

Министерство образования и науки Украины.
Государственное высшее учебное заведение
Национальный горный университет.

Кафедра технологии
горного машиностроения.

Теория технических систем.
(конспект лекций).

Составил доц., к.т.н. Холоша В.И.

Днепропетровск.
2014.

Содержание.

| | |
|--|-----|
| 1. Введение. | 2 |
| 2. Теория технических систем. | 5 |
| 3. Эволюция технических систем. | 8 |
| 4. Основные понятия и определения. | 16 |
| 5. Технический процесс. | 25 |
| 6. Техническая система. | 35 |
| 7. Системы преобразований технической системы. | 46 |
| 8. Классификация технических систем. | 51 |
| 9. Свойства технических систем. | 62 |
| 10. Этапы создания технических систем. | 69 |
| 11. Проектирование технических систем. | 76 |
| 12. Основные задачи проектирования технических систем. | 83 |
| 13. Представление и оценивание технических систем. | 91 |
| 14. Специальные теории технических систем. | 99 |
| 15. Применение теории технических систем. | 101 |
| Литература. | 102 |

1. Введение.

Создание объектов современной техники – это сложный многогранный и многоэтапный процесс поиска, принятия и реализации в натурных образцах на основе соответствующих теорий всей необходимой совокупности организационных, проектно-конструкторских, производственно-технологических, эксплуатационных и других решений по разработке, производству, эксплуатации и целевому применению новых или усовершенствованных объектов.

Под термином «теория» (от греческого **theoria** – рассмотрение, исследование) понимается “...система обобщенного знания, объяснение тех или иных сторон действительности”. Она представляет собой “...высшую, самую развитую форму организации научного знания, дающего целостное представление о закономерностях и существенных связях определенной области действительности – объекта данной теории”.

К каждой теории предъявляются ряд требований. В частности, теория, обобщающая практический опыт, должна объяснять интересующие факты, взятые в их совокупности, открывать в эмпирическом материале действие соответствующих законов, сводить эти законы в единую систему. При этом “...роль теории не ограничивается обобщением опыта практической деятельности и перенесением его на новые ситуации, а связана с творческой переработкой этого опыта, благодаря чему теория открывает новые перспективы перед практикой, расширяет ее горизонты”.

Для обеспечения требуемой объяснительно-предсказательной результативности любая теория должна использовать средства четырех уровней структуры построения научного познания, охватывающих в соответствии с работой как высшие, абстрактные уровни, включающие философско-мировоззренческие установки и вытекающие из них междисциплинарные, общенаучные концепции в виде различного рода подходов, образующих точку зрения для изучения интересующих объектов, так и низшие, конкретные уровни, включающие предметные методики и вытекающую из них технику проведения исследований, строящихся на высокоспециализированном знании изучаемых объектов.

Теория может иметь различную степень общности: чем выше эта степень, тем ближе данная теория к философии. Однако теория бессильна, если она строится на использовании только философского метода и общественного подхода, без органической увязки их с конкретной практической областью применения, без должной предметной интерпретации.

Общая теория создания технических объектов должна включать в себе две взаимодополняющие составляющие части: содержательную и формальную, рис.1.1, формируемые соответственно указанными ранее высшими и низшими уровнями структуры построения методологии научного познания.

Содержательная часть охватывает философские принципы и общенаучный подход к этим объектам и связанным с ними сопредельными объектами, факторами, явлениями и процессами; метод понимания действительности и ее трактовку, которые в совокупности образуют концепцию, исходный базис теории, а также выводимое из него по определенным логическим правилам содержание основных

определений и категорий, законов и закономерностей, принципов и способов решения соответствующих, ниже перечисленных задач, формирующих методологию данной теории.

Формальная часть охватывает predetermined ее методологией рабочие методики, описывающие порядок и технику исполнения процедур, применяемых при решении характерных инженерных прикладных задач с использованием соответствующих логико-математических правил, различного рода приемов и алгоритмов.

Если содержательная часть несет в себе основополагающую точку зрения и идею, концептуальный подход и сущность общей теории создания технических объектов, определяя ее практическую результативность, ценность, то формальная часть более глубоко, строго и конкретно раскрывает содержательную часть, доводя ее до уровня практической реализации.



Рис.1.1. Структура построения общей теории создания современной техники.

Общая теория создания технических объектов совершенствуется по мере развития техники, ставящей перед ней новые задачи и выступающей в роли движущего фактора совершенствования теории.

Разработка общей теории создания современной техники, отвечающей сегодняшним запросам, является сложной научно-технической проблемой.

Проблематичность разработки общей теории создания современной техники, в частности, в машиностроении, определяется тем, что все объекты, условия и факторы, формирующие процессы их разработки, производства, эксплуатации и целевого применения, характеризуется многогранностью, масштабностью, сложностью, многовариантностью, непостоянством во времени и недостаточной определенностью, наличием субъективных элементов, и, как следствие, слабой формализуемостью.

В типичных ситуациях, складывающихся при создании новых технических объектов в машиностроении, в настоящее время на основе ранее используемых, традиционных методов не представляется возможным не только объективно и своевременно “взвесить” все возможные варианты реализации, как правило, весьма высоких и противоречивых требований к ним, но и определить более-менее приемлемый вариант их схемного построения и конструктивного выполнения, технологии изготовления, способов эксплуатации и применения.

Подобно тому как около 500 лет назад нелегко было рассматривать в рамках единого понятия “художественное произведение” скульптуру и литературные произведения, в настоящее время пока трудно найти точное обобщающее определение для технических средств. Дело не только в различии их форм, функций и степени сложности, но и в различии принципов их действия, используемых для достижения требуемых результатов. Хотя многие термины используются в некоторых отраслях техники уже давно, их содержание определяется в основном интуитивно.

Возможны два подхода к проблеме определения технического средства «абстрактной машины». Первый состоит в перечислении всех элементов, входящих в состав машины (например, привод, передаточный механизм, коленчатый вал, втулки, болты и т.д.). Второй подход заключается в поиске нового обобщающего выражения, или термина. В последнем случае основное внимание при описании технического средства будет уделяться его системным свойствам.

Исходя из понятия системы, мы можем провести разделение систем на классы, например, как показано на рис.1.2. - по принципу происхождения систем.

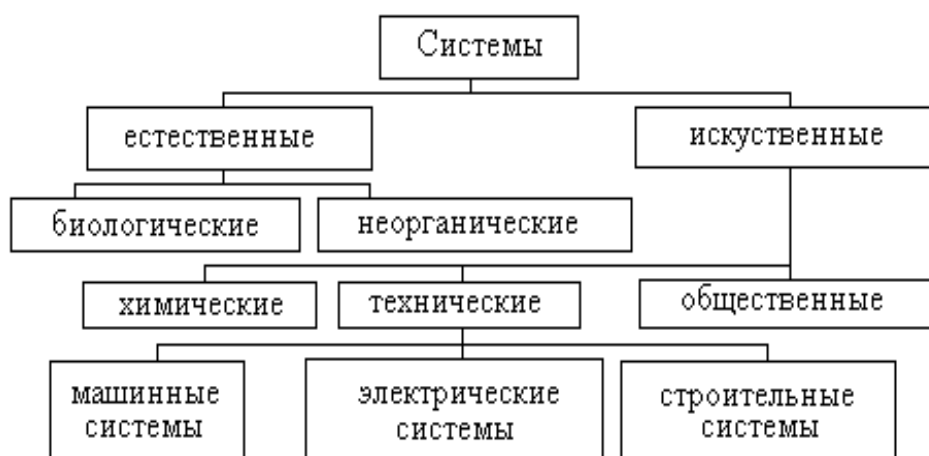


Рис.1.2. Разделение систем по их происхождению.

Из этой схемы понятие системы становится яснее, так как в ней отдельные элементы структуры определяются на основании общепринятой классификации областей знаний. Наша задача заключается в *классификации технических систем*. Классы, представленные в данной схеме, соответствуют известным отраслям техники – машиностроение, электротехника, строительство и т.д. Такой подход не дает точного определения понятия «техническое средство», так как в соответствии со схемой его можно трактовать и как объект машиностроения, и как объект электротехники. Упорядочение систем в соответствии с принципами их действия – механическим, электрическим, гидравлическим и т.п. – также не позволяет унифицировать свойства и однозначно определить классы элементов систем, так как в настоящее время уже существуют гибридные системы.

Все сказанное выше приводит к тому, что для обозначения «абстрактной машины» целесообразно использовать термин «техническая система». В связи с этим курс лекций называется «Теория технических систем».

2. Теория технических систем.

Технические системы (TS) – это не механизмы в чистом виде, и не автоматы. «Теория машин», разработанная И.И.Артоболовским, представляет собой лишь часть этой будущей общей теории, Изложим концепцию современного понимания теории технических систем.

а) *Цель теории.* Цель теории состоит в том, чтобы привести имеющиеся знания по объекту теории – техническим системам – в единый комплекс понятий, определений и положений, основываясь на сущности и закономерностях структуры, создания и использования технических систем, а не на отдельных эмпирических данных, относящихся к этим системам. В то же время должна быть установлена целесообразная система понятий, позволяющая, во-первых, понять их смысл без дополнительных пояснений и, во-вторых, выводить из них другие понятия.

