ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО
Инженерно-технический институт
Инженерно-технический факультет
Кафедра машиноведения и технологического оборудования

Введение в профессиональную деятельность: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направлений подготовки «Техника и технология наземного транспорта»

Тирасполь, 2018

УДК [62:378](075.8)
ББК Ж.р3
В24

Составители: **Е.А.Царюк** ст.преп.; **В.П. Юсюз**, ст. преп.; **А.А. Цыулян**, спец.

Рецензенты:

С.А. Бодруг, главный инженер ОАО «Литмаш», г. Тирасполь
Е.В. Юрченко, канд. техн. наук, доцент кафедры машиноведения и технологического оборудования ПГУ им. Т.Г. Шевченко

Введение в профессиональную деятельность: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направлений подготовки «Техника и технология наземного транспорта»: / сост.: Е.А. Царюк, В.П. Юсюз, А.А. Цыулян. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2018.- 76с.- (в обл.)

В методических указаниях изложены общие моменты выполнения лабораторных работ, направленные на ознакомление студентов с научными основами профессиональной деятельности инженера, овладение культурой учебного труда в вузе, самостоятельное формирование у себя профессиональных качеств инженера.

Адресовано студентам, обучающимся по направлениям подготовки «Техника и технология наземного транспорта»

УДК [62:378](075.8)
ББК Ж.р3

Рекомендовано Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г.Шевченко

© Царюк Е.А., Юсюз В.П., Цыулян А.А., составление, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1……4

2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ……... .19

3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 …… 30

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 …… 37

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5……..... 56

6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ……70

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ……..76

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Технический объект и его описание

Цель: рассмотреть понятийную основу и методы решения творческих задач, относящиеся к техническим объектам (ТО).

Задание:

1. Законспектировать основные понятия и определения
2. Выбрать из множества технических объектов ТО для его описания
3. Выполнить описание ТО по иерархии:

– потребность ТО;
– техническая функция ТО;
– функциональная структура ТО;
– физический принцип действия ТО;
– техническое решение ТО;

1 Основные понятия

Система основных понятий позволит рассуждать на одном языке о разных объектах техники и достаточно четко сопоставлять их свойства. При формировании основных понятий будем руководствоваться следующими принципами: каждое понятие должно иметь отношение ко всем известным (или почти ко всем) **техническим объектам (ТО)** и методам **инженерного творчества (ИТ)**; в этом и заключается инвариантность понятия; понятия должны описывать основные свойства ТО, с которыми приходится иметь дело при проектировании, конструировании и изучении ТО; понятия должны описывать по возможности измеримые свойства ТО, имеющие количественную характеристику; вводимые понятия должны в наибольшей мере использовать и учитывать сложившуюся в технических науках терминологию; число основных понятий должно быть минимальным.

2 Технический объект и технология

Результатами ИТ чаще всего являются новые, более совершенные и эффективные технические объекты и технологии или, выражаясь языком патентоведов, новые устройства и способы.

Техническим объектом (ТО) будем называть созданное человеком или автоматом реально существующее (существовавшее) устройство, предназначенное для удовлетворения определенной потребности. К ТО можно отнести отдельные машины, аппараты, приборы, ручные орудия труда, одежду, здания, сооружения и т. п. устройства, выполняющие определенную функцию (операцию) по преобразованию объектов живой и неживой природы (условно объекты живой н неживой природы будем называть веществом), энергии или информационных сигналов. К ТО будем также относить любой из элементов (агрегат, блок, узел, деталь), из которых состоят машины, аппараты, приборы и т. д., а также любой из комплексов взаимосвязанных машин, аппаратов, приборов. Это может быть технологическая линия, цех, завод и т. п.

Как видно из определения, ТО представляет собой весьма широкое понятие. Так, например, к ТО можно отнести самолет и кофемолку, мачту ЛЭП и лопату, ЭВМ и туфли, завод и выпускаемые им болты и гайки. Как синоним понятия «технический объект» в литературе часто используют еще понятие «техническая система».

Существует иерархическое соподчинение ТО различных уровней. Так, например, машины или станки, являющиеся элементами технологической линии или цеха, могут быть разделены на агрегаты или блоки, которые, в свою очередь, состоят из узлов и деталей. В связи с этим введем понятие надсистемы, которое используется в ряде методов ИТ. Почти у любого ТО существует надсистема, т. е. другой ТО, в который он функционально включается или входит как отдельный элемент.

Обработка вещества, энергии или сигналов представляет собой выполнение с помощью ТО некоторой четко определенной последовательности операций. В связи

с этим *технологией будем называть* способ, метод или программу преобразования вещества, энергии или информационных сигналов из заданного начального состояния в заданное конечное состояние с помощью определенных ТО.

Разнообразие технологий так же велико, как и разнообразие ТО, и благодаря ИТ продолжает быстро возрастать. Существуют технология добычи угля открытым способом, различные технологии изготовления болтов и гаек, технологии изготовления блинов или тортов и т. д.

3 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 рисунке 1.

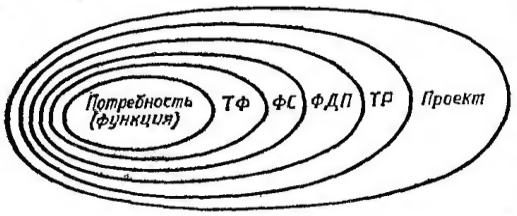


Рисунок 1 – Иерархия описаний ТО

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 формализованно можно представить в виде трех компонент:

$$P = (D,\ G,\ H), \tag{1}$$

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 1- 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)	—

Наряду с понятием потребности в инженерной практике также широко используется понятие функции ТО. 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.

Техническая функция (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:

$$F = (P,\ Q), \tag{2}$$

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

Q — физическая операция.

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

$$Q = (A_т,\ E,\ C_т),\ \text{или}\ Q = (A_т \rightarrow E \rightarrow C_т), \tag{3}$$

где $A_т$, $C_т$ — соответственно входной или выходной поток (фактор) вещества, энергии или сигналов; Е — наименование операции Коллера по превращению $A_т$ в $C_т$. Это описание отвечает на вопросы «что» ($A_т$), «как» (Е), «во что» ($C_т$) преобразуется с помощью описываемого ТО.

Число входов $A_т$, действий Е и выходов $C_т$ 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.

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 (ФО), т.е. между элементами имеют место два вида связей и соответственно два вида их структурной организации.

Таблица 2 - Примеры описания физических операций

Наименование ТО	A_T	E	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 устои моста)
Электрический термометр	Температура среды	Преобразование и сравнение	Электрический ток

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. 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 200х200 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 $м^3/с$, а на выходе — электрический ток напряжением 380 В и частотой 50 Гц.

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

Взаимосвязанный набор ФО, 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 $A_т$ и выходные $C_т$ 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.

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:

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

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 Ат, Ст 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).

Таблица 3- Примеры описания физических эффектов

Наименование физико-технического эффекта	A	B	C
Закон Гука	Сила	Твердое тело	Линейная деформация
Закон Джоуля—Ленца	Электрический ток	Проводник	Теплота
Термоэлектронная эмиссия	Теплота (нагревание)	Оксидная суспензия	Поток электронов
Пьезоэлектрический эффект	Деформация (сила)	Пьезокристалл	Электрическое поле
Ультразвуковой капиллярный эффект	Ультразвук	Жидкость в капилляре	Подъем жидкости

Физический принцип действия (ФПД). Под ФПД будем понимать ориентированный граф, вершинами которого являются наименования физических объектов В, а ребрами входные А и выходные С потоки вещества, энергии и сигналов. Таким образом, во многих случаях ФПД легко построить с помощью потоковой ФС путем замены наименований элементов или физических операций на наименования объектов В. Описание ФПД, как правило, содержит изображение принципиальной схемы ТО, в которой в упрощенно-идеализированной форме показаны основные конструктивные элементы, обеспечивающие реализацию ФПД, и указаны направления потоков и основные физические величины, характеризующие используемые физико-технические эффекты. Принципиальная схема облегчает последующую разработку (конструирование) технического решения.

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:

- 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 (ТС), комплекс ТС. 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 имеющихся 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.

При вращении педалей 9 вращающий момент посредством цепной передачи 8 передается от оси педалей на заднее колесо, которое служит движителем 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.

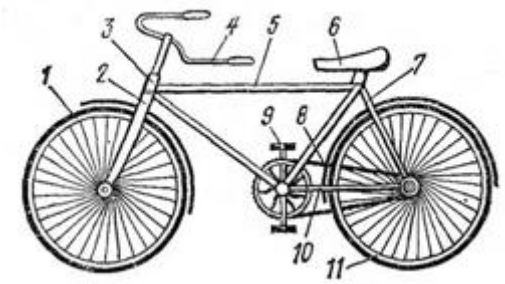


Рисунок 2- Дорожный велосипед

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 уникальное 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.

ХАРАКТЕРИСТИКА И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ОПЕРАЦИЙ КОЛЛЕРА

1. Излучение — поглощение. Излучение будем соотносить с источником энергии, вещества или информации, поглощение — со стоком (местом впадения) энергии, вещества или информации (сигналов). Эти две основные операции, противоположные друг другу, представляют собой необходимое условие для создания или ликвидации потока (вещества, энергии или информации). Источники и стоки могут быть природные и искусственные (например, источники — солнце, топливо, генераторы; стоки — звукопоглощающее покрытие, заземление и т. п.). Источниками являются также все естественные источники энергии вещества или сигналов. В технических системах стоком в большинстве случаев служит природная окружающая среда. Для практического конструирования ТО обе эти операции, по мнению Р. Коллера, обычно имеют сравнительно небольшое значение.

2. Проводимость — изолирование. Для возникновения потока, кроме наличия источника и стока, требуется, чтобы между ними было проводящее пространство, обеспечивающее движение или распространение потока от источника к стоку (здесь Еге имеется в виду специальная организация потока, например, с помощью трубопровода).

Примеры проводящего пространства: воздушное пространство электролит и т. п.; примеры изолирования: непрозрачные шторки, изолятор, стенка и т. п.

3. Сбор — рассеяние. Основная операция «сбор» служит для того, чтобы поток (ресурсы) энергии, вещества и сигналов, распространяющийся по всем направлениям (рассредоточенный в пространстве или движущийся широким фронтом) заставить протекать в одном направлении или сосредоточиться (сфокусироваться) в одной точке. Операцию «сбор» осуществляет, например, параболическая антенна, фокусирующая линза, патрубок, через который вытекает жидкость из бассейна. Операция «рассеяние» служит для того, чтобы имеющийся сконцентрированный или упорядоченный поток рассеять, распространить по всем направлениям или направить более широким фронтом. Операцию «рассеяние»

осуществляет, например, антенна радиопередатчика, наконечник душа, рассеивающая линза и т. п.

Отметим различия между операциями «сбор — рассеяние» и «излучение—поглощение». Операции «излучение» и «поглощение» соответствуют первому (начальному) и последнему (конечному) участкам в потоке энергии, вещества или информации. До и после этих участков, можно сказать, нет организованного потока. Операции «сбор» и «рассеяние» соответствуют промежуточным участкам потока; до и после этих участков также существует организованный поток.

4. Проведение — непроведение. Операция «проведение» обеспечивает движение сконцентрированного потока по определенному заданному пути (траектории) с помощью технических средств, например, трубопровода, электропровода, шарнира. Непроведение означает, что на естественное направление движения и распространения потока ТО не оказывает никакого влияния (свободно падающая струя воды, летящая пуля, световой луч). Проведение — это движение, ограниченное связями; непроведение — свободное движение.

5. Преобразование — обратное преобразование. Это наиболее распространенные основные операции, противоположные друг другу, обеспечивают изменение свойств энергии, вещества и сигналов. Под преобразованием энергии понимается превращение одного вида энергии в другой, которое происходит, например, в электродвигателе или двигателе внутреннего сгорания. К различным видам относятся тепловая, кинетическая, потенциальная, звуковая, оптическая и другие виды энергии. Под преобразованием вещества понимается качественное изменение вещества, добавление или исчезновение определенных свойств вещества (например, изменения агрегатного состояния, нормальная проводимость — сверхпроводимость, немагнитное — магнитное вещество и т. п.).

Под преобразованием сигналов следует понимать операции, при которых одна физическая входная величина превращается в другую ¦выходную физическую величину.

6. Увеличение — уменьшение. Эти основные операции изменяют состояние потока, т, е. значения какой-либо скалярной или векторной физической величины.

При этом на входе и выходе имеем одну и ту же физическую величину. Примерами реализации операций «увеличение» и «уменьшение» являются: система рычагов, зубчатые передачи, передачи с изменяемым крутящим моментом, электрические трансформаторы, механические и электрические усилители, вентили, задвижки, регулирующие площадь сечения потока.

7. Изменение направления — изменение направления. Эти основные операции обеспечивают изменение направления векторной физической величины, значение которой остается неизменным. Изменение направления осуществляют: коленчатые равноплечие рычаги, передачи с коническими шестернями, зеркала и отражательные пластины, изогнутые трубопроводы или световоды и т. п.

Заметим, что для реализации операций «изменение направления» и «проведение» в отдельных случаях могут быть использованы одинаковые физические эффекты и соответственно одинаковые конструктивные элементы. Например, световод может применяться для проведения светового пучка и для изменения направления пучка лучей; такую же двойную функцию может иметь резиновый шланг с жидкостью. Это объясняется тем, что конструктивные элементы имеют не одно, а несколько свойств.

8. Выравнивание — колебание. Основная операция «выравнивание» преобразует колеблющийся (пульсирующий или нестационарный) поток в стационарный (электрические выпрямители, муфты свободного хода, обратные запорные клапаны и т. п.). Операция «колебание» производит обратное преобразование (кривошипный механизм, преобразующий равномерное вращательное движение в колебательное, прерыватель, колебательный контур).

