по объективно существующим законам, эти законы познаваемы, их можно выявить и использовать для целенаправленного решения изобретательских задач.

Особенность процесса поиска новых технических решений определяется диалектикой развития технических систем:

В соответствии с законом единства и борьбы противоположностей, развитие системы происходит в результате накопления противоречий в результате ее количественного роста и разрешения этих противоречий путем качественного скачка, то есть появления принципиально новой идеи, технологии, конструкции.

В соответствии с этим, поиск решения технических задач – это работа по совершенствованию ТС в соответствии с выявленными закономерностями. Она должна предусматривать выявление скрытых в технических системах противоречий и их последующее разрешение.

ТРИЗ следует рассматривать как точную науку, имеющую свою область исследования, свои методы, свой язык, свои инструменты.

В ТРИЗ входят:

Комплекс стандартов на решение изобретательских задач;

Алгоритм решения изобретательских задач - АРИЗ;

Методы структурного анализа ТС – вепольный анализ;

Комплекс приемов разрешения технических противоречий;

Таблицы и укзатели по использованию физических эффектов и явлений;

Методы борьбы с психологической инерцией при решении изобретательских задач;

Комплекс стандартов для разрешения технических противоречий;

Методика развития творческого воображения…

Знание закономерностей развития технических систем позволяет не только успешно решать имеющиеся изобретательские задачи, но и прогнозировать появление новых изобретательских задач.

Результаты такого предсказания значительно точнее прогнозов, полученных с помощью субъективных методов, например, экспертных оценок.

Исходя из этого ТРИЗ может и должна быть использована для планомерного развития ТС: задачи, связанные с развитием ТС, должны выявляться и решаться до того, как обострившиеся противоречия станут сдерживать темпы развития системы. Таким путем ТРИЗ может превратиться в теорию развития технических систем.

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ)

АРИЗ – это комплексная программа алгоритмического типа, основанная на закономерностях развития техники, и предназначенная для анализа и решения изобретательских задач. АРИЗ возник и развивался вместе с ТРИЗ, автором АРИЗ является Генрих Саулович Альтшуллер – известный советский методист и изобретатель, родоначальник ТРИЗ.

Варианты и модификации первоначальной АРИЗ постоянно совершенствуются и нумеруются по году их выхода, но, принципиально, их направленность определена достижением идеального конечного результата(ИКР) и выработкой рациональной последовательности применения всего арсенала ТРИЗ для выявления и разрешения технических противоречий, заложенных в анализируемой технической системе.

Изобретательские задачи.

Для изобретательской ситуации характерны две особенности:

Неопределенность, расплывчатость исходной формулировки, то есть необходима ее корректировка;

Возникновение технических противоречий при использовании обычных средств решения: попытки улучшения одной части технической системы, как единого целого, приводят к недопустимому ухудшению других ее частей или показателей.

Таким образом, решить изобретательскую задачу – значит выявить и устранить техническое противоречие.

Для разрешения выявленных технических противоречий АРИЗ обязательно использует вепольный анализ – метод структурного анализа технической системы.

Вепольный анализ.

Одним из самых эффективных методов познания является моделирование – замена реальных систем идеализированными системами, отображающими особенности реальных систем.

В ТРИЗ для поиска новых технических решений используются модели, отражающие основные свойства и закономерности развития технических систем.

Методом изучения моделей технических систем и их преобразования является вепольный анализ. Вепольный анализ заключается в построении вепольных формул.

Веполь – система из трех элементов – играет в технике такую же фундаментальную роль, как треугольник в геометрии, то есть веполь - это минимальная ТС. Зная правила построения и преобразования веполей , можно легко решать многие трудные изобретательские задачи.

Элементами вепольных треугольников могут быть вещества – части ТС, располагаемые, в его вершинах, и поля – формы и способы взаимодействия веществ ТС и внешние воздействия на ТС или результат взаимодействия частей системы между собой и с внешней средой.

К основным правилам преобразования веполей можно отнести правила развития, достройки и разрушения веполей.