б) *Структура теории.* Структура теории должна содержать основные положения, определяемые более детально в рамках этой теории, такие, как

- система понятий;
- система преобразований;
- технический процесс как элемент системы преобразований;
- техническая система как элемент системы преобразований;
- назначение TS;
- структура TS;
- свойства и оценивание TS;
- возникновение и развитие TS;
- эволюция TS;
- систематика – классы, типы и виды TS;

в) *Виды теории.* В соответствии с областью применения различают:

- общую теорию технических систем, которая справедлива для всех технических, в том числе и машинных систем;
- специальные теории, которые конкретизируют общую теорию для отдельных классов, типов или видов технических систем.

Структура специальной теории также может быть иерархической (например, теория станков, теория металлообрабатывающих станков, теория токарных станков). Особое положение занимают специальные теории, которые применимы для нескольких отраслей техники, например, теория механизмов, теория деталей машин и т.п.

г) *Взаимосвязь теории с другими дисциплинами.* Теория технических систем основывается на целом ряде научных дисциплин, число которых возрастает по мере включения в нее новых систем и установления требований к ним. Наряду с такими «классическими» науками, как физика (со всеми ее направлениями) и химия, все в большей мере вовлекаются в рассмотрение биология и такие дисциплины, как теория систем, экономика, эргономика, логика.

С другой стороны, теория технических систем образует некоторые рамки и вводит определенный порядок во многие инженерные дисциплины, связанные с конструированием, транспортировкой, вводом в действие или ликвидацией техни-

ческих систем. В этих инженерных дисциплинах положения общей теории технических систем в том или ином смысле «детализируются».

Пример. Наука о сопротивлении материалов исследует связи между прочностью технической системы, с одной стороны, и геометрическими характеристиками, свойствами материала и нагрузками технической системы, с другой; аналогично надежность, срок службы, технология изготовления в соответствующих теориях основывается на некоторых частных положениях общей теории. В теории машин и механизмов рассматриваются механизмы как часть технических систем.

д) *Применение теории технических систем.* Кроме практического применения, теория технических систем должна иметь также познавательное значение. Разработка некоторой системы объектно-ориентированных дисциплин (для отдельных областей техники) позволяет установить ясные взаимосвязи и границы между частными дисциплинами и ввести определенное упорядочение. С учетом этого теория технических систем важна для создания общей картины в области техники и будет способствовать совершенствованию инженерных дисциплин, где она может и должна служить в качестве обобщающей теории.

В заключение приведем еще несколько соображений относительно целесообразности создания теории технических систем и покажем некоторые преимущества объединения системных теорий.

1. Теория выявляет закономерности, справедливые для всех объектов техники. Она способствует перенесению профессионального опыта из одной области в другие благодаря возможности переноса системных категорий (использование гомоморфизма объектов техники).

2. Объединение всех объектов техники в класс «технические системы» позволяет разработать подход к инженерной деятельности, не связанный с конкретным объектом техники и применимый во всех специальных областях³. Работа с абстрактными понятиями заставляет инженеров применять научные методы там, где силы воображения и опыта недостаточно. Тем самым создаются условия для того, чтобы отойти от устаревших традиций и шаблонов.

4. Теория технических систем позволяет трактовать любую техническую проблему целостно, с позиции системного подхода. Такой подход является предпосылкой эффективного конструирования и успешного выполнения других инженерных работ.

5. Использование кибернетики и ее понятий позволяет улучшить связи инженеров с учеными. Кроме того, при этом облегчается формализация некоторых операций в процессе конструирования, поскольку расширение применения вычислительных устройств требует построения алгоритмов логических операций.

6. Формирование классов технических систем, основанных на аналогичности отношений, дает инженерам базу для выявления максимального количества способов реализации определенной функции или определенного отношения. Тем самым создаются предпосылки для того, чтобы из множества возможных решений выбрать наилучшие. Практической формой представления такой информации является создание каталога конструкций.

3. Эволюция технических систем.

Одним из ценнейших качеств *Homo sapiens* является его способность в процессе познания выделять главное и существенное, оставляя при этом без внимания несущественные или случайные признаки, что необходимо для правильного и глубокого понимания объекта познания. Метод абстрагирования помогал человечеству получать и упорядочивать знания в любой области его деятельности и тем самым способствовал возникновению и развитию отдельных наук.

Тем не менее, и до сих пор для решения той или иной проблемы не всегда имеется соответствующая теория. В области техники найдется немало примеров того, как практика опережает теорию, а развитие теории впоследствии позволяет улучшать достигнутые практические результаты. Так обстоит дело и с теорией технических систем.

Поучительно проследить, как в процессе развития цивилизации менялись представления людей о машинах. Сначала было принято рассматривать машину как нечто целое, состоящее из только ей принадлежащих, ей свойственных частей. Так, мельница не могла быть просто мельницей, а была либо водяной, либо ветряной. По этой причине в старых книгах машины описывались как единое целое. Для обозначения некоторых машин не было специальных понятий. Например, у Рамелли (1588 г.) отсутствует термин «насос» при описании соответствующей машины.

Только с основанием технических школ (Париж, 1794 г.; Прага, 1806 г.) начинается процесс упорядочивания и происходит выделение механизмов из рамок общего учения о машинах (Монж, Карно, Ашетт, Ланс). Сначала вводят 10, а позднее-21 класс механизмов, предназначенных для преобразования движения. У Борни (1818 г.) речь идет уже о необходимости различать 6 классов основных частей машины, которые группируются не по принципу преобразования движения, а по их функциям. Эту идею заимствует, и разрабатывают Кориолис и Понселе. Они различают в машинах три основные части: рецептор, передаточный механизм и инструмент. Их концепция была отвергнута сторонниками быстро распространившегося учения о механизмах (представителем которого был и Ампер), и в дальнейшем забыта.

Все сказанное выше о развитии взглядов на машины оказывается неполным, если не упомянуть в этой связи труды Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.). Уже он рассматривал элементы и части машин как общие для различных машин элементы и занимался их исследованием. В своих работах («Мадридский кодекс», ч. I и II) он сформулировал два интересных постулата о машинах:

- книгу о сущности машин должно, прежде всего, писать, как книгу об их применении;
- механизмы суть рай для математических наук; они оказывают на математику плодотворное влияние.

Леонардо да Винчи принадлежит к числу гениев, определивших ход развития науки. Так, лишь в XIX столетии, после создания большого числа различных машин было проведено систематическое исследование элементов механизмов и машин, что позволило, основываясь на реальных надежных конструкциях, вести по-

иск закономерностей, лежащих в основе этих машин. К тому времени наряду с машинами, применявшимися в военном, горном и водном деле, существовали также прядильные и ткацкие станки, печатные и подъемные машины; к ним вскоре присоединилась паровая машина, затем последовали гидравлический двигатель, электродвигатель, генератор. Важной проблемой, связанной с механикой и, прежде всего с теорией прочности стало определение оптимальных размеров. Ф.Рело (1829-1905 гг.) видел основу для выявления принципов работы машин в прикладной механике и, в частности, в кинематике.

Именно Рело в 1874 г. в своей работе «Теоретическая кинематика» предпринял первую попытку создать общую теорию механизмов и машин. Идеи того времени прослеживаются в работах Р. Виллиса, П.Л. Чебышева и И.И. Артоболевского. При этом рассматриваются три области теории механизмов и машин: синтез механизмов, динамика машин, теория автоматов.

Хотя в Западной Европе подобного учения практически не существует, рассмотренные выше концепции так или иначе, представлены как в теории, так и в самой структуре наук. Традиционные элементы учебных планов и структуры наук создают основу, например, для машиностроения, механики (с теорией прочности), теории деталей машин, материаловедения и технологии материалов, организации производства. Однако общая теория в рассматриваемой области пока еще не создана.

В этом направлении развивались, естественно, и специальные области, особенно те, в которых прогресс техники шел рука об руку с развитием соответствующей науки, например, термодинамика и тепловые машины.

Из практических соображений все вопросы, связанные с планированием, производством и эксплуатацией, решались в рамках каждой отрасли. Вследствие этого возникли обособленные друг от друга сферы знаний и профессий, в которых всякое профессиональное обучение должно было дополняться многолетним опытом. Причина этого заключалась в отсутствии теории и, как следствие, в отсутствии системы сбора и классификации изобретений и сущности новых технологий.

Такое положение было возможным и приемлемым только на этапе первой технической революции, когда осуществлялся переход от ручных форм производства к промышленным – к машинному веку. Растущее промышленное производство, различные кризисные ситуации (особенно вторая мировая война), сырьевые и экологические проблемы, возникшие в ходе второй технической революции – все это потребовало разработки новых подходов и теорий. Создание новых технических средств, наряду с повышением требований, с одной стороны, и новыми способами решения задач (например, средствами вычислительной техники), с другой, вызывает необходимость пересмотра методов изучения технических систем.

Одно из новых направлений в области теории технических систем возникло после второй мировой войны первоначально в виде отдельных аспектов общей теории в рамках нескольких тематически связанных между собой исследований (Вегербауэр, Кессельринг), а позднее в более интегрированной форме, что осо-

бенно относится к системотехнике (например, Госслинг, Рот, Хубка, Хансен, Рополь, Йошикава).

В Советском Союзе основателем научной школы в области теории механизмов и машин, а также систем автоматического действия является акад. И.И.Артоболевский (1905-1977 гг.). Его основные труды: «Синтез механизмов» (1944); «Курс теории механизмов и машин» (1945); «Механизмы. Пособие для инженеров, конструкторов и изобретателей» (1947-1955); «Теория механизмов» (1965); «Механизмы в современной технике» в 7 томах (1970-1976).