9. Связь — прерывание. Основная операция «прерывание» аналогично выключателю прерывает (останавливает) поток энергии, вещества или информации и соответственно прекращает их передачу от одного пункта к другому. Операция «связь», напротив, восстанавливает (возобновляет) движение или передачу энергии, вещества и сигналов в потенциально существующем потоке. Примеры реализации этих операций: выключатели, соединительные муфты, затворы, задвижки, запорные клапаны и т. п.

Следует заметить, что для реализации операций «связь—прерывание» и «увеличение—уменьшение» в отдельных случаях могут быть использованы одинаковые конструктивные (функциональные) элементы, которые обеспечивают реализацию двух основных операций (например, два движка на трубопроводе и т. д.).

10. Соединение — разъединение. Основные операции «соединение разъединение» имеют отношение к неоднородным потокам (энергий, веществ и сигналов), имеющим различные значения физических величин (массу, плотность, окраску, агрегатное состояние, амплитуду, длину волны, геометрическую форму, размеры и т. д.). Примеры реализации операции «соединение»: смесители механических компонент, частот, электрических сигналов, карбюраторы и насосы, соединяющие энергию и вещество и т. п. Примеры реализации операции «разъединение»: сепараторы, центрифуги, различные фильтры, спектроскопы, сортирующие устройства, гидравлические двигатели, или турбины, радиаторы водяного отопления, разъединяющие энергию и вещество и т. п.

11. Объединение — разделение. Основные операции «объединение—разделение» обеспечивают соответственно объединение нескольких однородных потоков энергии, веществ или сигналов в один поток или, напротив, разделение одного потока на несколько однородных потоков (т. е. устройства, реализующие операции «объединение—разделение», взаимодействуют с такими потоками энергии, веществ и сигналов, в которых параметры потока, кроме количества энергии, вещества или сигналов, до и после устройств объединения — разделения остаются неизменными). Примеры реализации операций «объединение—разделение»: тройники и разветвления в водопроводных, тепловых, газовых, электрических и измерительных сетях передачи с распределением энергии, вещества или сигналов; дифференциалы; устройства для сварки, пайки и резки материалов и т. п.

12. Накопление — выдача. Потоки энергии, веществ и информации могут накапливаться и при необходимости востребоваться из накопителя. Для этого

существуют две основные операции «накопление— выдача». Примеры реализации этих операций: для потоков энергии — механические, гидравлические, пневматические, электрические и тепловые аккумуляторы; для веществ — резервуары, баки, газовые баллоны, бункеры, элеваторы и т. п. для сигналов — перфокарты, магнитные ленты и диски, фотопленки и т. п.

13. Отображение — обратное отображение. Операция «отображение» применяется в том случае, когда реальный поток энергии, вещества или физических сигналов на входе в процессе преобразования получает информационное отображение на выходе в графическом, числовом и другом виде, удобном для визуальной оценки, наблюдения или расчета. Это может быть код, запись, изображение числового значения на цифровом индикаторе, показания на шкале прибора, изображение на экране дисплея или телевизора и т. д. «Обратное отображение» связано со случаями, когда на входе задается числовое значение или графическое изображение, а на выходе получается поток реального вещества или энергии.

14. Фиксирование — расфиксироваиие. Операция «фиксирование» связана с уменьшением числа свободы движения ТО, включая закрепление его в определенной точке пространства и уменьшение числа степеней свободы движения до нуля. Операцию «фиксирование» осуществляют приспособления и объекты, которые закрепляют одни элементы или системы к другим, поддерживают составные части ТО на определенном расстоянии друг от друга, фиксируют заданное положение объекта. Здесь имеется в виду не только уменьшение степеней свободы какого-либо элемента относительно другого, а закрепление его на строго определенном расстоянии. В последнем случае на входе имеется неопределенная координата (одна или несколько), а на выходе — координаты, имеющие для данного технического объекта определенное значение. Операция «расфиксирование» связана с увеличением числа степеней свободы перемещения или с уменьшением определенности положения в пространстве.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что называется техническим объектом и технической системой. Привести примеры.
2. Дать определение « технология». Привести примеры.
3. Дать описание свойств технического объекта. Привести пример иерархии.
4. Что такое потребность технического объекта. Привести пример описания потребности для технического объекта.
5. Что такое техническая функция объекта. Привести пример описания технической функции для объекта.
6. Какими компонентами можно представить физическую операцию технического объекта. Привести пример.
7. Привести пример функциональной структуры технического объекта.
8. Как можно описать физический принцип действия технического объекта. Привести пример.
9. Как описать техническое решение для объекта.
10. Для чего рассматривают операции Коллера.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Поиск и выбор проектно-конструкторских решений

Цель: методическая разработка проектно-конструкторских решений при исследовании новизны технического объекта

Задание:

1 Законспектировать основные понятия и определения

4 Построить иерархическую последовательность задач для выбора проектно-конструкторского решения

5 Обозначить взаимодействие выбранного ТО с окружающей средой

6 Отметить список основных требований, при выполнении которых ТО будет иметь допустимую (ожидаемую) работоспособность, эффективность, ремонтопригодность и т. п.

7 Для оценки соответствия ТО требованиям критериев качества выбрать тип модели и способ моделирования.

1 Систематика задач поиска и выбора решений

При разработке любого ТО, когда ставится цель получить изделие выше уровня лучших мировых образцов, конструктору предстоит решить иерархическую последовательность задач выбора проектно-конструкторских решений.

Рассмотрим различные типы задач:

1. Составление или уточнение описания потребности (функции). Наряду с качественным описанием указывают основные количественные характеристики действия *D*, объекта *G*, условий и ограничений *H*.

2. Выбор ФО (физической операции). Чаще всего для реализации одной и той же потребности существует несколько альтернативных ФО (рис. 3, 4). Проектировщику предстоит выбрать наиболее перспективную из них.

3. Выбор ФС (функциональной структуры). Для реализации одной и той же технической функции исходя из описаний потребности и ФО и с учетом ФС, близких и аналогичных ТО, возможно построение нескольких альтернативных ФС (см.рисунок 3), из которых также предстоит выбрать наиболее рациональную.

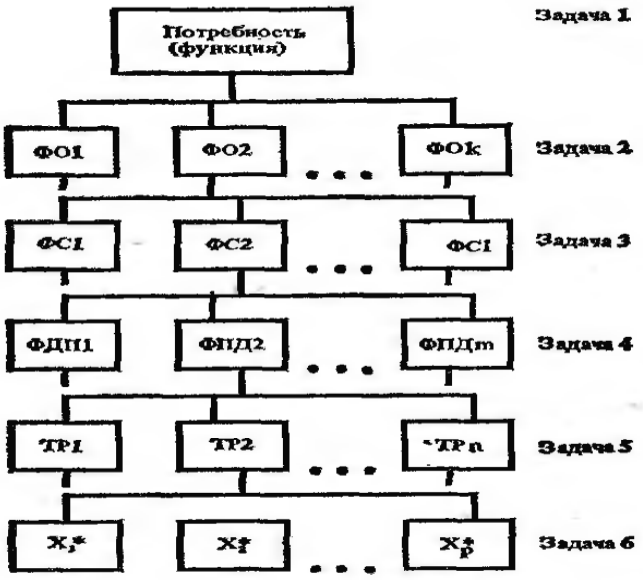


Рисунок 1- Иерархия задач выбора проектно-конструкторских решений

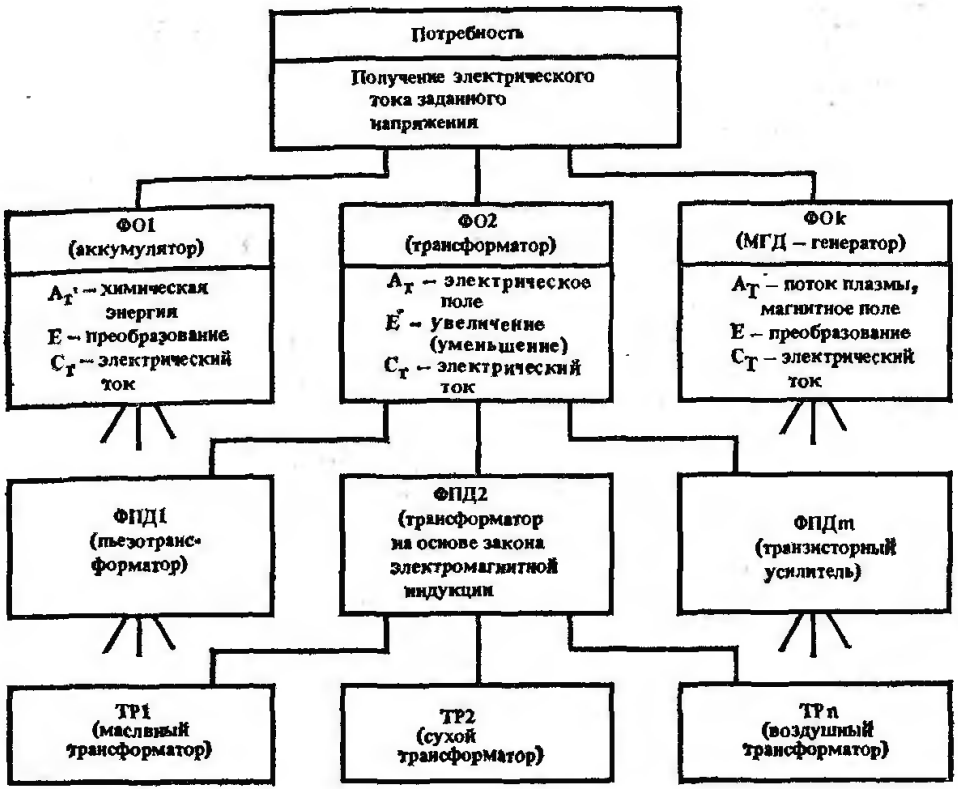


Рисунок 2- Пример иерархии или систематики ТО

4. Выбор ФПД (физического принципа действия). У одной и той же потоковой ФС (функциональной структуры) различные элементы могут быть реализованы на основе различных физико-технических эффектов. В связи с этим иногда может быть синтезировано большое число возможных ФПД, из которых также предстоит выбрать наиболее эффективный вариант (см.рисунок 3,4).

5. Выбор ТР (технического решения). Один и тот же ФПД может быть реализован несколькими, а иногда очень большим числом (сотни и тысячи) практически приемлемых вариантов ТР, из которых предстоит выбрать лучшее решение (см. рисунок 3, 4).

6. Выбор параметров ТО и его элементов. При решении этой задачи ставят и решают иерархическую последовательность подзадач поиска и выбора оптимальных параметров ТО и его элементов. В каждой такой подзадаче

производится выбор по существу на бесконечном множестве возможных вариантов (см. рисунок 3).

Хотя все эти типы задач можно отнести к творческим инженерным задачам, однако наиболее ярко выраженную принадлежность к таковым имеют задачи типов 3—5. Выделенные типы задач и последовательность их решения имеют определенную идеализацию и условность, поскольку на практике проектирование и конструирование идут ирационно с многочисленными возвратами, а решение смежных задач часто совмещается. Перечисленные задачи поиска и выбора проектно-конструкторских решений имеют одно интересное свойство. С повышением уровня задачи (от типа 6 до типа 1) ее успешное решение дает больший экономический эффект, вызывает более заметный технический прогресс в данной области и обеспечивает разработку изделий с большим сроком морального старения. Так, например, решение задачи 6 обычно улучшает интересующие технико-экономические показатели изделий на 10—15 %, решение задачи 5 — на 20—30 %, задачи 4 — на 30—50 % (иногда в несколько раз). Еще более важным оказываются изобретение и обоснование новых ФО и потребностей.

2 Окружающая среда технического объекта

Каждый ТО находится в определенном взаимодействии с окружающей средой. Для конкретного ТО в качестве окружающей среды могут выступать его надсистема, объекты неживой и живой природы и другие ТО, которые находятся в функциональном или вынужденном взаимодействии с рассматриваемым ТО и оказывают заметное влияние на его проектно-конструкторское решение.

Взаимодействие ТО и окружающей среды может происходить по нескольким каналам связи, которые легко разделить на две группы. Первая группа включает потоки вещества, энергии и сигналов, передаваемые от окружающей среды к техническому объекту. К ним относятся (рис. 5): $А_т$—функционально обусловленные входные воздействия (входные патоки в ФО); $А_в$ —вынужденные входные воздействия (температура, влажность, пыль, деятельность насекомых).

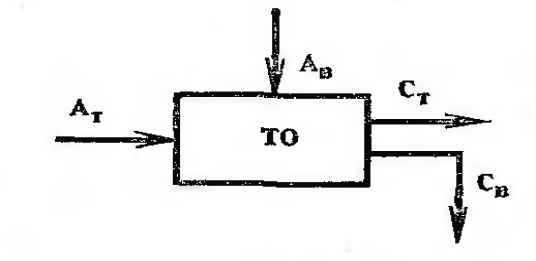


Рисунок 3- Взаимодействие ТО с окружающей средой

Вторая группа — это потоки, которые передаются от рассматриваемого ТО окружающей среде (рис. 5): Ст — функционально обусловленные выходные воздействия (выходные потоки в ФО); Св — вынужденные выходные воздействия (загрязнение воды, земли и воздуха, токи СВЧ и т. д.).