Особенностью графического способа изображения частей системы и их взаимодействия является то, что записывая условие задачи отбрасывается все несущественное, автоматически выделяется существо задачи, устанавливается, что надо изменить или ввести для получения требуемого результата.

Таким образом, вепольный подход является инструментом проникновения в суть задачи и отыскания наиболее эффективных путей преобразования технической системы.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА)

Современным методом совершенствования технических систем (ТС) является ФСА. Толчком для его появления послужил тот факт, что во время II-ой Мировой Войны в условиях экономических трудностей и дефицита сырьевых ресурсов удалось снизить материалоемкость и трудоемкость большинства видов продукции, не снижая их качества. Авторами основных положений ФСА являются Ю.М.Соболев и Лоуренс Д. Майлз.

В основе метода ФСА лежит положение о том, что в любом объекте существуют скрытые резервы совершенствования. Причиной появления таких резервов являются:

- неэффективное использование технических параметров изделий, их узлов и деталей;

- несогласованность в работе конструкторских и технологических служб;

- технический консерватизм специалистов, привычка к шаблонным решениям…

В изделии, технология изготовления и конструкция которого оптимальна, через некоторое время обнаруживаются (возникают) резервы для его усовершенствования.

ФСА – это комплексно-целевая программа выявления и реализации резервов снижения трудоемкости, материалоемкости и повышения качества совершенствуемых и вновь создаваемых объектов, в которой системно связаны:

- технико-экономический анализ;

- организационно-технические мероприятия;

- научные методы поиска новых технических решений;

- бригадная (коллективная) форма организации творческого труда.

Технико-экономический анализ:

– позволяет обоснованно выбрать объект проведения анализа (совершенствование которого может дать максимальный экономический или технический эффект);

– позволяет выбрать детали и узлы изделия, в первую очередь подлежащие проработке, определить направление их совершенствования;

– позволяет выбрать наилучший из альтернативных вариантов решения.

Организационно–технические мероприятия – направлены на подготовку новых решений и их внедрение.

Таким образом, важность и целесообразность функционального подхода определяется тем, что потребителя в итоге интересует не особенности ТС, а действия, которые могут производить с ее помощью (т.е. функции).

Основная суть ФСА заключается в следующем:

- применение системного подхода при выявлении по-возможности всех излишних затрат (трудоемкость, расход материалов и энергии…) в существующих или проектируемых изделиях;

- систематическое применение методов инженерного творчества при поиске новых ТР с пониженными затратами;

- четкая организация работ, исходящая от руководства предприятия.

Как снизить затраты на изделие?

Традиционным для снижения себестоимости является предметный подход.

При ФСА – функциональный подход заключается в том, что специалист полностью абстрагируется от реальной конструкции анализируемой системы и сосредотачивает внимание на ее функциях. При этом изменяется и направление поиска снижения себестоимости продукции:

- определяют функции анализируемого объекта;

- формулируют задачу по-другому (нужны ли эти функции?) – если да, то необходимы ли предусмотренные количественные характеристики;

- каким наиболее оптимальным путем достичь выполнения функций.

В период своего зарождения метод ФСА рассматривался только как инструмент поиска излишних затрат в существующих изделиях. Но по мере освоения и распространения его стали применять и как средство предупреждения возникновения неэффективных решений уже на стадии проектирования и производства изделий, в сфере организации и управления различными работами.

ФСА принципиально отличается от обычных способов снижения производственных и эксплуатационных затрат, так как предусматривает функциональный подход. Сущность такого подхода — рассмотрение объекта не в его конкретной форме, а как совокупность функций, которые он должен выполнять. Каждая из них анализируется с позиции возможных принципов и способов исполнения с помощью совокупности специальных приемов. Оценка вариантов построения объекта производится по критерию, учитывающему степень выполнения и значимость функций, а также размер затрат, связанных с их реализацией на всех этапах жизненного цикла.

Функциональный подход заставляет изучать не только конкретные потребности заказчиков, но и глубже анализировать количественную и качественную стороны этих потребностей, перестраивать под них производство.