Таким образом, значимость общей теории создания современной техники заключается в том, что на основе ее принципов и методов устанавливается и обеспечивается требуемая функциональная и экономическая эффективность новых технических объектов, их технико-экономические уровни, темпы технического прогресса и сроки обновления техники, предопределяется «нагрузка» на экономику соответствующих отраслей народного хозяйства, принимающих участие в ее создании.

Развитие теории создания технических систем рассмотрим на примере анализа развития теории проектирования объектов ракетной техники.

Для проведения указанного анализа рассмотрим период становления и развития ракетной техники от момента появления идей создания первых реактивных летательных аппаратов до наших дней.

В своем историческом развитии ракетная техника прошла несколько этапов: первый – до 1921 года, второй – 1921-1960 годы, третий – 1960-1995 годы.

Первый этап развития теории проектирования объектов ракетной техники в нашей стране охватывает период появления основополагающих работ К.Э. Циолковского по ракетостроению до организации государственной лаборатории по разработке изобретений Н.И. Тихомирова.

Развитие теории проектирования объектов ракетной техники на этапе, когда она только зарождалась, шло в направлении поиска путей теоретического и практического решения первоочередных, главным образом, энергетических проблем создания ракет, в связи с чем теория проектирования на данном этапе будет условно названа энергетической.

Второй этап теории проектирования объектов ракетной техники берет начало от организации в 1921 году лаборатории по разработке изобретений Н.И. Тихомирова, в дальнейшем получившей название Газодинамической лаборатории (ГДЛ), включает довоенный и послевоенный периоды и заканчивается в конце 50-х годов. Энергетическая теория на этом этапе развивается в техническую, обеспечивающую развертывание не только научно-исследовательских, но и конкретных опытно-конструкторских работ по разработке объектов ракетной техники, которые позволили создать в послевоенный период мощные баллистические ракеты.

Теория технического проектирования развивалась в послевоенные годы, когда возникла необходимость в мощных баллистических ракетах для военных целей и освоения космоса, должна была подняться на качественно новый уровень. Силами ученых, конструкторов, инженеров в сжатые сроки была создана необходимая теоретическая база для проектирования различных объектов ракетной техники.

В частности, на ее основе было разработано семейство мощных космических ракет, с помощью которых были запущены первые в истории искусственные спутники Земли, исследовательские космические аппараты для изучения Луны и планет Солнечной системы, совершен первый пилотируемый полет вокруг Земли, осуществлен выход человека в космос.

На третьем этапе развития теории проектирования объектов ракетной техники по мере накопления опыта создания, эксплуатации и целевого применения первых поколений ее объектов, критического осмысления с позиции возросших требований к теории технического проектирования в конце 50-х годов были разработаны на ее базе основы теории комплексного проектирования, расширившего возможность проектирования и преодолевшего ограниченность технического подхода к созданию сложных технических объектов. Главная суть комплексной методологии проектирования, базирующейся на комплексном подходе к созданию объектов ракетной техники, сводится к следующему.

Основными типовыми объектами проектирования при использовании комплексной методологии в организационно-техническом плане стали не только отдельные составные части ракетного комплекса (РК), охватывающего большое число разнородных по своей сущности технических средств и объектов, но и ракетный комплекс в целом. Типовой РК включает в свой состав определенное число ракет и пусковых установок, командные пункты, системы управления и связи.

Наземное технологическое оборудование и другие вспомогательные средства в виде специальных механизмов, агрегатов, машин, аппаратуры, систем строительных сооружений, в совокупности образуют комплекс средств обеспечения функционирования ракет при их эксплуатации и целевом применении.

При комплексной методологии проектирования РК ведется как единое целое по общему замыслу головного разработчика, координирующего деятельность всех разработчиков, без деления РК на главные и второстепенные составные части и подчинения выбора параметров последних, обеспечению предельных показателей других его составных частей, искусственно выбираемых в качестве главных. Это значит, что при комплексной методологии проектирования РК исключается бытовавшая недооценка комплекса средств, обеспечивающих эксплуатацию и целевое применение ракеты, нерациональность построения которых может резко снизить эффект от ее совершенства.

При этом каждое проектное организационно-техническое решение принимается на основе комплексного рассмотрения всеми разработчиками в самых различных аспектах проблемы создания и целевого применения возможных вариантов построения проектируемого образца РК и его составных в неразрывной связи с возлагаемыми на них задачами, а также всестороннего учета научно-технических, промышленно-экономических, эксплуатационных, общественно-политических и других факторов, характерных для протекания жизненного цикла данного образца.

Из изложенного следует, что комплексная методология проектирования объектов ракетной техники охватила методологии не только технического проектирования, но и их операционного и экономического проектирования. При становлении комплексной методологии операционное проектирование оформилось как но-

вая составная часть общей методологии проектирования ракет, в ходе реализации которой выбираются цели разработки, способы производства, эксплуатации и целевого применения разрабатываемых образцов РК, а также дается количественная оценка результатов возможных ситуаций с применением различных вариантов этих образцов РК с целью выработки наиболее рациональных проектных решений. Оно базируется на теории исследования операций, обобщающей и систематизирующей количественные методы оценки ситуации и подготовки решений задач различной природы. Перенос методов точных наук на решение проблем, выходящих из сферы чистой науки, теория исследования операций вооружила проектантов способами формализации и выбора стратегий решения проектных задач, для которых не удается осуществить оперативный эксперимент и отсутствует полная определенность. Операционное проектирование позволило устанавливать количественное соотношение между результатами технического и экономического проектирования, соизмерять цели и затраты, возможности и потребности, определять совершенство образцов РК на основании комплексных критериев технико-тактико-экономической эффективности.

Экономическое проектирование также стало новой составной частью теории создания объектов ракетной техники, при которой анализируются пути и способы разработки, промышленной реализации и функционального использования того или иного варианта построения РК с точки зрения их экономической оценки для минимизации требуемых суммарных материальных затрат и принятия наиболее экономических обоснованных проектных решений. Благодаря этой составной части комплексная методология проектирования приобрела направленность экономического проектирования с превращением денег в одного из главных арбитров в технических спорах, возникающих при создании ракетной техники.

В связи с использованием при комплексной методологии проектирования технических, операционных и экономических методов, проектный анализ и синтез при создании РК стали носить технико-экономический характер, что весьма существенно преобразило традиционный методический аппарат их технического проектирования. Внедрение комплексной методологии в практику создания РК резко расширило возможность объективного решения необходимого круга проектных задач, в том числе ранее недоступных методологиям энергетического и технического проектирования; изменило ранее сложившийся (с позиции энергетической и технической методологии проектирования) представления об оптимальных решениях многих традиционных проектных задач; усложнило организацию процесса проектирования и потребовало широкого внедрения в практику методов вычислительной математики, программирования и электронно-вычислительных машин.

При этом разработка каждого нового образца РК рассматривается не только как смежное техническое, но и крупное промышленно-экономическое и общественно-политическое явление, требующее к себе комплексного государственного подхода.

Развитие ракетного комплекса баллистических ракет на заводе «Южмаш» приведено на рис.3.1. На графике приведено увеличение полезного груза баллистических ракет от 100 кг для первых ракет Р1, Р2 до 100 тон. комплекса «Энергия». Такое увеличение произошло за 35 лет по гиперболическому закону.

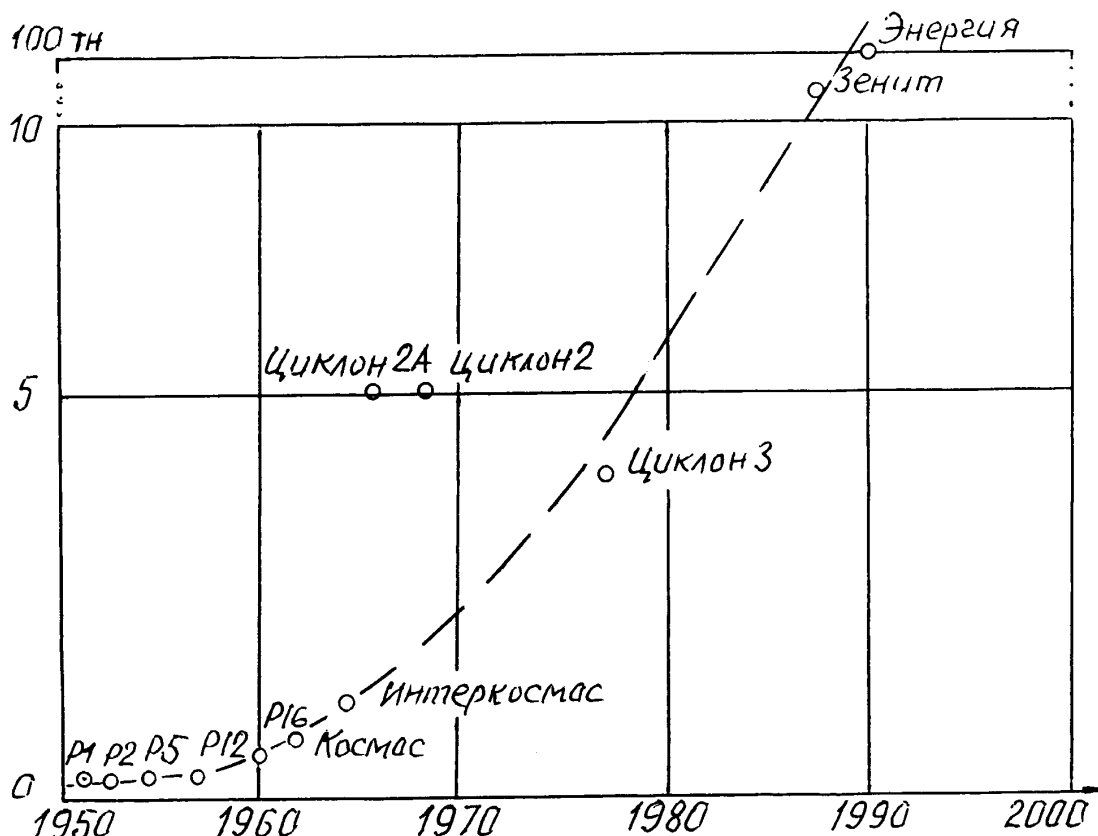


Рис.3.1. Развитие РК на базе завода «Южмаш».