3 Список требований

При разработке и проектировании ТО всегда имеет место определенный список требований, которым ТО должен удовлетворять. Здесь речь идет о необходимом и достаточном наборе требований, при выполнении которых изделие будет иметь допустимую (ожидаемую) работоспособность, эффективность, ремонтопригодность и т. п. Если в таком наборе не будет учтено и выполнено хотя бы одно требование, то в созданном ТО проявится хотя бы один существенный недостаток или он будет неработоспособен. Отсюда следует важность необходимого и достаточного списка требований, который в инженерных разработках составляет ядро технического задания.

Следует отметить, что в процессе разработки и проектирования ТО задают и уточняют несколько иерархически взаимосвязанных списков требований, которые соответствуют определенным этапам разработки. При этом каждый последующий список больше предыдущего и включает его в себя.

В общем случае представляется естественным иерархию указанных списков (рис. 6) поставить в соответствие с выделенными в п. 4 задачами выбора проектно-конструкторских решений (см. рис. 3). Дадим краткую характеристику содержания списков требований для каждого типа задач (этапа разработки).

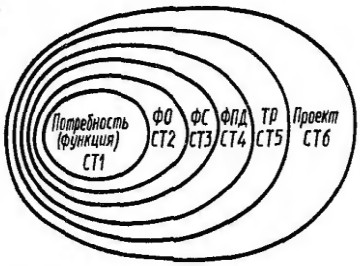


Рисунок 4- Иерархия списков требований (СТ)

Список требований 1 (СТ 1) включает функциональные требования, т. е. — перечень количественных показателей производимого действия, количественных показателей объекта (предмета обработки), на который направлено действие ТО, количественных показателей особых условий и ограничений, при которых выполняется действие. К таковым в первую очередь относятся надежность, вид и показатели используемой энергии, особые воздействия окружающей среды и т. п.

СТ 2 может включать дополнительно (рис. 6) перечень потоков веществ, энергии, сигналов на входе и выходе ТО или перечень требований и условий к выбору таких потоков; значения физических величин, характеризующих потоки; условия и ограничения на потоки, вызванные взаимодействием ТО с надсистемой и окружающей средой; условия и ограничения на потоки, связанные с их преобразованием внутри ТО. Уточненный список требований в основном зависит от выбранных потоков на входе ТО.

СТ 3 включает дополнительно наборы требований, аналогичные СТ 1, СТ 2, но относящиеся к функциональным элементам, из которых состоит ТО. Уточненный СТ 3 зависит от принятой функциональной структуры.

СТ 4, в дополнение к СТ 1—СТ 3, составляют для каждого выбранного ФПД отдельно. В СТ 4 входят условия и ограничения, накладываемые на выбор основных материалов, используемых при реализации физико-технических эффектов, а также условия и ограничения, вызванные сопутствующими (дополнительными) воздействиями реализуемых эффектов как на элементы ТО, так и на окружающую среду. Кроме того, СТ 4 может еще включать ограничения по энергопотреблению, обрабатываемым материалам или информации и т. д.

СТ 5 содержит дополнительно наборы требований и соответствующих количественных показателей по массе, форме, габаритным размерам и компоновке; выбору используемых материалов и комплектующих изделий; способам и средствам соединения и связи элементов между собой; управлению и регулированию; безопасности эксплуатации; патентоспособности; лимитной цене и т. д. СТ 5 в большой мере зависит от ТР.

СТ 6 включает набор требований по выбору оптимальных параметров ТО, запасам прочности, устойчивости, надежности, серийности изготавливаемого ТО, используемому технологическому оборудованию, взаимозаменяемости, стандартизации и унификации, условиям эксплуатации, транспортирования и хранения, сроку окупаемости на разработку и освоение и т. д.

4 Критерии развития, показатели качества и список недостатков технического объекта

Среди параметров и показателей, характеризующих любой ТО; всегда имеются один или несколько таких, которые на протяжении длительного времени (иногда всей истории существования рассматриваемого класса ТО) имеют тенденцию монотонного изменения или тенденцию поддержания на определенном уровне при достижении своего предела. Эти показатели всеми осознаются как мера совершенства и прогрессивности, и они оказывают очень сильное влияние на развитие отдельных классов ТО и техники в целом. Такие параметры и показатели будем далее называть критериями развития ТО. К таковым можно отнести степень механизации какого-либо технологического процесса, удельную материалоемкость или энергоемкость ТО, внешний вид ТО и т. д.

Наряду с критериями развития, существуют еще показатели качества (критерии качества) ТО, к которым в первую очередь относятся критерии развития и некоторые параметры, определенное изменение которых может приводить к улучшению качества и эффективности этого ТО. Кроме того, показатель качества

позволяет выбрать из двух альтернативных вариантов ТО или их описаний лучший вариант при равенстве или эквивалентности других показателей.

У любого ТО в процессе изготовления и эксплуатации сразу или со временем появляются определенные недостатки (дефекты), которые возникают чаще всего по следующим причинам:

– при проектировании ТО некоторые требования были занижены (например, оказался недостаточным объем резервных емкостей) или завышены (чрезмерный запас прочности в отдельных элементах); в список требований не включены какие - либо существенные требования (например, защита от насекомых одного из блоков);

– список имел лишние требования (введена обратная связь в автоматическом управлении, которая снижает эффективность работы оператора);

– значения некоторых параметров, и в первую очередь критериев развития, имеют показатели ниже мирового уровня, т. е. изделие оказалось неконкурентоспособным.

Если говорить кратко, к недостаткам относятся неучтенные требования, неудовлетворенные требования и требования, которые могут улучшить какой-либо показатель качества.

В итоге для каждого используемого ТО формируется список недостатков, который служит основой для составления списка требований при разработке и проектировании нового поколения ТО.

5 Модель технического объекта

Модель ТО позволяет получить ответы на два вопроса:

– соответствует ли рассматриваемый ТО или его описание (ТФ, ФС, ФПД, ТР или проект) данному требованию или списку требований?

– какой из двух альтернативных вариантов ТО лучше по данному показателю качества?

Для оценки соответствия требования и выбора лучшего варианта используют три типа моделей и соответственно три способа и средства моделирования.

1. Мысленные, или интуитивные, модели. Их реализует человек (эксперт), который на основе имеющихся знаний и опыта проводит мысленные эксперименты с ТО с целью выявить его соответствие требованиям или выбрать из двух вариантов наилучший по определенному показателю качества. Например, глядя на чертежи двух различающихся по конструкции путепроводов, эксперт может ответить на вопросы: выдержат ли они задаваемую нагрузку или нет; у какой конструкции меньше трудоемкость изготовления или расход бетона и т. д.

2. Математические модели. Они позволяют оценить требования и критерии качества с помощью расчетных формул, систем уравнений, алгоритмов и т. п. Для случая с путепроводом на основании формул и уравнений строительной механики и сопротивления материалов можно вычислить разрушающую и допустимую нагрузки. Используя формулы определения объемов тел, можно определить расход бетона, а с помощью специальной методики (алгоритма) — трудоемкость их строительства.

3. Физические модели. С их помощью можно оценить требования и критерии качества путем реализации и испытания самого ТО или его уменьшенных (иногда увеличенных) и часто упрощенных образцов. Так, построенный путепровод можно подвергнуть испытанию заданной нагрузкой; при строительстве можно провести хронометраж и точно определить трудоемкость изготовления. Еще до строительства можно изготовить (на основе критериев подобия) уменьшенную модель путепровода и также провести ее испытание в целях проверки соответствия требованиям.

Исторически с незапамятных времен человек пользовался мысленными и физическими моделями. Около 2 тыс. лет назад для оценки отдельных требований уже применяли математические модели. Начиная с XVII— XVIII веков стало быстро расширяться использование математических моделей в связи с бурным развитием математики, механики, термодинамики и других наук. Еще большие возможности в создании математических моделей принесли появившиеся в середине XX века быстродействующие вычислительные машины. У математических моделей в последнее время значительно расширилась область применения. Многие ТО сейчас

можно создавать уже без использования физических моделей (например, ряд строительных конструкций и сооружений, электрических машин, элементов автоматики и т. д.). Однако существует большое число ТО, для которых математические модели не вытеснили и, очевидно, долго еще не смогут вытеснить мысленные и физические модели (например, при разработке реактивных двигателей). Это объясняется двумя причинами. Во-первых, существующие возможности математических моделей пока недостаточны для описания явлений и процессов в некоторых ТО. Во-вторых, темпы развития и возрастания сложности ТО опережают возрастание возможностей математических моделей.

В настоящее время выбор того или иного типа моделей обусловливается требованиями по точности, временным затратам и стоимости моделирования. В табл. 6 приведена приближенная относительная оценка по этим показателям разных типов моделей, где в скобках отмечены отдельные отклонения от большинства случаев. В этой же таблице в нижней строке указаны задачи наиболее частого использования моделей.

В инженерной практике наряду с использованием в чистом виде указанных трех типов моделей используют также их различные комбинации. Например, аналоговое моделирование представляет собой комбинацию математического и физического моделирования. Имеет также место комбинирование мысленных и математических моделей, когда в методике (алгоритме) расчета используют предварительные или последующие экспертные оценки.

Таблица 1-Относительная оценка различных способов моделирования ТО

Показатели	Модели		
	мысленные	математические	физические
Точность оценки требований	Низкая	Средняя (высокая)	Высокая
Временные затраты на оценку требований	Малые	Средние (малые)	Большие
Стоимость оценки требования	Низкая	Средняя	Высокая
Вид задач	Выбор ФО, ФС, ФПД, ТР	Выбор ФПД, ТР, параметров	Выбор ТР, параметров

Существует иерархия моделей, соответствующая иерархии списков требований (см. рис. 6). При этом для каждого ТО существует такая же иерархия моделей, в которой каждая последующая модель более детально оценивает ТО и содержит все предыдущие оценки. Иерархия моделей согласуется также с иерархической последовательностью задач выбора проектно-конструкторских решений.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислить типы задач проектно-конструкторских решений.
2. Для чего строят иерархию задач выбора проектно-конструкторских решений.
3. Какие типы зада проектно-конструкторских решений можно отнести к творческим инженерным задачам.
4. Как называются каналы связи технического объекта с окружающей средой.
5. Как происходит взаимодействие технического объекта с окружающей средой.
6. Характеристика содержания списка требований для каждого типа проектно-конструкторских задач.
7. Дать иерархию списка требований для проектно-конструкторских задач.
8. Дать определение критерию развития технического объекта.
9. Дать определение критерию качества технического объекта.
10. Для чего нужен список недостатков технического объекта.
11. Для чего нужна модель технического объекта.
12. Перечислить типы, способы и средства моделирования технических объектов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Построение конструктивной функциональной структуры

Цель: изучение конструкции и структуры ТО, который требуется усовершенствовать.

Задание:

1 Законспектировать основные понятия и определения.

2 Разделить ТО на элементы, выделить объекты окружающей среды (ОС), с которыми рассматриваемый ТО находится в функциональном или вынужденном взаимодействии и которые существенно влияют на конструкцию ТО.

3 Среди всех выделенных элементов ТО выделить главный элемент.

4 Выполнить описание функций элементов.

5 Выполнить конструктивную функциональную структуру ТО.

Рассмотрим методику 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.

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 авторучке, 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.

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. 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 G 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 таблице 1 приведены примеры главных элементов и соответствующих им объектов ОС. 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, ...

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

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

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

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)

<u>Описание функций элементов.</u> При описании функций элементов целесообразно в скобках дублировать обозначения объектов ОС и других элементов, которые участвуют в описании функции. Сами функции будем обозначать буквами Φ_0, Φ_1, Ф2, ... (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.

<u>Построение конструктивной функциональной структуры.</u> 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 графа. Ребра выходят из вершин-элементов, чьи функции они описывают, и заканчиваются в вершинах-элементах, работу которых они обеспечивают, или в вершинах-объектах ОС, взаимодействующих с рассматриваемым элементом. Из каждой вершины-элемента выходит столько ребер, сколько имеет элемент. Вершины, в которых 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 графа (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 рисунке 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.

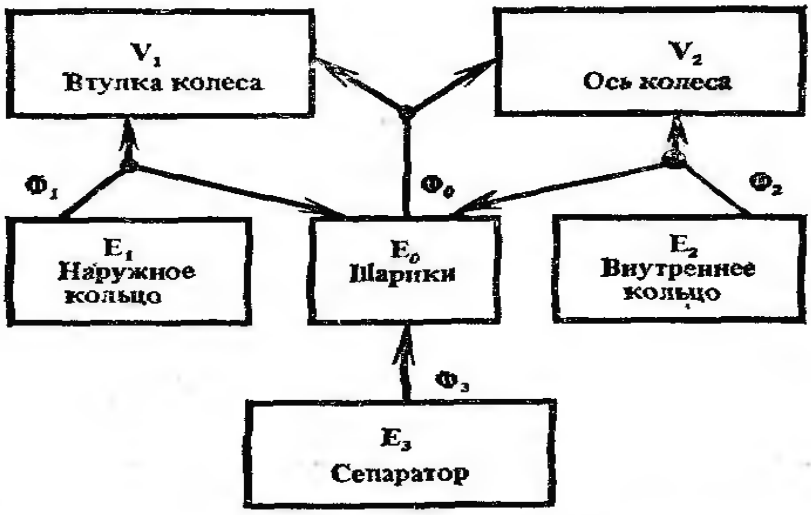


Рисунок 1 – Конструктивная ФС шарикоподшипника

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

<u>Построение конструктивной ФС технологического процесса, материала или вещества</u>. 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 Е, а ребрами — элементарные операции Ф с указанием режимов обработки. У материалов к вершинам относятся компоненты Е, из которых состоит материал, а ребрами — функции компонентов Ф.