Функции, выполненные объектом, могут быть подразделены на основные, вспомогательные и ненужные. Основные функции определяют назначение изделия. Вспомогательными являются функции, способствующие выполнению основных функций или дополняющие их. Ненужные функции не содействуют выполнению основного назначения конструкции, а напротив, ухудшают технические параметры или экономические показатели объекта.

Важное условие эффективного применения ФСА - четкая последовательность его проведения, включающая в себя несколько взаимоувязанных этапов. Эта последовательность должна носить обязательный характер: приступать к очередному этапу нельзя, не выполнив полного объема работ предыдущего этапа. Как показывает изучение опыта ФСА, работы по его организации и проведению предусматривают следующие основные этапы: подготовительный, информационный, аналитический, творческий, исследовательский, рекомендательный.

Подготовительный этап: основная задача - выбор объекта анализа, определение сроков проведения и назначение исполнителей, подготовка перечня необходимых материалов. Данный этап включает:

- обучение специалистов основам ФСА;

- выбор объекта анализа с соответствующим технико-экономическим обоснованием; определение конкретных задач и целей анализа;

- подготовка перечня информационных материалов об объекте и заданий по их получению;

- составление и обсуждение плана проведения анализа конкретного объекта;

- издание приказа, утверждающего рабочий план проведения ФСА, сроки выполнения работы, состав исполнителей.

Работу на этом этапе следует проводить в две стадии. На первой обеспечивается готовность коллектива к применению ФСА, создается временная рабочая группа из специалистов данного предприятия и формулируется цель для данного конкретного случая. На второй стадии происходит выбор конкретных объектов анализа, привязка общих основ и методологии ФСА к решению определенных проблем, тщательный анализ хозяйственно-финансовой деятельности предприятия.

Выбор объекта ФСА может идти двумя путями. Первый - это использование метода для решения острых проблем, которые явно видны руководству предприятия и сдерживают, по общему мнению, получение более высоких производственных результатов. Второй путь - более углубленное исследование при выборе объекта ФСА, использование метода при разработке новой схемы формирования и движения ФП.

Информационный этап направлен на сбор, систематизацию и всестороннее изучение информации по исследуемому объекту; он включает следующий перечень работ:

- сбор и систематизация оптимального количества информации о процессах и средствах создания объекта анализа и его аналогах;

- изучение объектов анализа, его аналогов и затрат на их создание и функционирование;

- составление структурной модели объекта анализа, раскрывающей взаимосвязи его элементов, определение затрат и их структуры на стадиях разработки, производства и использования объекта ФСА.

Состав информации, необходимой для проведения ФСА, охватывает изучение количественных и качественных характеристик объекта исследования и оптимизации.

Задачей следующего, аналитического, этапа является анализ функций и затрат на их осуществление как по объекту ФСА в целом, так и по составляющим его элементам. Данный этап предусматривает:

- формулирование всех возможных функций объекта анализа и его составных частей;

- группировка функций на основные, вспомогательные, ненужные;

- построение функциональной модели объекта и оценка значимости функций;

- оценка затрат, связанных с осуществлением выявленных функций, сопоставление значимости функций и затрат на их реализацию, выделение функциональных зон.

Основным назначением аналитического этапа является определение наиболее важных задач по выдвижению идей и вариантов решений для совершенствования исследуемого объекта, исходя из его функций и затрат на их осуществление. При этом исследование обычно начинается непосредственно с анализа объекта ФСА в целом. Проводится более глубокое изучение объекта с тем, чтобы из всего комплекса проблем, связанных с его оптимизацией, выделить те, решение которых принесет наибольший экономический эффект. Для этого работы на данном этапе проводятся в следующей последовательности:

- составляется структурная схема объекта ФСА;

- анализируются функции и строится функциональная структура объекта;

- производится оценка функций объекта и обосновывается очередность проведения ФСА;

- строится функционально-стоимостная диаграмма значимости функций объекта и затрат на их осуществление.

Творческий этап: основная задача - разработка вариантов упрощения, улучшения объекта ФСА, обсуждение различных предложений по этому поводу и отбор из них наиболее экономичных и реальных, при обязательном применении методов инженерного творчества. Перечень работ: уточнение направления и задач поиска новых решений, выработка предложений по совершенствованию объекта, анализ и предварительный отбор предложений для реализации, их систематизация.