Необходимость постоянного совершенствования техники является причиной поиска путей дальнейшего совершенствования и теории создания этой техники в плане более полного соответствия ее современным требованиям, что потребовало в конце 70-х годов критического рассмотрения опыта использования отечественной комплексной методологии.

Как уже отмечалось ранее, суть содержательной основополагающей части любой теории определяется использованным в ней общенаучным концептуальным подходом, в связи с чем критическому осмысливанию в первую очередь, был подвергнут комплексный системный подход, лежащий в основе отечественной теории создания технических систем.

Системный подход до настоящего времени не имеет единой формулировки и рассматривается как некий «золотой ключик» для решения различных проблем. При этом он нередко трактуется как нечто совершенно неизвестное до наших дней, как общая методология науки, чуть ли не новая философия, призванная заменить все существующие методологические, мировоззренческие концепции, включить в себя все другие методологические средства.

Системный подход представляет собой общенаучную (т.е. нефилософскую, но сохраняющую тесную связь с философией) концепцию. Системный подход содержит в себе два аспекта: во-первых, в определенном понимании самого объекта исследований именно как системы, а во-вторых, в понимании процесса исследований как системного по своей логике и применяемым средствам.

Основополагающей категорией системного подхода считается система (от греческого **sistema** – целое, состоящее из частей), которая является не простым объединением своих частей. Отсюда и отрицание элементаризма – подхода, не-

верно ориентирующего на простой синтез системы из ее элементов, на простое объединение или «сосуществование» элементов.

Несмотря на то, что идея системного строения мира является ровесницей философии, наука до последнего времени развивалась исходя из противостоящего системному подходу элементаризма, считающегося не только доступным, но и законным принципом исследований.

Однако следует отметить, что системный подход не отражает содержания всей совокупности принципов диалектики (в первую очередь, ее творческую преобразующую направленность, обеспечивающую развитие системы), в связи с чем он не может рассматриваться как самый универсальный и базовый для разработки теории создания современной техники, исключая другие, ранее используемые, и новые, более универсальные общенаучные подходы.

Усовершенствованный подход для построения общей теории создания объектов современной техники должен отражать не только системную организацию их построения, но и всех остальных проектных объектов, факторов и процессов. Он также должен отражать эволюционную природу их происхождения и управленческую, активную суть деятельности разработчиков, лежащую в основе всего процесса их совершенствования, обеспечивающего техническую эволюцию, направленную на постоянное повышение качества технических объектов, создаваемых для использования в народном хозяйстве.

Современный, наиболее универсальный, концептуальный подход для построения теории создания современной техники, оставаясь комплексным, должен включать в себя не только системный, но и эволюционный и управленческий подходы. Такой синтезированный на их основе универсальный общенаучный подход назвали *кибернетическим*.

Кибернетический подход как термин и концепция уже нашел практическое применение. Сейчас особенно хорошо виден реальный вклад кибернетики в научное мышление, которое приняло на вооружение понятие обратной связи, управления, информационного подхода.

Важнейшим положением кибернетического подхода к исследуемым объектам является представление об их непостоянстве, что требует эволюционного подхода при их рассмотрении.

Управленческий подход придает целенаправленный, преобразующий характер кибернетическому подходу. Конкретное выражение на практике он находит в программно-целевом подходе, предполагающем выбор целей и средств, реализуемых в определенной временной последовательности, обеспечивающей планомерное достижение этих целей за счет программного управления адекватными средствами.

Если научным фундаментом системного подхода является общая теория систем, развитие которой связано с его становлением, то научным фундаментом кибернетического подхода следует считать теоретическую кибернетику.

К 60-м годам сформировалось применение кибернетики не только как ЭВМ, но и прикладные направления развития теоретической кибернетики: техническая, военная, экономическая, медицинская, биологическая, инженерная (рис.3.2.). Таким образом, теоретическая кибернетика – наука об общих законах управления

системами самой различной природы, реализуемых на основе получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах.



Рис. 3.2. Прикладные направления развития теоретической кибернетики.

Определение теоретической кибернетики не установилось и однозначно не определена структура построения ее методологии, которая определится после накопления данных практического опыта применения, как самой теоретической кибернетики, так и ее возможных многочисленных прикладных направлений. Если проанализировать работы, касающиеся структуры построения кибернетики, то с позиции современного уровня понимания методология теоретической кибернетики включает в себя теории моделирования, информации, автоматов, алгоритмов, автоматического управления, знаковых систем (формальных языков и грамматик), распознавание образов и самоорганизующихся систем управления, а также соответствующие ее теории математического обеспечения (в частности, охватывающие наряду с традиционным математическим инструментарием, такие новые и наиболее абстрактные области математики как теории множеств, графов, ячеек, сетей, математической логики и векторной алгебры, статических решений, вероятностей, случайных процессов, игр, тензорного исчисления, адаптации, программирования и др.), а также теории ее вычислительного обеспечения.

Важным принципом кибернетического подхода следует считать и определенный алгоритм его реализации в любой области практического применения, который можно представить следующими типовыми операциями:

3.1. Установление актуальных, программных целей, формирование и постановка задач по их достижению.

3.2. Выбор для достижения этих целей, объектов и средств в форме систем соответствующей их сложности.

3.3. Определение характерного для этих систем окружения в течение всего периода их существования.

3.4. Изучение предыстории, состояния и возможных направлений развития выбранной системы, ее окружения и процессов их взаимодействия.

3.5. Установление параметров, определяющих качество этой системы, а также формирование программных уровней полного качества системы, учитывающе-

го как степень достижения поставленных целей с их использованием, так и связанных с этим затрат.

3.6. Организация замкнутых контуров управления качеством системы для целенаправленного перевода ее из существующего в намеченное состояние.

3.7. Моделирование и максимальная формализация системы, окружения и всех, имеющих к ним отношение объектов, процессов и факторов на основе математического и вычислительного обеспечения теоретической кибернетики.

3.8. Реализация процессов управления качеством системы на основе использования всей необходимой информации, циркулирующей по каналам прямой и обратной связи.

Можно утверждать, что число прикладных направлений развития теоретической кибернетики будет в дальнейшем возрастать по мере расширения кибернетического подхода в тех областях деятельности, где должны учитываться практически повсеместно присутствующие факторы системности, развития и управления, а использование методов кибернетики может дать соответствующий положительный эффект.

Использование кибернетического подхода и теоретической кибернетики для решения проблемы дальнейшего развития теоретического обеспечения процессов создания и применения современной техники, в основе которых лежат процессы управления ее качеством, стало научным фундаментом для формирования нового направления развития теоретической кибернетики – инженерной кибернетики, которая объединяет методологию решения инженерных задач по управлению качеством различных технических объектов, формирующий общую теорию создания новых объектов современной техники.

4. Основные понятия и определения.

Обычно для выражений своих мыслей пользуются интуитивно выбираемыми словами и словосочетаниями разговорного языка. Однако интуитивный подход для построения терминологии научной дисциплины неприемлем, так что приходится устанавливать границы применимости и точный смысл каждого слова или выражения в рамках данной научной или специальной области. При этом одни понятия используются только в узкоспециальных областях (например, сопротивление продольному изгибу). Другие понятия, часто выражаемые общеупотребительными словами, применяются в различных смыслах, причем часто их значения близки к обиходным, но иногда могут иметь значение, совершенно отличное от общепринятого (например, такие технические термины, как «журавль», «баба»).

Другая проблема связана с выбором наиболее точных названий для таких понятий, т.е. терминов. Так, даже отыскивание общего выражения для понятия «машинный продукт» является сложной задачей. Для машиностроения, как и для техники, вообще, это справедливо, поскольку здесь развитие шло от практики к теории. В соответствии с установившейся традицией, термины в технике чаще всего принимались интуитивно, без их точного определения. Например, термин «машина», являющийся основой целого ряда других понятий и терминов, имеет различное содержание в зависимости от специальной области, времени и места использования.

Точности ради отметим, что даже в некоторых фундаментальных науках пока не достигнуто полное единство относительно некоторых терминов. Такое положение наблюдается в кибернетике и теории систем – науках, которые имеют основополагающее значение. Отсутствие единства по терминологическим вопросам не позволяет сослаться на соответствующую литературу и вынуждает рассматривать некоторые элементарные, но важные понятия.