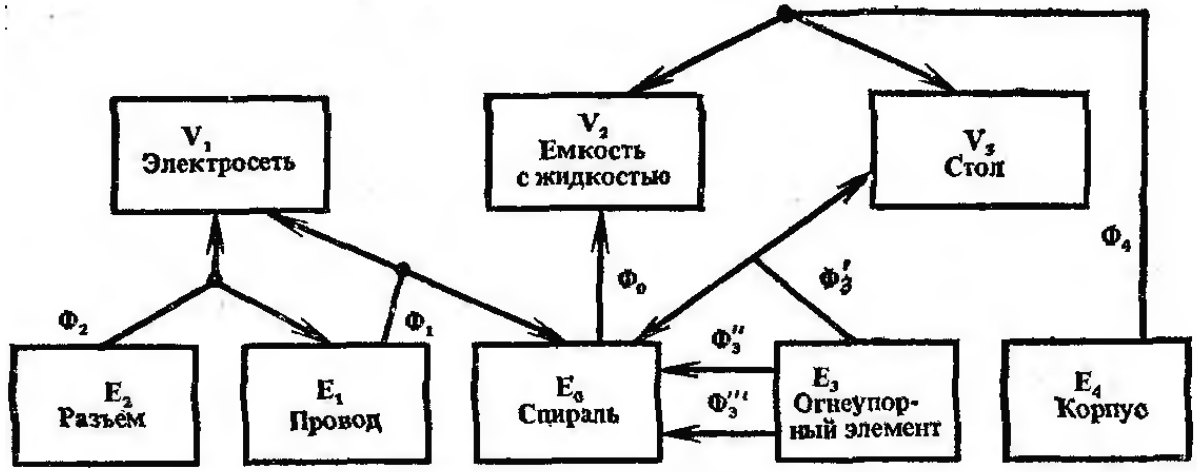


Рисунок 2 – Конструктивная ФС электроплитки

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что называем неделимым элементом технического объекта.
2. Для чего необходимо разделение технического объекта на укрупненные функциональные элементы.
3. Что называем главным элементом технического объекта.
4. Для чего при выборе главных элементов из окружающей среды выбирают соответствующие им объекты.
5. Из чего состоит описание функций элементов технического объекта.
6. Как строится конструктивная функциональная структура технического объекта.
7. Для чего строят конструктивную функциональная структура технологического процесса, материала или вещества.
8. Что представляет из себя конструктивная функциональная структура технического объекта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Выбор и описание критериев развития технического объекта

Цель: сформировать и описать набор критериев развития для интересующего класса ТО.

Задание:

1 Законспектировать основные понятия и определения.

2 Определить условия и требования, с помощью которых для выбранного класса ТО можно выделить его критерии развития

3 Выделить набор критериев развития для интересующего класса ТО.

4 Дать описание каждого критерия.

1 Требования к выбору и описанию критериев развития ТО

Значение критериев развития особенно важно для специалистов, которые стремятся при разработке новых изделий превзойти уровень лучших мировых достижений или приобрести изделия на уровне лучших мировых достижений. Для решения этих задач критерии развития играют роль компаса, указывающего направления магистрального прогрессивного развития изделий и технологий.

Поскольку любой ТО, как правило, имеет несколько критериев развития, то принцип прогрессивного развития для каждого нового поколения ТО заключается в улучшении одних и не ухудшении других критериев.

Наборы критериев развития для различных классов ТО в значительной степени совпадают, поэтому в целом развитие техники в большой мере подчинено, можно сказать, единому набору критериев, определяющих развитие техники.

Этот единый набор включает следующие четыре группы критериев:

- функциональные критерии, характеризующие важнейшие показатели реализации функции ТО;
- технологические критерии, связанные только с возможностью и простотой изготовления ТО;
- экономические критерии, определяющие только экономическую целесообразность реализации функции с помощью рассматриваемого ТО;
- антропологические критерии, связанные с вопросами человеческого фактора или воздействия положительных и отрицательных факторов на людей, вызванного созданным ТО.

На рисунке 11 показана систематика критериев развития ТО, реализующих различные функции. Этот перечень не претендует на исчерпывающую полноту. Определим условия и требования, с помощью которых для любого класса ТО можно выделить его критерии развития.

Условие измеримости. За критерии развития могут быть приняты только такие параметры ТО, которые допускают возможность количественной оценки по одной из шкал измерений: шкале отношений, шкале интервалов, шкале порядка. Предпочтение отдается шкале отношений, но, если она неприемлема, то школе интервалов и в последнюю очередь шкале порядка.

Условие сопоставимости. Критерий должен иметь такие единицы измерения, которые позволяют сопоставлять ТО для разных времен и стран. Лучше всего подходят безразмерные величины и удельные величины, с помощью которых можно сопоставлять ТО соответственно с различными функциями и с одинаковой функцией или близкими функциями.

Условие исключения. За критерии могут быть приняты такие параметры ТО, которые в первую очередь характеризуют его эффективность и оказывают определяющее влияние на его развитие. Если эти параметры не принимать во внимание при создании новых поколений ТО (такой мысленный эксперимент нетрудно провести), то это может привести к следующему: возникновению нежелательных путей развития рассматриваемого класса ТО; полному отсутствию развития; значительно меньшей мере удовлетворения потребностей человека (пользователя) или вообще полному неудовлетворению.

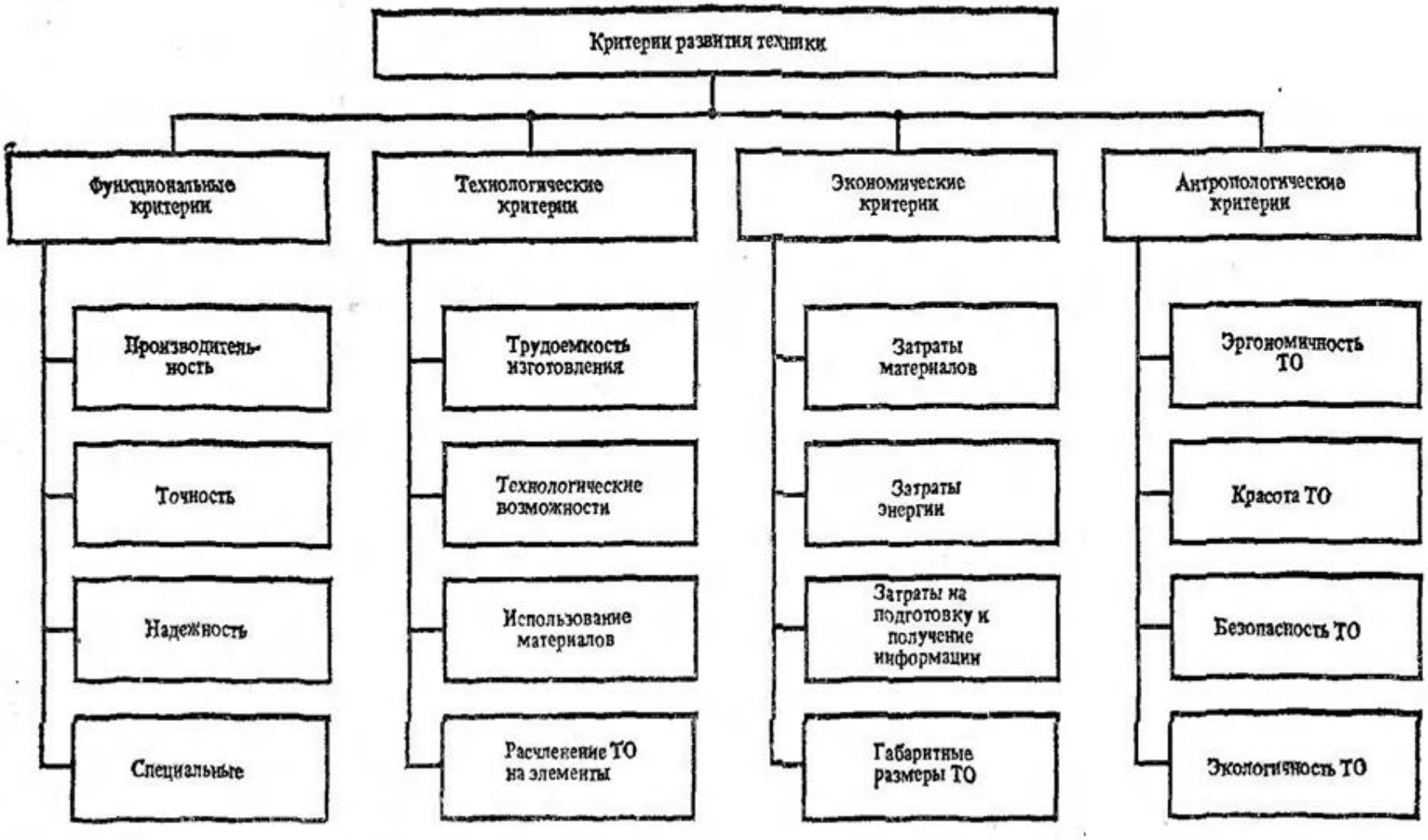


Рисунок 1- систематика развития техники

Условие постоянства. За критерии могут быть приняты такие параметры ТО, для которых всегда имеет место условие исключения.

Условие минимальности и независимости. Вся совокупность критериев развития должна содержать только такие, которые не могут быть логически выведены из других критериев или не могут быть их прямым следствием.

После выделения набора критериев развития для интересующего класса ТО конструктор или изобретатель должен дать описание каждого критерия. Такое описание включает следующие сведения.

1. Сущность критерия, время и причины его возникновения.
2. Формула или способ измерения критерия, включая указание шкалы или единицы измерения.
3. Диапазон и характер изменения значений критерия во времени.
4. Оценка степени общности критерия по трехбалльной шкале:

а) критерий имеет отношение к рассматриваемому классу ТО с одинаковыми или близкими функциями;

б) критерий имеет отношение к нескольким классам ТО с различными функциями, но определенными общими свойствами;

в) критерий имеет отношение к ТО с любой функцией.

Оценка степени общности критерия указывает на возможности заимствования улучшенных технических решений из других областей техники.

5. Оценка изменения относительной значимости (актуальности) критерия в прошлом и обозримом будущем по трехбалльной шкале:

а) актуальность возрастает; б) остается неизменной; в) снижается.

6. Основные способы и средства улучшения критерия.

2 Функциональные критерии развития ТО

Для каждого ТО функциональные критерии развития представляют собой количественную характеристику основных показателей реализации функции ТО, т. е. эти критерии выявляют на основе анализа описания функции ТО. Поскольку

функции ТО характеризуются самыми различными показателями, то практически невозможно дать исчерпывающий перечень функциональных критериев. В связи с этим рассмотрим только некоторые наиболее часто действующие функциональные критерии.

Среди них можно выделить три группы критериев (см. рисунок 11): производительности, точности и надежности.

Критерий производительности всегда может быть измерен или вычислен.

Таблица 1-Примеры формул критерия производительности

Наименование ТО	Структура формулы	Единица измерения
Электробритва	$1/T$	человек/ч
Чайник	V/T	л/ч
Автомобиль	$G \cdot v$	т·км/ч
Токарный станок	M	м²/с
Мельница	q	кг/ч
Двигатель внутреннего сгорания	$M \cdot \omega$	Н·м/с
Насос	$Q \cdot h$	л·м/с
Трансформатор	N	кВ·А

Структура формулы для вычисления критерия и единица измерения производительности могут быть самыми различными. Примеры приведены в табл. 1, где приняты следующие обозначения: T — время; V — объем; G — грузоподъемность; v — скорость; M — момент на валу; ω — угловая скорость; Q — расход; h — высота подъема; N — мощность.

Критерий производительности представляет собой интегральный показатель уровня развития техники, который непосредственно зависит от ряда параметров, определяющим образом влияющих на производительность труда. Эти параметры представляют собой как бы частные функциональные критерии; к ним относятся:

1) скорость обработки объекта (число оборотов или операций в единицу времени, скорость движения рабочих органов машины, транспортной машины, протекания химической реакции и т. п.);

2) физические и химические параметры (температура, давление, напряжение и др.), определяющим образом влияющие на интенсивность обработки объекта (предмета обработки);

3) степень механизации труда;

4) степень автоматизации труда;

5) непрерывность процесса обработки.

Определим критерии пп. 3—5, которые в отличие от критериев пп. 1, 2 являются комплексными и зависят от многих факторов.

Критерий механизации равен отношению механической работы, выполняемой только ТО, ко всей механической работе, выполняемой суммарно ТО и человеком (коллективом людей) при получении определенной продукции.

Критерий автоматизации равен отношению числа управляющих операций, выполняемых только ТО, к общему числу управляющих операций, выполняемых суммарно ТО й человеком при получении определенной продукции.

Критерий непрерывности процесса обработки, связанный с получением определенной готовой продукции, равен отношению числа операций, выполняемых с использованием непрерывных процессов, к общему числу операций с использованием непрерывных и прерывистых процессов воздействия на предмет обработки. Под непрерывными процессами здесь понимаются вращательное, поступательное и поточное движения без существенного снижения скорости или безостановочная обработка; под прерывистыми процессами — возвратно-поступательное движение, операции с остановками или прерываниями технологического процесса при переходе к следующей операции и т. п. Следует заметить, что в основе критерия непрерывности процесса обработки лежит один из главных способов повышения производительности труда.

Критерии точности включают следующие частные критерии:

- точности измерения;
- точности попадания в цель;
- точности обработки материала или вещества;
- точности обработки потока энергии;

- точности обработки потока информации.

Для этих частных критериев имеются развитые способы измерения и оценки точности, которые легко найти в специальной литературе.

Критерии надежности включают частные критерии:

- безотказности;
- долговечности;
- сохраняемости;
- ремонтопригодности.