Основное назначение творческого этапа состоит в обеспечении комбинирования тех знаний и того опыта, которые бы дали возможность найти наиболее оптимальные решения. Это чрезвычайно сложно. Редко отдельные элементы комбинации равнозначны. В большинстве случаев решение зависит от комбинации немногих решений, в то время как остальные элементы неизбежно будут вытекать из полученной комбинации. ФСА показывает, что выполнение той или иной функции нередко возможно более, чем десятью принципиально различными путями. При этом половина из них не дают оптимального решения. Появление инноваций часто обусловлено не новыми научными знаниями, а в большинстве случаев является новыми комбинациями давно известных решений. Этот этап начинается с уточнения направления поиска новых решений, в результате чего разрабатывается несколько вариантов (отличного от существующего исполнения) требуемых функций.

В результате проведения следующего, исследовательского этапа, осуществляется отбор из числа предложенных на творческом этапе вариантов наиболее рациональных. Основными задачами данного этапа являются: предварительная оценка выдвинутых вариантов предложений с целью исключения нецелесообразных, рассмотрение вариантов совместно со специалистами заинтересованных служб, ранжирование и отбор наиболее рациональных вариантов для рассмотрения их на следующем этапе.

Рекомендательный этап - разработка рекомендаций по совершенствованию объекта ФСА и принятие обоснованных решений по их реализации - предусматривает: проведение соответствующими службами экспертизы отобранных на предшествующем этапе предложений, представление рекомендаций на обсуждение руководству и руководящим органам по ФСА, оформление рекомендаций по окончательному решению с технико-экономическими расчетами, составление и утверждение плана-графика внедрения рекомендаций.

Таким образом, для ФСА характерно последовательное, поэтапное выполнение работ, начиная с выбора объекта анализа и сбора имеющейся информации и заканчивая выработкой предложений по изменению исследуемого объекта, направленных на снижение затрат.

Проведение ФСА возлагается на творческий коллектив, включающий специалистов, владеющих основами ФСА (постоянная исследовательская группа), руководителей отделов и служб, а также передовых рабочих-рационализаторов и ведущих специалистов предприятий (временная исследовательская группа). Координацию деятельности постоянной и временной групп осуществляет центральная группа ФСА, которая одобряет принятые решения и рекомендует их к внедрению.

ФСА как высокоэффективный универсальный метод снижения издержек широко применяется в настоящее время в таких капиталистических странах, как США, Канада, Япония, Англия, ФРГ. Постоянно расширяется не только география распространения ФСА, но и сфера его применения. Сначала этот метод использовался только для совершенствования конструкций изделий, уже освоенных производством, затем его начали применять и на стадии проектирования. В настоящее время в число объектов ФСА входят не только конструкции уже существующих или только разрабатываемых изделий, но и технологические процессы, строительные объекты, процессы управления, то есть практически все, что связано с необходимостью осуществления каких-либо затрат. ФСА используется в этих странах как метод рационализации производства, рассматривается как вспомогательный инструмент управления экономикой.

У нас в стране ФСА как метод выявления внутрипроизводственных резервов снижения себестоимости использовался в электротехнической, электронной, угольной промышленности, в химическом и нефтяном машиностроении, в машиностроении для легкой и пищевой промышленности. Вместе с тем, в настоящее время практически отсутствуют методические разработки по этому вопросу, учитывающие происшедшие изменения в экономике нашей страны и современные условия работы отечественных предприятий.

Поэтому существует настоятельная необходимость в разработке методических основ и практических рекомендаций по применению методов ФСА в рыночных условиях хозяйствования с учетом специфики деятельности российских предприятий. Основными задачами таких разработок на современном этапе являются:

- ознакомление практических работников с сущностью и порядком проведения функционально-стоимостного анализа;

- предоставление специалистам возможности приобрести определенные навыки по практическому применению ФСА в решении конкретных задач;

- обоснование экономических последствий от применения ФСА и показ их связи с повышением эффективности производства в целом и оптимизацией ФП, в частности.