В основу выбора используемых для обозначения специальных понятий положены следующие принципы:

- широкое применение терминов в их укоренившемся значении, которое может быть лишь уточнено;
- ориентация в терминологическом плане на фундаментальные науки, такие, как математика, кибернетика и другие, с учетом того, что вводимые термины должны охватывать и область техники;
- применение, где это возможно, международной терминологии, что облегчает понимание на международном уровне.

Кроме того, для различных понятий наряду с их определениями и названиями, будут рекомендованы также буквенные символы для их обозначения. Использование символов, с одной стороны, соответствует целям установления общепринятой терминологии, а с другой – позволяет сократить записи и затраты инженерного труда. В конспекте лекции используется небольшое количество символов (например, техническая система – TS, машинная система – MS); все остальные понятия будут записываться полностью, и никакой необходимости в их расшифровке не возникает.

4.1.Обозначения.

| | |
|---|--|
| AP – рабочий процесс; | Ot – оператор; |
| Apz – рабочий принцип; | Ou – выход; |
| Au – эстетические свойства; | P – процесс; |
| Bd – функционально обусловленные свойства; | R – отношение; |
| Be – производственные свойства; | S – материя; |
| Di – манипуляционные свойства; | ST – система преобразований; |
| E – свойство, элемент; | Str – структура; |
| Ef – показатель эффективности; | TOb – технический объект; |
| En – энергия; | Te – часть; |
| Erg – эргономические свойства; | TeP – подпроцесс; |
| ETS – элемент технической системы; | Tg – технология; |
| F – функция; | TgPz – технологический принцип; |
| | – |
| Fe – технологические свойства; | TP – технологический процесс; |
| g – весовая функция; | TS – техническая система; |
| GN – правовые нормы; | Umg – окружение; |
| He – качество изготовления; | V – поведение; |
| I – информация; | W – воздействие; |
| In – вход; | We – экономические свойства; |
| Ko – конструктивные свойства; | Σ – сумма, совокупность; |
| LP – свойства поставок и планирования; | ○ – система типа «объект»; |
| M – машина; | □ – система типа «процесс»; |
| Me – человек; | ◇ – система типа «процесс принятия решений»; |
| MS – машинная система; | ◻ – техническая (машинная) система; |
| | → – преобразование, отношение; |
| N – побочный; | → – воздействие; |
| No – нормированный; | ↓↑ – преобразование языка Ляпунова; |
| O – операция; | |
| Od _i – операнд (надстрочный символ – номер состояния, подстрочный – номер операнда); | |

4.2.Определения.

Множество – это совокупность наблюдаемых или мысленных объектов – *элементов* множества. По количеству элементов различают конечные и бесконечные множества. Если X – элемент множества M , то записывают $X \in M$. Два множества M и N *эквивалентны*, если каждому элементу множества M точно соответ-

содержит элемент множества N и наоборот. Если все элементы множества N содержатся в M , то N – *подмножество* M , $N \subset M$. Совокупность всех, не принадлежащих N элементов M , называется *дополнением* множества N . *Объединением* $M \cup N$ – это множество, все элементы которого принадлежат либо M , либо N . *Пересечение* $M \cap N$ содержит все элементы, принадлежащие как M , так и N .

Системой мы называем совокупность, образованную (и упорядоченную по определенным правилам) из конечного множества *элементов*. При этом между элементами системы существуют определенные *отношения*. Возможны также системы, включающие изолированные элементы (или группы элементов), которые не имеют отношений с другими элементами системы.

Элемент и система являются *относительными* понятиями. Элемент может одновременно являться системой меньших элементов, а система, в свою очередь, может быть элементом некоторой большей системы. Например, некоторая машина – это система, образованная своими элементами, и в то же время эта машина может быть элементом некоторого предприятия. Система может быть разделена на подсистемы различной *сложности*. Объектом рассмотрения для конструктора являются машины, для проектировщика – даже предприятия. В отличие от этого, например, материаловед свои исследования проводит на уровне молекул как элементов системы (материала).

Понятие «система» находится в одном ряду с такими понятиями, как назначение, поведение, структура, вход, выход, свойство, состояние.

Система имеет определенное *назначение*, которое может быть описано системой целей. Цель – это некоторое (возможно, воображаемое) положение дел, к осуществлению которого стремятся. Тогда система целей может быть определена как множество целей и отношений между ними. Подцель может конкретизировать цель. Зачастую подцель является средством достижения цели.

Поведение может быть определено как множество последовательных во времени *состояний* системы. Поведение биологических систем трактуется как сумма реакций на раздражения. Для некоторых типов систем (таких, как системы понятий и целей) понятие «поведение» не имеет смысла. Целью создания технических систем является вполне определенное их поведение. Целенаправленное поведение системы часто называют *функцией*. В этом случае под функцией понимают некоторую стабильную способность к определенным действиям, что обеспечивается лишь правильным поведением системы, так как, вообще говоря, система может функционировать неправильно. «Поведение» технических систем мы будем называть функционированием и применять этот термин в связи с желательным действием.

Понятие *структура* (Str) характеризует внутреннюю организацию, порядок построения системы. Таким образом, структура – это совокупность элементов и отношений между ними.

Если $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ есть множество элементов, а $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ – множество отношений, то структура $Str = \{E, R\}$ представляет собой множество, состоящее из E и R . Один и тот же объект может быть определен несколькими системами и, следовательно, несколькими структурами.

Функционирование системы задается ее структурой. Относительно замкнутая система с заданной структурой функционирует однозначно, т.е. ее структура полностью определяет способ функционирования. С другой стороны, функционирование не определяет структуру однозначно. Одна и та же функция может быть реализована различными структурами.

Окружение (окружающая среда, Umg) теоретически включает все, что не входит в данную систему. Практически же мы ограничимся окружением, состоящим из систем, включающих хотя бы один элемент, выход которого является в то же время входом некоторого элемента системы, либо элемент, вход которого является одновременно выходом некоторого элемента системы. Такое «непосредственное» окружение будет называться *реальным окружением*. Полное окружение системы включает следующие составные части: геосфера, атмосфера, биосфера (включая людей), техносфера и астросфера.

Вход (In) представляет внешнее отношение, окружающая среда → система. Входная величина может быть в зависимости от вида системы действием, связью (отношением) или параметром состояния объекта действия (операнда). Совокупность всех входов составляет обобщенный вход (который может быть представлен как вектор отдельных входов).

Выход (Ou) представляет внешнее отношение система → окружающая среда. Выходная величина может быть в зависимости от вида системы действием, связью или параметром состояния операнда. Совокупность всех выходов может быть сведена к обобщенному выходу (вектору выхода). Выход системы есть множество выходов всех элементов, которые не являются входами других элементов системы. Входная и выходная величины являются единственными связями системы с окружающей средой. Входы и выходы включают все виды связей с окружающей средой: желательные и нежелательные (помехи), связи материального (S), энергетического (En) и информационного (I) характера.

Каждая система, ее элементы и отношения обладают *свойствами E*, присущими этой системе и точно ее определяющими, такими как размеры, масса, скорость, форма, стабильность, а также технологичность, транспортабельность и особенно способность что-либо делать, т.е. функционировать. *Свойством* является всякий существенный признак объекта. Объектов без свойств не существует. Однако степень воплощения этих свойств может быть различной.

Для совокупной характеристики объекта, например, при его оценке, выбирают существенные свойства этого объекта. В этих случаях говорят о *частной, обобщенной и совокупной оценках*, обобщенном *качестве* или ценности. Для получения совокупной оценки необходимо измерить отдельные свойства, а частные оценки превратить в обобщенные.

Совокупность значений свойств системы в определенный момент времени называется *состоянием* системы. Аналогично качеству состояние системы можно определить вектором, имеющим в качестве компонентов отдельные свойства. При определении качества или состояния абстрагируют от большей части несущественных или не представляющих интереса свойств.

Два состояния системы могут быть одинаковыми или различными. Различие между состояниями называется их *разностью*. Разность возникает при переходе

системы из одного состояния в другое. Разность может быть дифференциальной (когда имеет место непрерывный переход к следующему состоянию) либо дискретной.

Модель, представленная на рис.4.1., наглядно иллюстрирует приведенные выше определения и их взаимосвязи.

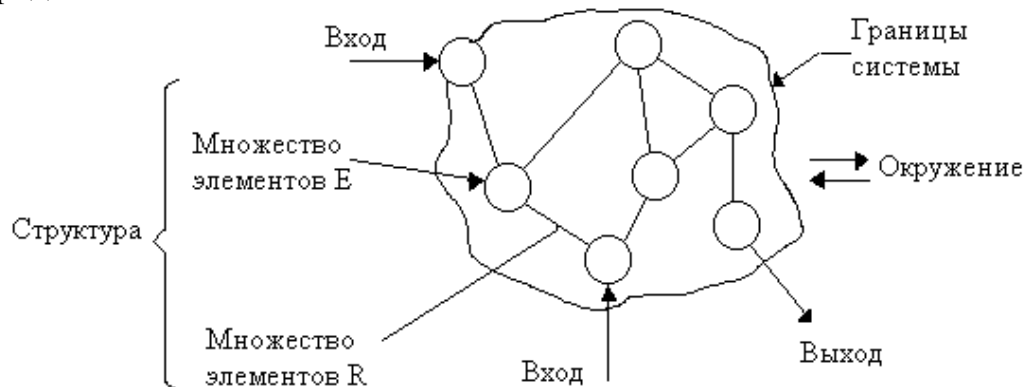


Рис.4.1. Модель системы.