Под надежностью ТО обычно подразумевают способность без отказов выполнять свою функцию с заданной вероятностью в течение определенного интервала времени. Критерий надежности возрастает с увеличением времени и вероятности безотказной работы. Критерии производительности, точности и надежности представляют собой монотонно возрастающие функции.

3 Технологические критерии развития ТО

Группа технологических критериев главным образом обеспечивает всестороннюю экономию живого труда при изготовлении ТО и подготовке их к эксплуатации. Кроме того, эти критерии направлены на экономию материалов, зависящую от технологических факторов, что опять же вносит определенную долю в экономию живого труда. Можно выделить четыре основных технологических критерия.

Критерий трудоемкости изготовления ТО. Критерий равен отношению суммарной трудоемкости T_c проектирования, изготовления и подготовки к эксплуатации изделия к его главному показателю эффективности Q, т. е. представляет собой удельную трудоемкость изготовления на единицу получаемой эффективности:

$$K_{\text{т}} = T_{\text{с}}/Q. \tag{1}$$

Главный показатель эффективности Q выбирают таким образом, чтобы критерий K_T объективно отражал прогрессивное развитие рассматриваемых ТО. В табл. 2 приведены примеры выбора показателя Q для различных ТО. Критерий K_T представляет собой монотонно убывающую функцию при условии, что сопоставление различных поколений ТО ведется по одному и тому же показателю эффективности Q.

Таблица 2-Примеры показателя эффективности ТО

Наименование ТО	Показатели эффективности	
	Наименование	Размерность
Двигатели, генераторы, трансформаторы и т. п.	Мощность	кВт
Средства транспорта	Масса перевозимого груза (число пассажиров) в единицу времени	т·км/ч (чел·км/ч)
Экскаваторы, прокатные станы и другие обрабатывающие машины	Производительность	м³/ч, т/ч, м/ч, шт/ч и т. п.
Автодорожные, железнодорожные мосты	Полезная нагрузка	Н
Муфты, редукторы	Крутящий момент	Н·м
Сельскохозяйственные плуги	Ширина захвата	м
Оружие и артиллерийские системы	Энергия пули, снаряда	Дж

Критерий трудоемкости является одним из самых древних, поскольку он действует и в сильной степени влияет на развитие ТО, начиная с каменного века, с первых искусственно изготовляемых орудий — ручных рубил. Актуальность этого критерия на протяжении всей истории техники всегда была и остается весьма высокой и неизменной.

Критерий технологических возможностей. Любой ТО, разработанный только с учетом функциональных и антропологических критериев (требований), может содержать не более пяти типов элементов (агрегатов, узлов, деталей):

A_C — стандартные или покупные элементы, получаемые в готовом виде;

$A_У$ — унифицированные элементы, заимствованные из существующих ТО;

$A_{Н1}$ — оригинальные (новые) элементы, изготовление которых не вызывает затруднений (могут быть изготовлены на имеющемся оборудовании), но требует разработки и отработки технологии их изготовления;

$A_{Н2}$ — оригинальные элементы, изготовление которых вызывает значительные, но преодолимые трудности (требуется разработка новой технологии с предварительным изготовлением сложной технологической оснастки, приобретение дефицитного оборудования и т. п.);

$A_{Н3}$ — оригинальные элементы, изготовление которых вызывает принципиальные, пока непреодолимые трудности (отсутствует в принципе или нельзя приобрести необходимое технологическое оборудование или подходящие материалы, требуется предварительное проведение НИР и ОКР и т. п.).

Критерий технологических возможностей, который должен отражать простоту и принципиальную возможность изготовления ТО, можно определять по формуле

$$K_{т.в} = \varepsilon \frac{k_с A_с + k_у A_у + k_{н1} A_{н1} + k_{н2} A_{н2}}{A_с + A_у + A_{н1} + A_{н2} + A_{н3}},$$

$$\text{где } \varepsilon = \begin{cases} 1, & \text{если } A_{н3} = 0; \\ 0, & \text{если } A_{н3} > 0; \end{cases} \qquad (2)$$

k_c, k_y, k_{H1}, k_{H21} — весовые коэффициенты, причем k_c=1, $k_c > k_y > k_{H1} > k_{H2}$ (например, k_y = 0,5, k_{H1}= 0,2, k_{H2}= 0,01); Ac, Ay, A_{H1}, A_{H2}, A_{H3} — соответственно число наименований стандартных, унифицированных и оригинальных элементов в ТО (под одним наименованием может быть несколько одинаковых элементов).

Критерий технологических возможностей изменяет свои значения на отрезке $0 \leqslant K_{т.в} \leqslant 1$. Основная форма представления критерия стимулирует исключение абсолютно нетехнологичных элементов A_{H3} и минимизацию элементов Ay, A_{H1}, A_{H2} в соответствии с их весовыми коэффициентами.

Критерий технологических возможностей отражает фактор наследственности в технике, аналогичный фактору наследственности в живой природе, определяемому законом Дарвина. При переходе от одного поколения ТО

к другому критерий $K_{Т.В}$ заставляет в наибольшей мере сохранять и использовать проверенные практикой функциональные элементы, отработанную технологию их изготовления и существующее технологическое оборудование.

Критерий технологических возможностей начал оказывать влияние на развитие техники с конца XVIII века, когда значительно возросла сложность ТО и в достаточной степени развилось «машинное производство машин», орудий труда и оружия, выпускаемых большими сериями. Актуальность критерия технологичности сильно возросла в первой половине XX века и продолжает расти.

Критерий использования материалов. Для изготовления элементов ТО используют различные природные материалы, отлитые заготовки, сортовой и листовой прокат, трубы различных профилей, специальные профильные заготовки (валы, шары, шестерни и т. п.) и др. В процессе обработки исходного материала и заготовок появляются обрезки, стружка и другие отходы, в результате чего масса готовых деталей и, соответственно, ТО получается меньше массы израсходованных материалов. В связи с этим потери, например, черных металлов в машиностроении составляют 20—25 %, отходы металла в стружку при обработке резанием — до 28 %, т. е. 4,5 млн. тонн в год. В целом коэффициент использования металла не превышает 0,55.

Поскольку доля отходов в большей мере зависит от технологических процессов и технологического оборудования, существует и действует технологический критерий использования материалов $K_{и.м}$ равный отношению массы изделия G к массе израсходованных материалов P (при этом покупные комплектующие элементы не учитываются):

$$K_{и.\,м} = G/P \tag{3}$$

Критерий $K_{и.м}$ можно назвать коэффициентом полезного использования материалов, поскольку по содержанию, характеру и диапазону изменения он близок к энергетическому коэффициенту полезного действия.

Критерий использования материалов начал проявлять свое действие в конце мустьерской эпохи (40 тыс. лет назад), когда более совершенные разнообразные каменные орудия стали в значительно большем количестве изготовлять в основном

из кремня, обсидиана, агата и других нешироко распространенных и находящихся в ограниченных количествах минералов. В это время формировалась технология экономного использования материалов. Актуальность критерия $K_{и.м}$ на протяжении всей истории техники всегда была и остается высокой и неизменной по отношению к любому классу ТО.

Критерий расчленения ТО на элементы. Почти каждый ТО можно выполнить из существенно меньшего числа элементов (узлов и деталей), чем он сделан на самом деле. Например, некоторые простые узлы можно изготовить в виде одной неразъемной детали, отдельные узлы объединить одной станиной и т. п. Такая минимизация числа элементов дает, казалось бы, определенный выигрыш за счет исключения элементов сопряжения и соединения (уменьшается общая масса изделия, повышается его жесткость и надежность, уменьшается трудоемкость механической обработки и сборки и т. д.). Однако такое кажущееся упрощение конструкции, наряду с указанными положительными моментами, часто приносит несоизмеримо большие потери. Дело в том, что большее расчленение часто сокращает время и трудоемкость разработки и доводки изделия в целом, поскольку в каждом новом изделии, как бы хорошо оно ни было спроектировано, имеются более или менее совершенные узлы. Поэтому в процессе разработки и доводки нового изделия экономичнее и проще устранять недостатки отдельных более простых узлов, чем сложных узлов или изделия в целом. Большее расчленение ТО на узлы и детали облегчает и расширяет унификацию и стандартизацию с присущими им преимуществами, позволяет чрезмерно сложные (с точки зрения изготовления) по конструкции элементы собирать из простых однотипных элементов.

Следует также отметить, что при чрезмерно мелком дроблении ТО на элементы многие из этих достоинств оборачиваются недостатками.

Кроме указанных технологических причин, на расчленение ТО влияют также функциональные, экономические и антропологические факторы. Это влияние рассматривается при обслуживании соответствующих критериев.

Таким образом, всегда существует оптимальное расчленение ТО на узлы и детали, которое значительно упрощает технологию разработки, доводки, изготовления, ремонта и модернизации изделий, является основой для унификации и стандартизации.

Критерий расчленения ТО на элементы обеспечивает в каждом новом поколении изделий приближение к оптимальному разделению на элементы. Критерий K_p имеет отношение к любому классу ТО, которые состоят более чем из одного элемента, серийно изготовляются и от поколения к поколению претерпевают прогрессивные конструктивные изменения.

4 Экономические критерии развития ТО

Критерий расхода материалов. Всесторонняя экономия материалов при разработке и изготовлении ТО вызвана рядом факторов. К основным причинам уменьшения расхода материала относятся:

- снижение стоимости ТО, поскольку стоимость материалов в ТО составляет 25—65 % их себестоимости;
- снижение транспортных и погрузочно-разгрузочных расходов при перевозке исходного сырья и материалов для изготовления ТО и при транспортировании готовых ТО к месту их использования;
- экономия энергии при эксплуатации ТО (таких, как транспортные, обрабатывающие и другие машины и устройства), в которых значительная часть энергии затрачивается на обеспечение поступательного, возвратно-поступательного, вращательного и других видов механического движения.

Критерий расхода материала *Км* равен отношению массы технической системы G к ее главному показателю эффективности Q:

$$K_{\text{м}} = G/Q, \tag{4}$$

т. е. представляет собой удельную массу материалов на единицу получаемой эффективности.

Критерий расхода материалов является одним из самых древних. Актуальность его на протяжении всей истории техники всегда была и остается весьма высокой и неизменной.

Критерий расхода энергии. При изготовлении и (или) эксплуатации ТО, как правило, расходуется определенное количество энергии. Поскольку удовлетворение возрастающих потребностей людей обычно жестко ограничивается имеющимися энергетическими возможностями, то указанные затраты энергии всегда стремятся свести к минимуму. В связи с этим существует и действует критерий расхода энергии:

$$K_э = \frac{W_п + E}{TQ}, \qquad (5)$$

где *Wп* — полная затрата энергии за время эксплуатации ТО; Е — затраты энергии при изготовлении ТО; Т — время эксплуатации ТО.

Поскольку большинство конструктивных мероприятий по улучшению критерия *Кэ* сводится к повышению доли энергии, используемой непосредственно для выполнения полезной работы, то в инженерной практике широко используют еще одну модификацию критерия расхода энергии, называемую коэффициентом полезного действия. Эта модификация критерия равна отношению полезной работы (энергии) W_0 к затраченной работе (энергии) W:

$$K_{КПД}=W_0/W \qquad (6)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) в какой-то мере можно назвать частным случаем критерия *Кэ* , тем более, что, например, для двигателей, генераторов, трансформаторов и других ТО, производящих энергию, критерий равен обратной величине критерия $K_{КПД}$. Критерии *Кэ*, как правило, представляют собой монотонно убывающую во времени функцию при условии,

что сравнение различных поколений ТО ведется по одному и тому же сопоставимому показателю эффективности Q. Критерий $K_{КПД}$ является монотонно возрастающей функцией, которая принимает значения в интервале $0 < K_{КПД} < 1$; при этом подразумевается сравнение ТО с одинаковыми физическими принципами действия. История техники знает немало случаев, когда переход на более

перспективный источник энергии происходил со снижением КПД. Ярким примером может служить переход в XVIII веке от водяных колес с КПД порядка 60—70 % к паросиловым установкам с КПД 0,6—0,7 %.

Критерий расхода энергии является также одним из самых древних, поскольку, начиная с каменного века, люди стремились при получении единицы продукции минимизировать затраты энергии. Актуальность этого критерия на протяжении всей истории техники была и остается весьма высокой и неизменной. Имеются все основания утверждать, что критерий *Кэ* проявляет свое действие и влияние (в большей или меньшей мере) по отношению к любому классу ТО.

Критерий затрат на информационное обеспечение. В последнее время в связи с широким использованием вычислительной техники появились и возросли затраты на подготовку и обработку информации при создании и эксплуатации многих ТО. Эти затраты становятся сопоставимыми с затратами на материалы и энергию, а прибыли от них быстро возрастают. В связи с этим появилась необходимость введения критерия затрат на информационное обеспечение в виде отношения

$$K_{и.\ о} = S/Q \tag{7}$$

где S — затраты на подготовку и обработку информации, включающие стоимость или эксплуатацию вычислительной техники, разработку (или аренду) программного и информационного обеспечения и т. д.

Этот критерий представляет собой монотонно убывающую функцию. Однако критерий может иметь скачки, когда дополнительные значительные затраты S связаны с переходом на принципиально новую перспективную вычислительную технику, которая сразу не дает опережающего повышения эффективности ТО.

Критерий габаритных размеров ТО. Снижение габаритных размеров ТО и их элементов связано в первую очередь с получением следующих выгод:

- уменьшение площади и объема зданий и помещений, в которых постоянно или временно находятся ТО;

- уменьшение площади земли, занимаемой непосредственно ТО или зданиями, в которых находятся ТО;
- увеличение полезного объема в ТО типа летательных и космических аппаратов, судов, подводных лодок и т. п.;
- сокращение расходов по защите ТО (расходы на материал корпуса, кожухи, чехлы, лакокрасочные покрытия и т. п.) и уходу за ними;
- сокращение расходов по транспортированию ТО.

Критерий габаритных размеров равен отношению основных габаритных размеров технического объекта *V* к его эффективности .

$$K_г = V/Q \tag{8}$$

Если наиболее важным является снижение объема ТО, то ***V*= *LBH***; если снижение занимаемой площади представляется более важным показателем, чем объем, то ***V* = *LB***, если наиболее важным из габаритных параметров является уменьшение некоторого линейного размера, то ***V* = *L*** (***L, B, H*** — соответственно длина, ширина и высота ТО). За эффективность *Q* принимают те же показатели, что и в критерии использования материалов.

Критерий Кг, как правило, представляет собой монотонно убывающую функцию при условии сопоставления различных поколений ТО по одному и тому же сопоставимому показателю эффективности Q. Актуальность этого критерия все время монотонно возрастает. Критерий Кг имеет влияние на развитие подавляющего большинства ТО за исключением тех, у которых уменьшение габаритных размеров функционально ограничено, например, размерами человека, животных и других объектов, имеющих неизменные размеры.

5 Антропологические критерии развития ТО

Группа антропологических критериев обеспечивает по возможности наибольшее соответствие и приспособление ТО к человеку, снижение дискомфорта

и повышение положительных эмоций, снижение или исключение вредных и опасных (непосредственных или опосредственных) воздействий ТО на человека.

Критерий эргономичности ТО. Эффективность многих ТО в значительной степени зависит от того, насколько они приспособлены к психофизиологическим качествам человека-оператора, использующего этот ТО или управляющего им при воздействии на предмет обработки, т. е. насколько в системе человек—машина использованы физические, психические и интеллектуальные возможности человека.

Свойство системы человек-машина изменять свою эффективность в зависимости от степени использования возможностей человека-оператора называют эргономичностью.

Критерий эргономичности для конкретного ТО равен отношению реализуемой эффективности системы человек—машина к максимально возможной эффективности этой системы. Он представляет собой зависящую от времени монотонно возрастающую функцию, стремящуюся к своему пределу, равному единице.

Критерий эргономичности можно интерпретировать как коэффициент полезного действия человека в системе человек—машина, тем более, что граница и характер изменения значений этого критерия такие же, как у энергетического коэффициента полезного действия.

Критерий эргономичности действует с древнейших времен по отношению ко всем ТО, с которыми взаимодействует человек-оператор. Актуальность и значимость этого критерия оставалась стабильной до начала XIX века. Начиная со второй половины XIX века стали быстро возрастать разнообразие и сложность машин, станков, аппаратов, в результате чего стали также расти и расширяться требования к человеку-оператору.

Критерий красоты ТО. Эстетическое влияние ТО здесь понимается шире, чем принято в технической эстетике и художественному конструированию.

Критерий безопасности ТО. Многие ТО, а также выпускаемая ими продукция и используемое сырье оказывают или могут оказать на работающих и окружающих людей различные вредные или опасные воздействия:

- повреждение или поражение органов, приводящие к временной потере трудоспособности;
- тяжелые повреждения или поражения, приводящие к постоянной потере трудоспособности (перевод на инвалидность);
- смертельный исход (исходы).

В связи с этим существует критерий безопасности, под действием которого ТО в своем развитии имеет тенденцию понизить или исключить вредные и опасные воздействия на окружающих людей.

Критерий безопасности имеет отношение ко всем классам ТО, которые своим функционированием, выпускаемой продукцией или используемым сырьем оказывают или могут оказать на окружающих людей вредное или опасное воздействие.

Критерий экологичности. Критерий экологичности, или критерий сохранения окружающей среды, должен регулировать взаимоотношения между естественной природой и ТО с точки зрения комфортности и возможности жизни людей.

К факторам загрязнения и изменения среды относятся:

А) Инородные примеси, вносимые в атмосферу, воду и землю в виде новых веществ, физических полей и воздействий; различные газы и пыль, выделяемые заводами и транспортными машинами; загрязнение воды и земли промышленными сбросами, пестицидами; радиоактивное, шумовое и тепловое загрязнение среды и многое другое.

Б) Изменения в неживой природе в виде отклонений от естественной нормы концентрации веществ, характеристик физических полей и воздействий, рельефа и структуры поверхности земли и др.

В) Изменения в живой природе в виде отклонений от естественной нормы числа особей существующих видов на единицу площади, исчезновения существующих видов или появления новых.

Следует отметить, что жесткое влияние критерия экологичности не подразумевает абсолютного прекращения нежелательных загрязнений и изменений

природы, поскольку первейшие потребности растущего народонаселения нельзя удовлетворить, не производя таких изменений. Этот критерии в первую очередь должен влиять на выбор средств минимального воздействия на природу, на серьезное обоснование нормативов загрязнения и изменения среды, нарушение которых приносит несоизмеримо больший вред по сравнению с пользой или вообще недопустимо. Под средствами минимального воздействия на природу понимается также широкое использование компенсационных мероприятий, которые обеспечивают в целом уменьшение или стабилизацию критерия экологичности.

Например, одновременно с созданием интересующих ТО, которые повышают критерий экологичности, исключают некоторые существующие ТО или проводят специальные мероприятия по восстановлению природы и т. д.

Сфера действия критерия экологичности весьма широкая. Он имеет отношение ко всем классам ТО, производство и функционирование которых загрязняет и изменяет природу.

В вопросах сохранения окружающей среды решающее значение имеет психологический фактор. Здесь в первую очередь должна быть в принципе изменена психологическая установка всех лиц, которые непосредственно вносят или могут внести определенное загрязнение и изменение природы, приводящее к повышению коэффициента экологичности. Этот круг лиц для краткости назовем вредителями природы. Такие люди и в отдаленные времена сознавали, что их действия вызовут некоторые нежелательные изменения окружающей среды. Однако при этом, как правило, считалось, что природа справится с вносимыми загрязнениями и изменениями, которые будут иметь сугубо локальный характер и в итоге не окажут существенного влияния на здоровье и самочувствие людей.

Психологическая установка вредителей природы должна теперь в принципе измениться, поскольку природа в последнее время в результате суммирования многих нежелательных воздействий оказалась «предельно напряжена» по отношению ко многим факторам загрязнения и изменения. В связи с этим, в отличие от прежних времен, теперь даже небольшое, казалось бы, локальное загрязнение и изменение часто оказывается «последней каплей», вызывающей неожиданные

крупные нежелательные или даже катастрофические изменения, которые у большинства людей (в том числе у самих вредителей природы, их родных и близких) вызывают повышение дискомфорта, ухудшение самочувствия и состояния здоровья.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие группы критериев включает единый набор критериев развития ТО.
2. Условия и требования к выбору критериев развития ТО.
3. Наиболее часто действующие функциональные критерии.
4. Основные технологические критерии.
5. Экономические критерии развития ТО.
6. К основным причинам уменьшения расхода материала относятся.
7. Антропологические критерии развития ТО.
8. Какие опасные действия может оказать сырье на людей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Тема: Конструктивная эволюция технических объектов

Цель: описать и проанализировать эволюционную цепочку выбранного ТО.

Задание:

1 Законспектировать основные понятия и определения.

2 Изучить конструктивную эволюцию выбранного технического объекта

3 Описать конструктивную эволюцию выбранного ТО в виде таблицы.

4 Проанализировать эволюционную цепочку в целом.

1 Об изучении конструктивной эволюции технических объектов

Изучение конструктивной эволюции связано с изучением и анализом истории развития интересующего класса ТО, имеющих одинаковые или близкие функции. Такое исследование основывается на законе прогрессивной эволюции ТО , суть которого состоит в повторении следующего цикла:

1) начало изготовления и использования поколения S_t технических объектов;

2) накопление в течение времени t_i недостатков у поколения S_i;

3) создание (разработка) нового поколения S_{i+1}, устраняющего недостатки S_i и начало его изготовления и использования.

Укажем некоторые наиболее важные цели проведения анализа конструктивной эволюции, которые, как увидим, несомненно оправдают значительные затраты на изучение и исследование истории техники.

1. При создании нового поколения ТО, как правило, имеется несколько путей дальнейшего конструктивного изменения и совершенствования ТО. Среди всех альтернативных путей обычно только один бывает наиболее правильным и перспективным. Остальные часто оказываются тупиковыми. Поэтому перед конструктором каждый раз стоит ответственная задача не только изобрести несколько альтернативных улучшенных технических решений, но, главное, найти единственное наиболее правильное решение.

Дальнейшее развитие и совершенствование любого ТО, как правило, основывается на всей истории его конструктивной эволюции. Знание этой истории лучше всего ориентирует интуицию конструктора, т. е. изучение эволюции помогает инженеру выявить основные устойчивые факторы, влияющие на развитие ТО, и наиболее правильно сформулировать для себя тенденции его развития.

2. Знание истории ТО часто подсказывает удачные идеи его дальнейшего совершенствования. Это связано с тем, что в области техники действует философский закон отрицания, характеризующий развитие по спирали. В инженерной практике в связи с этим существует афоризм: «Все новое — хорошо забытое старое».

Так, например, в XVII веке водяные колеса как источник энергии были вытеснены паровыми машинами, а, в конце XIX века появились гидравлические турбины, которые до середины XX века нашли очень широкое распространение. С середины XX века распространение гидравлических турбин (гидроэлектрических станций) стало ограничиваться бурным развитием тепловых электростанций. В настоящее время снова повышается роль гидроэлектрических станций (приливные, прибойные и т. п.). Еще один пример. К 1870 году прекратилось использование

гладкоствольных артиллерийских орудий, заряжаемых с дула. Стали господствовать нарезные пушки, заряжаемые с казенной части, но примерно через 70 лет появились минометы.

3. Анализ конструктивной эволюции позволяет выявить и кратко описать опыт решения задач инженерного творчества. Такой опыт часто формируют в виде обобщенных эвристических приемов (правил), подсказывающих получение от прототипа S_i улучшенного решения S_{i+1}. Ценность таких правил состоит в том, что они для данного класса ТО (и для других классов) часто срабатывают повторно, т. е. их имеет смысл сознательно использовать, тем более, что среди них оказываются и частные закономерности изменения конструкции ТО.

4. Каждый хороший художник в целях совершенствования своего мастерства считает обязательным для себя копирование работ великих мастеров. Также и хороший конструктор-изобретатель должен осмыслить в деталях и «пропустить через себя» процесс получения выдающихся изобретений, прежде всего в своей области. Анализ конструктивной эволюции позволяет получать такую мыслительную тренировку и углубленно изучать работу и опыт выдающихся конструкторов.

5. Углубленное и всестороннее изучение конструктивной эволюции интересующего класса ТО позволяет набрать необходимую сумму фактов для формулирования закономерностей строения и развития. Знание таких закономерностей еще более облегчит нахождение новых, эффективных и перспективных технических решений.

В связи с этим можно сказать, что наивысший уровень инженерного творчества заключается в выявлении и формулировании законов и закономерностей строения и развития ТО и сознательном их использовании в поиске улучшенных технических решений.

2 Методика описания конструктивной эволюции и анализа технических объектов

Цель анализа конструктивной эволюции технических объектов с одинаковыми или близкими функциями заключается:

- ✓ в выявлении устойчивых (постоянно действующих) критериев развития ТО и показателей их качества;
- ✓ в формулировании закономерностей строения и развития ТО;
- ✓ в формулировании правил (приемов) получения улучшенных технических решений путем преобразования прототипа.

Анализу конструктивной эволюции предшествует изучение и описание истории развития интересующего класса ТО, которую можно представить в виде последовательности преобразований, называемой эволюционной цепочкой:

$$S_0 \to S_1 \to S_2 \to \cdots \to S_k;$$
$$S_i \to S_{i+1}, \quad (i = 0, \ \ldots, \ k), \tag{1}$$

где S_i — ТО i-го поколения, являющийся прототипом по отношению к улучшенному ТО; S_{i+1} — ТО последующего поколения; S_k — последнее (сегодняшнее) поколение ТО.

При построении эволюционной цепочки, и отборе для нее поколений S_i технических объектов рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

1) взять S_i, лежащие на прямой линейной эволюционной цепочке и построить ее ретроспективно в обратном направлении:

$$\cdots \leftarrow S_{k-2} \leftarrow S_{k-1} \leftarrow S_k, \tag{2}$$

при этом для каждого S_i выбрать основной (базовый) прототип S_{i-1} , на основе которого был создан S_i; цепочку строить до первого пионерного решения S_0 (оно может относиться ко временам далекого прошлого);

2) отобрать только S_i, относящиеся к серийно или массово производимым. Это, конечно, не касается уникальных ТО, для них остается условие изготовления и использования;

3) отобрать только те S_i, которые имеют существенные отличия от прототипов, это требование позволяет очистить эволюционную цепочку от малоинтересных (в смысле конструктивной эволюции) модификаций.