Используя различные критерии, можно установить большое количество типов систем. Системы можно классифицировать следующим образом:

- а) По положению системы в иерархии:
 - надсистема,
 - система,
 - подсистема.
- б) По связи с окружением:
 - открытые (с определенным окружением, т.е. по крайней мере, с одним входом или выходом);
 - замкнутые (без связей с окружением).
- в) По изменению состояния:
 - динамические (состояние изменяется во времени);
 - статические (состояние не изменяется во времени).
- г) По характеру функционирования:
 - детерминированные (в зависимости от состояния системы можно однозначно судить о ее функционировании);
 - стохастические (можно только высказать предположение относительно возможных различных вариантов функционирования).
- д) По типу элементов (в смысле их конкретности):
 - конкретные (элементами являются реальные объекты);
 - абстрактные (элементами являются отвлеченные объекты).
- е) По происхождению системы:
 - естественные (созданные природой);
 - искусственные (созданные людьми).
- ж) По характеру зависимости выходов:
 - комбинаторные (выход зависит только от входа);
 - секвентивные (выход зависит от входа и других величин).
- з) По степени сложности структуры:
 - предельно сложные (например, мозг, народное хозяйство);

- очень сложные (например, полностью автоматизированное предприятие, производственный комплекс);
- сложные (например, легковой автомобиль, библиотека университета);
- простые (например, семейная библиотека, болтовое соединение).

и) По виду элементов:

- системы типа «объект» (элементами являются предметы, например, дом, двигатель, машина);
- системы типа «процесс» (элементами являются операции, например, изготовление, фильтрация, перегонка, приготовление пищи).

В связи с системами рассматриваются три характерных типа задач.

Задача *синтеза* – заданы характер функционирования и другие требования к системе, определить структуру, которая удовлетворяет поставленным требованиям.

Задача *анализа* – задана структура, определить функционирование системы.

Задача «*черного ящика*» – задана система, структура которой неизвестна или известна частично, определить ее функционирование и, возможно, структуру.

Вообще говоря, термин «процесс» означает, что что-то происходит, совершается, т.е. изменяется с течением времени. В природе нескончаемо что-нибудь происходит. Естественным изменениям, т.е. таким процессам, как старение, выветривание, эрозия, подвержены даже такие объекты, которые нам кажутся очень стабильными, неизменными, например, скалы и горы. То же самое относится и к процессу существования живого существа.

Наряду с естественными процессами, человек организует искусственные процессы с целью осуществления необходимых или желательных для него изменений. Такие изменения служат удовлетворению человеческих потребностей. Хотя человек и подчиняется законам природы, все же он может ускорить, усилить или улучшить некоторые природные процессы или их свойства.

Целенаправленное изменение определенных объектов имеет для людей жизненную важность. Искусственные процессы, в которых те или иные свойства объекта действия (операнда) претерпевают соответствующие изменения при участии людей и технических средств, вследствие чего достигается желаемое состояние операнда, будем называть преобразованиями.

Термин «операнд» (Od) здесь выбран в качестве общего названия всех предметов, систем и состояний, подвергаемых целенаправленному преобразованию. Преобразование есть следствие определенных воздействий, основанных на физических, химических или биологических явлениях и описываемых некоторой инструкцией – рецептом, алгоритмом, технологией. Науками, исследующими преобразования в какой-либо определенной области, являются, например, термодинамика, *технология производства*.

Воздействия на операнд выполняются *операторами*. Эти воздействия являются *выходами* операторов. На рис.4.2. представлена модель процесса преобразования. Воздействие операторов осуществляется в виде потоков материи (S), энергии (En) и информации (I).

Нужно пояснить еще одно важное понятие – *алгоритм*. Процесс преобразования представляет собой совокупность *операций* (O); алгоритм – это однозначно определенная последовательность операций, которая либо устанавливается один раз, заранее действительна в течение всего процесса преобразований, либо меняется в зависимости от результата выполненной операции. Таким образом, алгоритм можно определить аналогично структуре процесса как упорядоченное множество операций, их отношений и условий перехода от одной операции к другой. Значительное сходство имеется между понятиями алгоритма и технологического процесса, представляющего собой последовательность операций изготовления изделия.

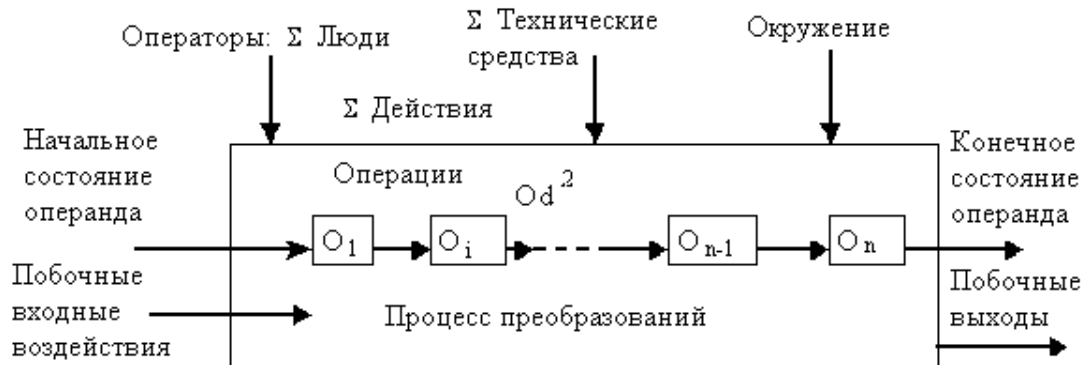


Рис.4.2. Модель процесса преобразования.

Довольно типичными видами процессов в технике являются *управление* и *регулирование*. Управление – это процесс в системе, посредством которого одна или несколько входных величин действуют желательным образом на другие, считающиеся выходными. Регулирование – это процесс, посредством которого некоторые изменяемые (регулируемые) величины непрерывно сопоставляются с эталонными (управляющими), причем на регулируемые величины оказывается воздействие с целью приведения соответствующих отклонений к нулю.

Отношением (R) называется взаимосвязь или взаимодействие двух и более объектов либо явлений абстрактного или конкретного типа. При конструировании существенны объективные, определенные отношения, которые поддаются описанию в соответствии с физическими или логическими законами. Отношения связывают отдельные элементы в различные системы. Выражение «объект X находится в отношении R к объекту Y», символически обозначается $R(X, Y)$. Отношение может быть рефлексивным, симметричным или транзитивным. Эти типы отношений можно охарактеризовать следующим образом:

- а) рефлексивность – каждый объект эквивалентен самому себе;
- б) симметричность – если один объект эквивалентен второму, то второй объект эквивалентен первому;
- в) транзитивность – два объекта эквивалентны между собой, если они по отдельности эквивалентны третьему;

Если выполняются все три условия, то отношение называется *отношением эквивалентности*. Отношение между двумя объектами будет также называться

корреляцией. Корреляция – это математическая модель отношения в обобщенной форме.

Подобие. *Подобие* – это отношение сходства между двумя или более системами (объектами, процессами, высказываниями), определяемое некоторыми общими свойствами. Вообще говоря, возможен диапазон степеней подобия от полного равенства (идентичности) до частного *сходства*. Можно говорить о функциональном, структурном и других видах подобия. Обычно подобие объектов понимается как одинаковость формы (но, как правило, не равенство по величине). Отношение подобия имеет большое значение при математическом и физическом моделировании. Законы подобия позволяют определить условия, при выполнении которых результаты модельных экспериментов справедливы для реальных условий. Например, течение газа или жидкости подобны при равных числах Рейнольдса. Область подобия может быть определена как пересечение множества свойств, участвующих в данном отношении.

Аналогия. Соответствие существенных признаков, свойств, структур или функций объектов или явлений будем называть *анalogией*. Этот термин часто употребляется в том же смысле, что и подобие.

Гомоморфизм. Отношение между двумя системами, когда каждую составную часть и каждое отношение одной системы можно отобразить на некоторую составную и некоторое отношение второй системы (но не обратно), называется *гомоморфизмом*. В этом случае выполнение соответствующих условий подобия позволяет перенести результаты модельных экспериментов на натуру. Область подобия может быть определена как пересечение множества свойств.

Изоморфизм. *Изоморфизмом* называется отношение между двумя системами, когда каждой составной части одной системы может быть поставлена в соответствии определенная составная часть другой системы, и, наоборот (симметричность), а также, когда для каждого отношения между двумя соответствующими составными частями такое же отношение в другой системе и наоборот.

Идентичность. Это отношение между объектами или процессами, характеризующимися одинаковыми свойствами (признаками). При *абсолютной идентичности* должны быть одинаковыми все свойства, при *относительной* – только некоторые (в этом случае имеет место подобие).

Эквивалентность. Объекты или процессы называются эквивалентными, если между ними имеется отношение эквивалентности, т.е. равноценности. Эквивалентность полнее идентичности, так как для последней характерна только рефлексивность. Применительно к технике оба понятия будут использоваться как синонимы, т.е. под эквивалентностью будет подразумеваться абсолютная идентичность.

Математические функции. Важный класс отношений выражают *математические функции* как закономерные зависимости от переменной: $y=f(x)$. Такого рода математические функции выражают точно установленное отношение между x и y , т.е. детерминированную связь.

Причинность. Между причиной и вызванным ее действием существует асимметричное отношение. Причина вызывает действие. Существует строгая (детерминированная типа «если..., то») или ослабленная форма причинного отноше-

ния. Причинная цепь имеет место, если действие выступает в качестве причины дальнейших действий.