При построении эволюционной цепочки для реального класса ТО могут встретиться и более сложные случаи по сравнению с линейными цепочками. Типичным усложнением является ветвление цепочки, а точнее, случай, когда поколение S_{i+1} создавалось на основе нескольких прототипов S'_i, S''_i ... В этих случаях выбирают главный базовый прототип S^R_i , а остальные относят к дополнительным прототипам $S^Д_i$. Далее цепочка продолжается от S^R_i, например,

$$\begin{array}{ccccc} & & S_i^{д} & & \\ & & \uparrow & & \\ S_{i-1} & \leftarrow & S_i^{г} & \leftarrow & S_{i+1}. \end{array} \qquad (3)$$

Эволюционная цепочка может строиться на основе мирового опыта развития техники, или на основе национальной истории развития техники, или на основе разработок отдельных предприятий. Однако в любом случае нужно стремиться выполнить одно условие: при описании (реконструкции) каждого перехода $S_i > S_{i+1}$ должен быть использован истинный прототип S_i, от которого действительно отталкивались создатели поколения S_{i+1}. Конечно, во многих случаях (особенно, если это касается далекого прошлого) установить истинный прототип затруднительно. Тогда выбирают наиболее вероятный прототип.

Для каждого поколения S_i дается описание ТР, критериев развития и показателей качества, конструктивной и потоковой ФС, ФПД. Приведем основные рекомендации по составлению таких описаний.

При составлении описания поколения S_i (от S_0 до S_k) сначала заполняют таблицу:

1) в столбце 1 дают описание ТР поколения S_i или только его отличительные признаки по сравнению с S_{i-1} при условии, что это дает достаточно полное представление о ТР; при необходимости описание иллюстрируют изображением ТР; указывают год создания или начала серийного производства S_i;

2) в столбце 2 указывают главные недостатки, из-за которых возникла необходимость создания следующего поколения S_{i+1};

3) в столбце 3 на основе главных недостатков формируют критерии развития и показатели качества (с указанием тенденции их изменения), улучшение которых привело или могло привести к устранению недостатков в поколении S_{i+1};

4) в столбце 4 дается перечень показателей качества, которые были улучшены в S_i; по сравнению с S_{i-1}. Столбец 4 заполняется на основе сведений столбцов 2 и 3, соответствующих поколению S_{i-1}. Кроме того, в столбце 4 указывают еще показатели, которые были попутно улучшены в поколении S_i что нередко случается, когда в новом ТР, наряду с устранением главного недостатка, улучшается еще ряд показателей.

Если, кроме изучения конструктивной эволюции рассматриваемого ТО в целом представляет интерес изучение эволюции каких-либо его функциональных элементов, то для них также составляют описание по форме таблицы 16.

После составления таблицы проводят анализ функций каждого поколения S_i. Результаты такого анализа представляют в виде таблиц и изображений конструктивных ФС. При необходимости анализ функций проводят и для отдельных элементов ТО.

После составления описаний по таблице начинается анализ переходов $S_i \rightarrow S_{i+1}$ и всей эволюционной цепочки в целом.

<u>Первый этап.</u> С учетом лабораторной работы №4 составляют перечень критериев развития для рассматриваемого класса ТО по всей эволюционной цепочке и с прогнозом на будущее. В дополнение к этому перечню дают список существенных показателей качества, обращая особое внимание на показатели, которые представляют интерес для дальнейшего совершенствования рассматриваемых ТО.

<u>Второй этап.</u> Заключается в изучении переходов $S_i \rightarrow S_{i+1}$ по таблице 1 с целью определить правила получения улучшенных ТР (табл. 2). Эти правила обычно формулируют как эвристические приемы. При этом имеется в виду улучшение определенных показателей, выделенных на первом этапе.

Третий этап. Анализируются результаты первых двух этапов и вся эволюционная цепочка в целях выявления закономерностей строения и развития рассматриваемого класса ТО.

3 Описание и анализ конструктивной эволюции велосипеда

Велосипед — одна из самых распространенных машин XX века, удивительно совмещающая в себе простоту и эффективность. В настоящее время он переживает второе рождение: в 60-е и 70-е годы значительно возрос спрос на велосипеды и найдены его улучшенные конструкции. Исторически велосипед интересен тем, что в конце XIX века он, как индивидуальная высокоскоростная машина, привлек всеобщее внимание не только с точки зрения использования. Вокруг него возник известный интеллектуальный бум, как около вечного двигателя. В это время на различные конструкции и усовершенствования велосипеда было выдано несколько десятков тысяч патентов, а в некоторых европейских странах почти половина заявок была связана с велосипедом. Именно в это время возникло популярное выражение «изобретает(ть) велосипед».

Таблица 1 – Анализ конструктивной эволюции велосипеда

Описание поколения S_i	Главные недостатки поколения S_i	Критерии развития и показатели качества	Улучшенные показатели качества в S_i по сравнению с прототипом
1	2	3	4
Велосипед поколения S_0 (1813 г.) имел (см. рис. 12) два деревянных колеса, объединенных деревянной рамой *1*, седло *2* и мягкий упор *3*, чтобы опираться руками и грудью при движении. Движение осуществлялось путем отталкивания от земли ногами	Невозможно повернуть при движении на кривых участках	Приобретение свойства двигаться по криволинейным участкам дороги	—
Велосипед поколения S_1 (1817 г.) отличался от предыдущего тем, что вилка *1* переднего колеса (см. рис. 13) соединялась с рамой *2* через шарнир *3*, обеспечивающий вращение переднего колеса вокруг вертикальной оси. Кроме того, вилка *1* имела жестко соединенный с ней руль *4*, с помощью которого можно было поворачивать колесо	1. Низкий КПД движителя в связи с торможениями в момент соприкосновения ног с землей перед отталкиванием 2. Даже на пологих подъемах приходилось слезать, что дополнительно снижало скорость	Приобретение движителем свойства, исключающего отталкивание ногами от земли	Возможность безостановочной езды на велосипеде поколения S_1 по криволинейным участкам дороги
В велосипеде поколения S_2 (1840 г.) на переднем колесе имелись педали *1* (см. рис. 14), с	Неполное использование силы ног при максимальной скорости вра-	Увеличение энергии, затрачиваемой при вращении педалей и	Повышение КПД движения, возможность езды без отталкивания

Продолжение таблицы 1

помощью которых ноги вращали колесо, и исключен упор *3* (см. рис. 12)	щения педалей, что ограничивало скорость езды	скорости движения	ногами от земли; отсутствие требования специальной обуви для отталкивания от земли
Велосипед поколения S_3 (1844 г.) отличался значительно большим диаметром переднего колеса (см. рис. 15), что позволило увеличить скорость езды	Велосипед стал опасен для окружающих и ездока, поскольку ноги не доставали до земли и поэтому нельзя резко замедлить движение и остановиться	Сокращение длины тормозного пути (от начала замедления до остановки)	Более полное использование мускульной энергии; повышение скорости движения
В велосипеде поколения S_4 (1846 г.) появилась тормозная колодка *1* (см. рис. 15), прижимаемая рычагом *2* к ободу заднего колеса	При езде по неровной дороге человека очень трясло	Динамические усилия и ударные нагрузки, действующие на человека при езде	Повышение безопасности движения и средней скорости
В велосипеде поколения S_5 (1863 г.) под сиденьем располагалась амортизирующая пластина *1* (рис. 16) и на обод надевали резиновые шины *2*	При движении на больших скоростях по неровной дороге деревянные детали рамы, передней и задней вилок часто ломались	Повышение надежности на прочность конструкции рамы и вилок	Снижение динамических усилий и толчков, действующих на человека при езде по неровностям, и шума при езде по каменным мостовым и жестким покрытиям
В велосипеде поколения S_6 (1870 г.) рама и вилки колес изготавливались из стали (см. рис. 17)	Относительно большая масса деревянных колес, особенно переднего колеса, имеющего больший диаметр	Снижение массы колес	Повышение надежности на прочность конструкции рамы и вилок

Продолжение таблицы 1

Описание поколения S_i	Главные недостатки поколения S_i	Критерии развития и показатели качества	Улучшенные показатели качества в S_i по сравнению с прототипом
1	2	3	4
Велосипед поколения S_7 (1873 г.) имел колеса со стальными спицами, работающими на растяжение, и облегченный стальной обод (рис. 18)	Большое сопротивление сил трения в осях колес, которое ограничивает движение по инерции	Уменьшение сил трения между осью и втулкой	Снижение массы велосипеда
У велосипеда поколения S_8 (1876 г.) колеса имели шарикоподшипники (рис. 18)	Предельно максимальный диаметр переднего колеса: ограничивал дальнейшее возрастание скорости езды был опасен при резком торможении, когда велосипед легко опрокидывался	Уменьшение диаметра переднего колеса	Увеличение длины пробега по инерции и средней скорости движения; повышение КПД использования мускульной энергии
В велосипеде поколения S_9 (1882 г.) педали имели самостоятельную ось вращения в нижней части рамы и цепную передачу, вращающую заднее колесо с пе-	Большая масса крестообразной кованой рамы, детали которой работают на изгиб	Уменьшение массы рамы	Увеличение скорости движения и безопасности движения при резком торможении: снижение массы велосипеда

Продолжение таблицы 1

помощью которых ноги вращали колесо, и исключен упор *3* (см. рис. 12)	щения педалей, что ограничивало скорость езды	скорости движения	ногами от земли; отсутствие требования специальной обуви для отталкивания от земли
Велосипед поколения S_3 (1844 г.) отличался значительно большим диаметром переднего колеса (см. рис. 15), что позволило увеличить скорость езды	Велосипед стал опасен для окружающих и ездока, поскольку ноги не доставали до земли и поэтому нельзя резко замедлить движение и остановиться	Сокращение длины тормозного пути (от начала замедления до остановки)	Более полное использование мускульной энергии; повышение скорости движения
В велосипеде поколения S_4 (1846 г.) появилась тормозная колодка *1* (см. рис. 15), прижимаемая рычагом *2* к ободу заднего колеса	При езде по неровной дороге человека очень трясло	Динамические усилия и ударные нагрузки, действующие на человека при езде	Повышение безопасности движения и средней скорости
В велосипеде поколения S_5 (1863 г.) под сиденьем располагалась амортизирующая пластина *1* (рис. 16) и на обод надевали резиновые шины *2*	При движении на больших скоростях по неровной дороге деревянные детали рамы, передней и задней вилок часто ломались	Повышение надежности на прочность конструкции рамы и вилок	Снижение динамических усилий и толчков, действующих на человека при езде по неровностям, и шума при езде по каменным мостовым и жестким покрытиям
В велосипеде поколения S_6 (1870 г.) рама и вилки колес изготавливались из стали (см. рис. 17)	Относительно большая масса деревянных колес, особенно переднего колеса, имеющего больший диаметр	Снижение массы колес	Повышение надежности на прочность конструкции рамы и вилок

Продолжение таблицы 1

редаточным числом, большим 1, диаметр переднего колеса был уменьшен			
Велосипед поколения S_{10} (1885 г.) имел трубчатую раму в виде ромбовидной формы из двух треугольников (см. рис. 2)	Если на ободе тонкий слой резины, то на неровностях сильно трясет, а при сильных толчках и ударах деформируется обод. Если на ободе толстый слой мягкой резины, то колеса имеют чрезмерно большую массу	Снижение ударных нагрузок на жестких неровных дорогах и массы амортизирующего материала на ободе колеса	Снижение массы велосипеда
Велосипед поколения S_{11} (1888 г.) имел пневматические шины на ободе (см. рис. 2)	Необходимость вращения педалей при езде под гору или по инерции	Приобретение свойства педалей стоять на месте при движении велосипеда	Снижение ударных нагрузок, массы амортизирующего материала и массы обода
Велосипед поколения S_{12} (1895 г.) имел механизм свободного хода (см. рис. 2)	При постоянном передаточном отношении частоты вращения педалей и колеса сила ног используется неоптимально при движении под гору и на гору	Приобретение свойства изменять отношения частот вращения педалей и колеса	Повышение удобства езды при движении по инерции или под гору и увеличение длины пробега по инерции

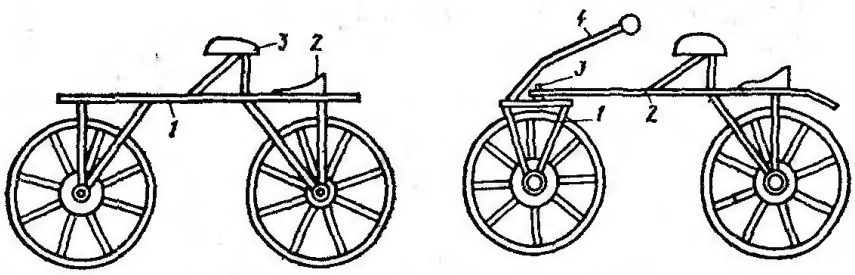


Рисунок 1 – Поколение S_0, S_1 (неуправляемый самокат, 1813 г. и управляемый самокат, 1817 г.)

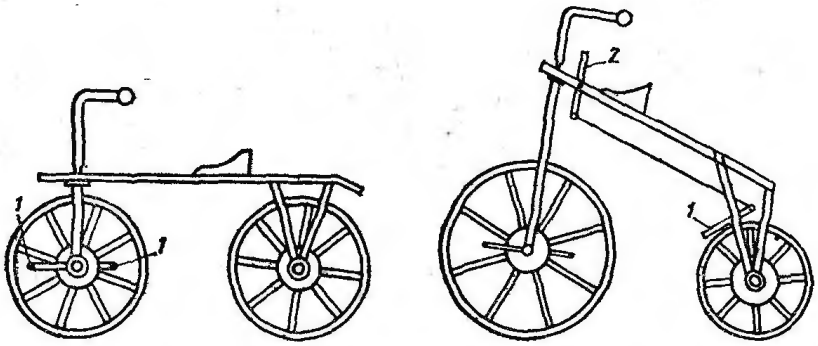


Рисунок 2 – Поколение S_2, S_4 (велосипед 1840 г., неуправляемый самокат, более скоростной велосипед с тормозом, 1846 г.)

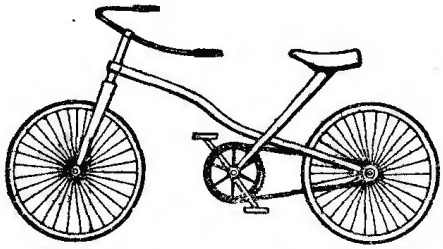


Рисунок 3 – Поколение S_9, (велосипед с цепной передачей на заднее колесо, 1882 г.)

Неоценима роль велосипеда в развитии техники. Именно благодаря ему были впервые созданы следующие очень важные детали и конструкции: шарикоподшипник, пневматическая шина, колесо со спицами, работающими на растяжение и др. С методологической точки зрения велосипед как объект исследования интересен тем, что вся его конструктивная эволюция проходила, можно сказать, в строго стационарных условиях, поскольку требования к нему, обусловленные параметрами человека и дороги, оставались неизменными. Кроме того, он является самостоятельной автономной машиной и относится к тем редким и

достаточно сложным ТО, которые каждому понятны и почти каждому интересны в силу личного опыта взаимодействия с этой машиной.

Прежде чем начинать детальное изучение конструктивной эволюции велосипеда определим его функцию и физическую операцию. *Функция велосипеда:* повышает скорость движения человека по дороге при использовании только его мускульной энергии. *Физическая операция велосипеда:* вход — мускульная энергия человека; выход — перемещение человека по дороге; операция — преобразование.

В таблице и на рисунках дано описание и показана конструктивная эволюция велосипеда от пионерного изобретения S_0 (1813 г.) до поколения S_{12} (1895 г.), когда сложилась классическая структура велосипеда, используемая до сих пор.

Анализ таблицы позволяет выделить следующие критерии развития велосипеда:

$\boldsymbol{к_1}$ — КПД использования мускульной энергии человека;

$\boldsymbol{к_2}$ — средняя скорость движения;

$\boldsymbol{к_3}$ — масса велосипеда.

Из таблицы можно выделить следующие показатели качества:

$\boldsymbol{Q_1}$ — повышение долговечности и надежности безотказной работы;

$\boldsymbol{Q_2}$ — снижение ударных нагрузок, действующих на велосипедиста при езде по неровной дороге;

$\boldsymbol{Q_3}$ — безопасность езды;

$\boldsymbol{Q_4}$ — увеличение длины пробега по инерции.

<u>Закономерность 1 строения велосипеда.</u> В процессе конструктивной эволюции велосипеда уже к 1863 г. сложилась стабильная обобщенная функциональная структура, не претерпевшая изменений до настоящего времени.

<u>Закономерность 2 строения велосипеда.</u> В процессе конструктивной эволюции велосипеда уже к 1863 г. сформировалась стабильная физическая структура, основывающаяся на использовании физико-технических эффектов.

<u>Закономерности развития.</u> В конструктивной эволюции велосипеда действуют следующие устойчивые закономерности, которые имели место в 1813 г. до настоящего времени и, по-видимому, будут действовать и дальше.

1. Монотонное уменьшение массы.
2. Монотонное увеличение КПД использования мускульной энергии.
3. Монотонное увеличение средней скорости движения.
4. Повышение комфортабельности езды.

Вся история развития велосипеда подтверждает гипотезу о законе прогрессивной эволюции техники.

Контрольные вопросы для самопроверки.

1. Суть закона прогрессивной эволюции ТО.
2. Цели проведения анализа конструктивной эволюции.
3. Что называется эволюционной цепочкой.
4. Правила построения эволюционной цепочкой.
5. Функция велосипеда.
6. Физическая операция велосипеда.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Тема: Решение эстетических задач для технического объекта

Цель: проанализировать эстетические задачи для выбранного ТО.

Задание:

1 Законспектировать основные понятия и определения.

2 Изучить варианты эстетических решений для выбранного технического объекта.

3 Предложить решение и дать соответствующее пояснение глубины и многогранности его красоты для выбранного ТО.

1 О необходимости эстетической подготовки инженеров

Есть мнение, что эстетические задачи, решение которых предлагается передать инженерам, могут успешно решать дизайнеры и специалисты по

художественному конструированию, причем для этого необходимо существенно расширить подготовку дизайнеров и художников-прикладников. Такая точка зрения не совсем правильная, так как, во-первых, при этом усилится отторжение инженеров от созидания красоты окружающей среды, во-вторых, это будет «капля в море» для решения обсуждаемой проблемы, в-третьих, как будет показано ниже, дизайнеры без хороших инженерных знаний, без инженерной поддержки не смогут создавать эстетически совершенные технические системы.

Если говорить о настоящем времени и обозримом будущем, то у дизайнеров есть своя специфическая область плодотворной деятельности. Они должны в основном выступать как высококвалифицированные консультанты или соавторы инженеров. Если инженеры не будут иметь элементарного эстетического образования, то у них резко сократится потребность в консультациях у дизайнеров, а при наличии потребности будет затруднено взаимопонимание между ними.

Рассмотрим подробнее следующие вопросы: какие дополнительные преимущества имеет инженер, внутренне чувствующий красоту, и как должны разделяться функции между инженером и дизайнером при создании нового изделия.

Для определения красоты по отношению к техническим объектам можно обобщить: наиболее целесообразные и функционально совершенные изделия являются наиболее красивыми.

Главная задача всех проектно-конструкторских организаций заключается как раз в создании наиболее целесообразных и функционально совершенных, т. е. наиболее красивых изделий. Создание наиболее целесообразных функционально совершенных технических объектов — это математическая задача оптимального проектирования или задача поиска глобально оптимального решения в широком смысле слова, когда поиск осуществляется на всем множестве возможных в данное время функциональных структур, физических принципов действия и технических решений, включая определение их оптимальных параметров. Осознание того факта, что найденная предельно совершенная (глобально оптимальная) конструкция не может быть улучшена, вызывает эстетическое чувство созерцания прекрасного и формирует в людях один из эталонов или образцов красоты. Для успешного

решения таких широко поставленных задач оптимального проектирования необходимо иметь, во-первых, рациональную стратегию (алгоритм) поиска, гарантирующую нахождение глобально оптимального решения, во-вторых, способ оценки степени совершенства (критерия качества) любого решения. У создателя ТО, как правило, имеются только некоторые частичные знания о стратегии поиска, и он может оценивать научно обоснованным (обычно расчетным) путем только часть показателей. Поэтому при проектировании новых изделий почти всегда конструктор вынужден принимать решения, находясь в ситуации частичного незнания. Такие решения он принимает, руководствуясь интуицией и, главным образом, внутренним чувством и представлением о красоте создаваемого объекта. Если научно обоснованные методы для рассматриваемого ТО слабо разработаны (а для новых технических решений это типичный случай), то приходится руководствоваться только эстетическими представлениями и ощущениями. В этих случаях особенно важным становится синтез более совершенных решений. При этом наилучшие решения находят специалисты с более глубокой и развитой эстетической культурой.

Красота любого изделия состоит из внутренней, или функциональной, красоты и дополнительной декоративной. Так установилось с древнейших времен, и каждый, вид красоты нес свою полезную нагрузку. Уже в каменном веке многие функционально совершенные орудия труда, одежда, жилища имели орнаментальные и другие украшения, которые улучшали настроение пользователя, повышали его жизнеспособность и веру в себя, интеллектуально развивали и т. д. Иногда функциональная красота выступает одновременно и в качестве декоративной красоты, например, в современных реактивных самолетах, телебашнях и др.

Функциональная красота обусловлена в первую очередь законами физики и создается на основе глубокого знания или ощущения физической сущности работы ТО и его взаимодействия с окружающей средой. Эти законы лучше знает и чувствует инженер, и здесь ему должно принадлежать решающее слово.

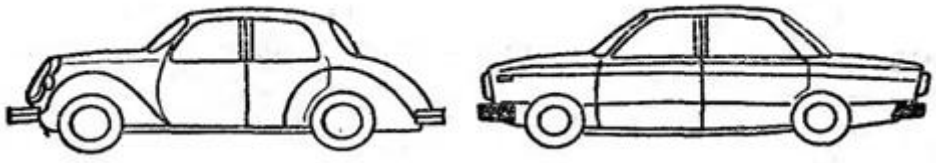
Декоративная красота основана на законах психофизиологического воздействия некоторых образов на окружающих людей. Эти законы лучше знает дизайнер, художник, и при создании изделий решающее слово принадлежит им. При

этом дизайнеры имеют большие возможности усилить эстетическое воздействие функционально совершенного ТО.

Функциональная и декоративная красота должны гармонично и оптимально дополнять друг друга. На стыке функциональной и декоративной красоты проходит водораздел сфер деятельности инженера и дизайнера. Однако этот водораздел по своей природе нечеткий, расплывчатый, и поэтому часто тот или другой выходят за пределы своей области.

В связи с быстрым развитием науки и особенно расширением использования вычислительной техники в решении инженерных задач поиска оптимальных решений может сложиться мнение, что со временем потребность в использовании художественного вкуса инженера при решении этих задач будет сокращаться и в итоге исчезнет. Такая точка зрения неправильна потому, что сложность ТО возрастает быстрее по сравнению с расширением возможностей научного синтеза и анализа. И по крайней мере в обозримом будущем такая потребность не уменьшится, а скорее возрастет. Иначе говоря, успешное решение современных задач проектирования более сложных технических систем также связано с необходимостью повышения внутренней эстетической культуры инженеров.

Например, колесо велосипеда представляет собой удивительное по совершенству устройство, если учесть, что при такой малой массе оно может воспринимать статические нагрузки до 2000 Н и динамические — до 8000 Н. В этом ТО спицы работают на самую выгодную нагрузку — растяжение, пневмошины служат не только амортизатором и прекрасным гасителем шума при движении, главное их достоинство — обеспечение идеального равномерного распределения по всему периметру обода сосредоточенной внешней нагрузки в плоскости колеса. На рисунках и в таблице показаны и пояснены преимущества более красивых новых моделей автомобилей по сравнению со старыми.

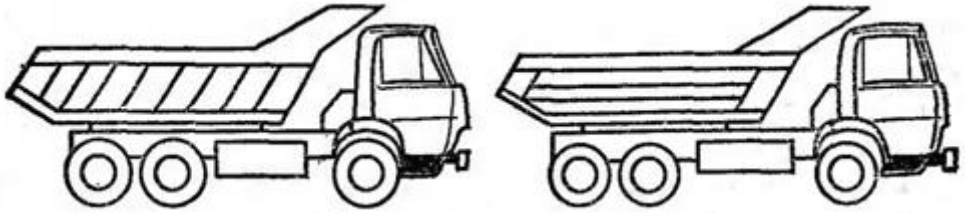


а) б)

Рисунок 1 – легковые автомобили:
а- стара форма – кузов автомобиля с выступающими крыльями (ГАЗ-А);
б – новая форма - кузов типа «седан» (ВАЗ-2105)

а) б)

Рисунок 2 – Грузовые автомобили:
а - стара форма – капотная компоновка («кабина за двигателем» КрАЗ);
б – новая форма - бескапотная компоновка («кабина над двигателем» КамАЗ)



а) б)

Рисунок 3 - Грузовые автомобили:
а - стара форма – кузов самосвала с поперечными ребрами жесткости (КамАЗ);
б – новая форма - кузов самосвала с продольными ребрами жесткости (КамАЗ)

Таблица 1- Сравнение старой и новой моделей автомобилей

Старая модель	Новая модель	Преимущества новой модели
Кузов легкового автомобиля с выступающими крыльями, например, ГАЗ-А (рис. 33, *а*)	Кузов типа «седан», например, ВАЗ-2105 (рис. 33, *б*)	Улучшены аэродинамические характеристики за счет исключения выступающих частей; увеличен полезный объем кузова; уменьшена трудоемкость сборки
Капотная компоновка грузового автомобиля («кабина за двигателем»), например, КрАЗ (рис. 34, *а*)	Бескапотная компоновка («кабина над двигателем»), например, КамАЗ (рис. 34, *б*)	Уменьшены габаритные размеры автомобиля и улучшена его маневренность; улучшен обзор дороги для водителя; более равномерно распределена нагрузка на колеса
Кузов большегрузного самосвала с поперечными ребрами жесткости, например, КамАЗ (рис. 35, *а*)	Кузов с продольными ребрами жесткости, например, КамАЗ следующей модификации (рис. 35, *б*)	Уменьшена трудоемкость изготовления; уменьшен расход металла; улучшены аэродинамические характеристики за счет исключения вихрей за поперечными ребрами кузова

Короче говоря, нужно подбирать и показывать серию красивых решений и давать соответствующее пояснение глубины и многогранности их красоты. Это обеспечит самое эффективное и прочное восприятие и усвоение знаний одновременно по двум каналам: через вторую сигнальную систему — мысли и логические рассуждения, через первую сигнальную систему — чувства человека.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем заключается главная задача всех проектно-конструкторских организаций.
2. Из чего состоит красота любого изделия. Опишите.
3. Что обеспечит самое эффективное и прочное восприятие и усвоение знаний и по каким каналам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2008 – 368 с.
2. Ведение в специальность: Учеб.пособие для студентов техническихвузов / Л.И. Рувинский, В.А. Канкалик, Д.М. Гришин и др. – М.: Просвещение, 2008. – 208 с.
3. Лешкевич М.Л., Дубодел В.П. Введение в профессиональную деятельность: Практические работы. – Мозырь: МГПИ им. Н.К. Крупской, 2001. – 57 с.
4. Никонов Н.Н. Введение в специальность: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 216 с. 4. Скакун В.А. Введение в профессию. – М.: Высш. шк., 2005. – 294 с.