Связь. Если определенные выходы элемента (системы) одновременно являются входами какого-либо элемента (системы), то такого рода отношение называется *связью*. Связь может быть прямой (последовательной либо параллельной), обратной или комбинированной; она может быть материальной, энергетической или информационной.

Отношение цель – средство. Это – асимметричное двухместное отношение между системой целей (назначением, задачей) и средством их реализации.

Пространственное отношение. Отношение такого рода характеризует взаимное положение элементов отношения в пространстве. Пространственные отношения изучаются в топологии.

Логическое отношение. Логическим отношением (в логике – двух- или многоместным предикатом) называется отношение между объектами типа « I_1 меньше, чем I_2 », или « I_3 находится около I_4 ». Известными константами (функторами) являются: И; ИЛИ; И-ИЛИ; НЕ-ИЛИ; ТАК, ЧТО; ИЛИ-ИЛИ; ЕСЛИ-ЧТО; ТОЛЬКО ЕСЛИ-ТО; ТОЛЬКО ТОГДА-КОГДА; РАВНО. Из этого перечисления ясно, что многие описанные выше отношения являются также логическими отношениями. В ЭВМ реализация отношений такого рода осуществляется логическими элементами.

Временное отношение. Отношение такого рода описывает упорядочивание процессов и событий во времени.

4.3.Выводы.

1. Функционирование системы задается ее структурой.
2. Относительно замкнутая система с заданной структурой функционирует однозначно; функционирование полностью определяется структурой.
3. Функционирование не определяет структуру однозначно. Одна и та же функция может быть реализована различными структурами.

5. Технический процесс.

Современный мир изобилует техническими процессами, в которых, так или иначе, участвуют люди. Каждый человек обычно участвует в нескольких процессах одновременно, удовлетворяя свои потребности, непосредственно либо создавая средства для последующего удовлетворения своих или чужих потребностей. Ключевым словом здесь является *потребность*.

Какова связь потребности с техническим процессом? Повторим: а) сначала возникает состояние неудовлетворенности либо ситуация, которую человек хочет или должен изменить; б) это состояние вынуждает сформулировать потребность; в) осознается, что потребность, вообще говоря, может быть удовлетворена различными средствами; г) выясняется, что средства, которые могли бы быть использованы непосредственно, отсутствуют; д) нужно изменить существующее состояние на желаемое путем преобразований; е) преобразования осуществляются в технологических процессах.

5.1. Модель технологического процесса.

Мы установили, что технологический процесс (ТР) является элементом системы преобразований (рис.5.1). Его модель строится на отношениях в системе преобразований (табл.5.1.). Обобщенный технологический процесс определяет преобразование операнда без точного указания того, «чем», «кто», «когда» и «где» его выполняет.

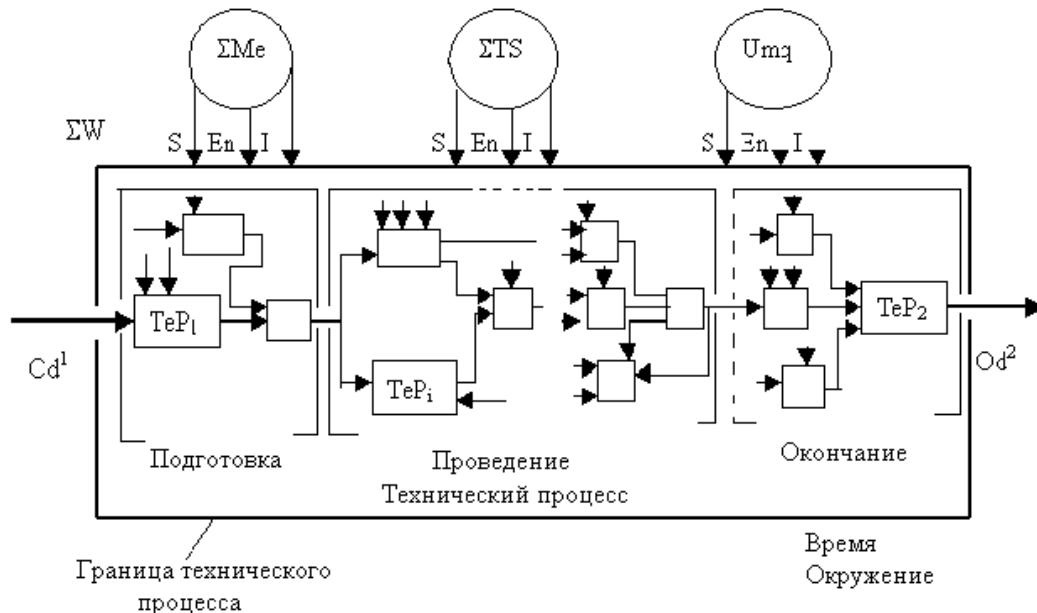


Рис.5.1. Структура модели технологического процесса.

Описание любого технологического процесса должно содержать ответы на следующие вопросы:

а) Что является операндом и каковы его состояния (начальное, конечное и промежуточное)?

б) С помощью каких преобразований (технологии) достигается совокупное преобразование $Od^1 \rightarrow Od^2$ в рамках существующих условий – природных явлений, общественных законов и других ограничений?

в) Какими действиями (материального, энергетического или информационного типа) могут быть реализованы частичные преобразования (хотя бы в первом приближении без детализации)?

г) Какими операторами выполняются отдельные действия?

Таблица 5.1.

Примеры к модели технологического процесса.

| При- мер | Операнд | | Способ преобразования | | Действия | | |
|-----------------|----------------|----------------|-----------------------------|---|---|-----------------|-------------|
| | Вид | Состояние | | Технологический принцип TgPz Подпроцесс TeP | Над материалами, энергией и информацией | | |
| | | Входное (1) | Выходное (2) | | ↓S | ↓E _n | ↓I |
| 1 Сталь Ст50 | Заго- товка | Деталь | TgPz ₁ : обточка | | | | |
| | | | | TeP ₁ :установить и зажать заготовку | TS | Me | Me |
| | | | | TeP ₂ : включить обороты | TS | TS | Me |
| | | | | TeP ₃ : перемещать резец относительно заготовки со снятием стружки | TS | TS | Me |
| | | | | TeP ₄ : измерять TeP ₅ : освободить, деталь положить в контейнер готовой продукции | TS | Me Me | Me+TS Me |

Пример, приведенный в табл.5.1., содержит ответ на поставленные вопросы. В каждом конкретном случае информация такого рода вводится непосредственно в графическое изображение технологического процесса, и тогда эти связи выступают еще отчетливее.

Предполагая, что желаемое состояние является выходом (результатом) технологического процесса, для этого процесса нужно определить следующие показатели, являющиеся его характерными признаками:

- конечное состояние операнда;
- технологический принцип;
- типы и последовательность операций (действий), соответствующей выбранной технологии;
- распределение результатов по операциям, соответствующее постановке задачи и требуемому конечному результату;
- результат каждой операции;

Указанные признаки можно рассматривать как степени свободы, имеющиеся при выборе, разработке и оптимизации технологического процесса.

Для понимания общей модели ТР и разработки конкретного технологического процесса могут быть полезны следующие пояснения.

1. Принципиальная схема технологического процесса определяется операндами, состояние которых требуется изменить. Последовательные входы и выходы технического процесса должны быть однородными.

2. Выход может быть сформулирован только из тех изменяемых или не изменяемых в технологическом процессе составных частей, которые поступили в процесс как входы. Кроме того, должен быть определен полностью перечень операндов процесса. Строго говоря, для стальной заготовки (вход) на выходе необходимо указать и деталь, и стружку (а не только деталь). В принципе при разработке технологического процесса следует рассматривать балансы материальных, энергетических и информационных потоков.

3. Технологический процесс должен охватывать только операции с операндами. Однако с практической точки зрения целесообразно расписывать по операторам также все вспомогательные операции, особенно в тех случаях, когда они связаны с преобразованиями непосредственно или вызываются этими преобразованиями.

4. Модель опирается на следующее важное соображение: каждый моделируемый технологический подпроцесс ТеР или операция О наряду с соответствующим частичным преобразованием включает также сопутствующие преобразованию побочные процессы, процессы материально-технического снабжения, управления, регулирования и т.п.

5. Путем детализации модели технологического процесса, как это показано на рис.5.2., можно уточнить данные по материальным, энергетическим и информационным входам или потокам, необходимым для реализации преобразований, а также расписать операции по операторам.

6. Каждый процесс или подпроцесс, каждая операция проходят стадии подготовки, проведения и окончания. Каждая из этих стадий связана с определенным комплексом вопросов.

7. Конкретный технологический процесс (подпроцесс, операция) происходит в определенном месте и в определенное время. Эти условия, которые должны быть заданы для любой модели технологического процесса, обычно включают данные физического (температура, давление, влажность, содержание пыли и т.д.), социального и финансового характера, а также все временные данные.

8. Преобразования в технологическом процессе могут быть описаны в зависимости от цели и стадии его разработки либо укрупнено, либо более подробно. Рекомендуется по возможности все операции прорабатывать с одинаковой степенью детализации.

9. Необходимо тщательно проверять реализуемость каждой операции. В сомнительных случаях следует проводить дополнительные исследования.

10. Разрабатываемый технологический процесс и его запасные варианты можно дополнительно проверить, ставя следующие вопросы:

- Можно ли пропустить какой-либо подпроцесс или операцию?
- Нужно ли добавить какую-либо операцию?
- Не лучше ли заменить одну операцию другой (другими)?
- Может ли быть изменена последовательность операций?
- Не целесообразно ли разделить или объединить операции?

– Возможно ли повторить операцию?

11. Описание подпроцессов и операций осуществляется путем задания объекта преобразования и глагола, например, преобразовать энергию, нагреть деталь, послать людей. Рекомендуются выбирать довольно общие формулировки, соответствующие данному уровню детализации, так как вид описания влияет на выбор средства (например, отпилить шайбу, сделать шайбу).

12. Операции технологического процесса осуществляются во временной последовательности. Если операция выполнена и достигнуто требуемое промежуточное состояние операнда, то после этого должна выполняться следующая за ней операция. При этом условии поток операндов технического процесса может быть четко зафиксирован на временной оси.

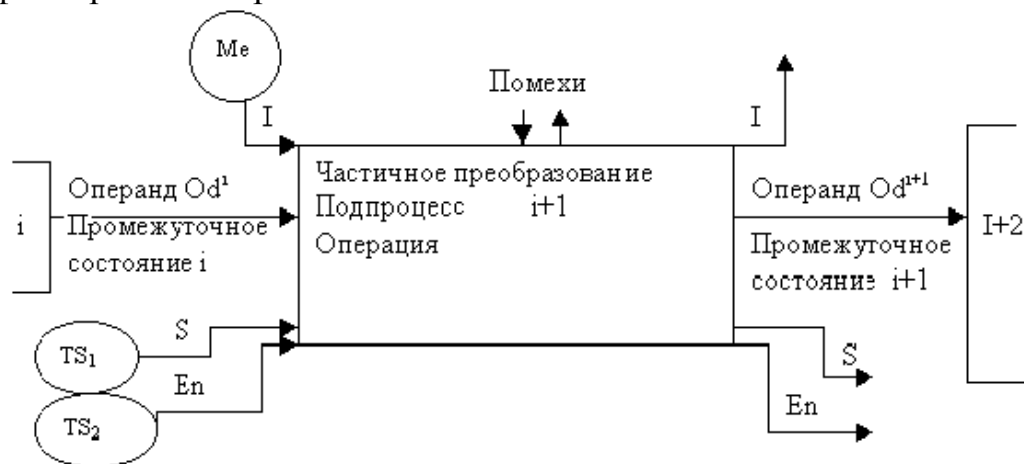


Рис.5.2. Часть модели технического процесса.

Модель технического процесса могла бы применяться в технике очень широко. Однако ее применение целесообразно только в тех случаях, когда в преобразованиях могут участвовать и участвуют люди, а используемая техническая система имеет характер «машин», т.е. позволяет достичь требуемого результата без участия других технических систем. На рис.5.3. показаны примеры графического представления технологических процессов функционирования и обслуживания технических систем.

5.2. Операнды технологического процесса.

Операнд технологического процесса является также операндом системы преобразований. Мы будем различать четыре класса операндов:

1. **Живые существа.** Независимо от того, человек это или животное, в технологическом процессе изменяется либо состояние (здоров – болен), либо местоположение операнда; тем не менее, было бы неправильно включать живые существа в класс материи ввиду специфичности и ограничений для этого класса операндов.

2. **Материя.** В технологическом процессе изменяются основные свойства (например, химический процесс) или форма, размеры заготовки, ее местоположение и т.п.

3. **Энергия.** В технологическом процессе различные виды энергии (энергоносители) преобразуются в другие виды, а также изменяются их параметры ($p_1 \rightarrow p_2, t_1 \rightarrow t_2$).

4. **Информация.** В технологическом процессе изменяется форма, количество, качество, а также местоположение информации.

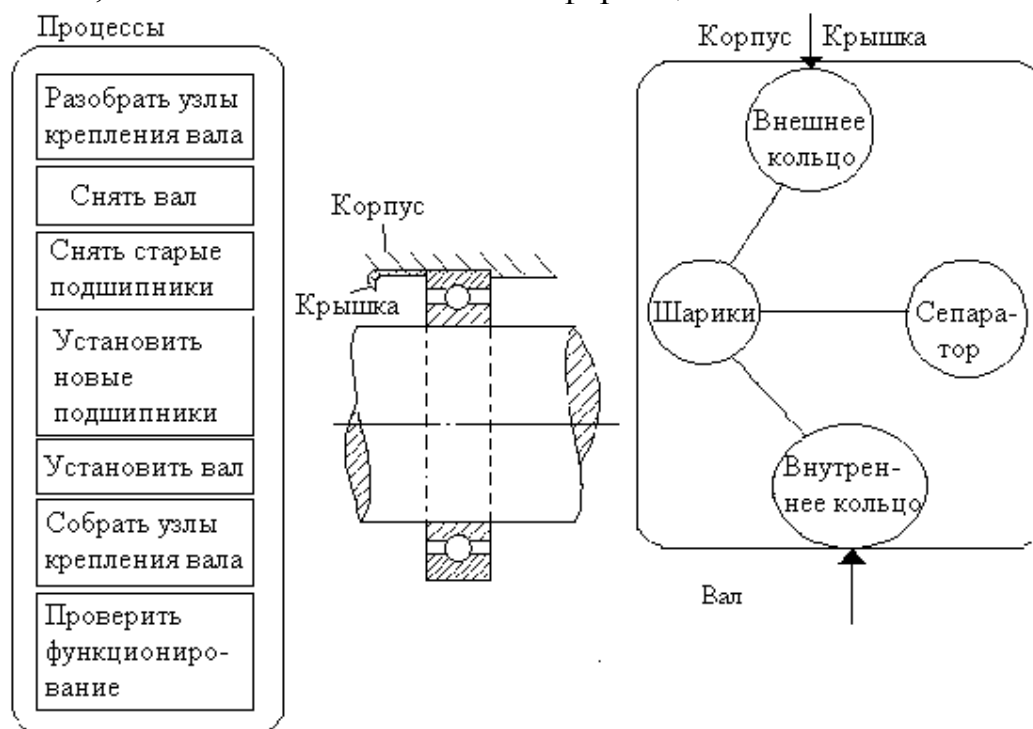


Рис.5.3. Технологические процессы в технических системах, замена подшипника.

5.3. Структура технологического процесса.

Преобразования операндов часто бывают очень сложными. Операнд проходит последовательно многочисленные, точно предписанные промежуточные состояния, а его свойства при этом шаг за шагом изменяются в нужном направлении. Изменение свойств может происходить либо непрерывно (например, нагревание), либо скачкообразно (например, разрушение). Объекты переходят в промежуточные состояния посредством подпроцессов TeP и операции O в рамках совокупного технологического процесса.

Операцией мы называем элементарный процесс, соответствующий одному рабочему действию. Операция технологического процесса – это неразрывная во времени часть процесса преобразований, которая выполняется оператором или группой операторов O как независимое задание на одном рабочем месте и касается только одного операнда. Обычно с помощью операции достигается желаемое изменение одного свойства. Так, например, токарной обработкой можно получить тело вращения, фрезерованием – паз, закаливанием – твердую поверхность.

Согласованная совокупность операций представляет собой технологический процесс. Технологический процесс зависит от требований к операнду располагаемой информации, квалификации операторов и особенно от технических средств,

которыми реализуется процесс. Технология может совершенствоваться во времени в соответствии с прогрессом знаний. Структура технического процесса TP зависит, в первую очередь, от технологии и в общем виде изображена на рис.5.4.

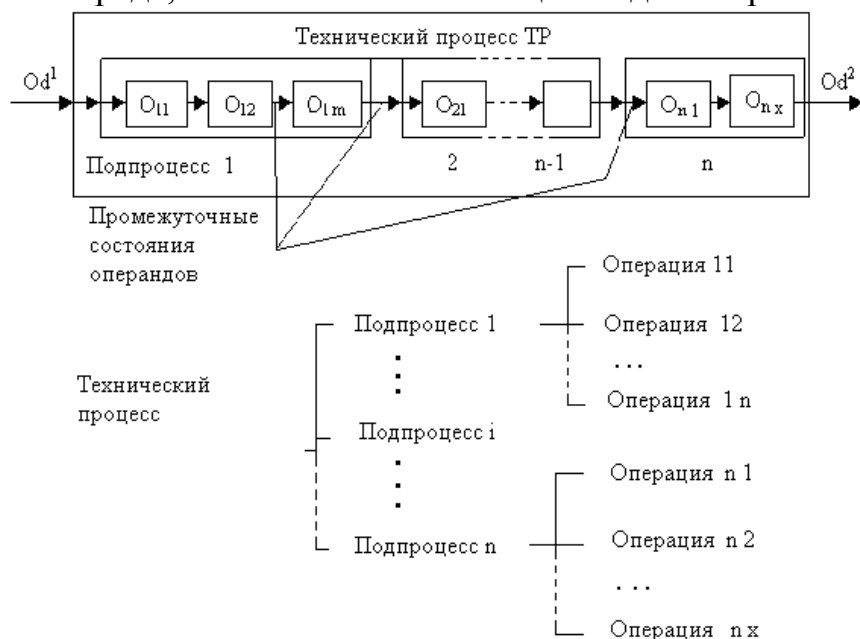


Рис.5.4. Структура технического процесса.

5.4. Типы операций.

Для достижения желаемого изменения свойств нужно надлежащим образом воздействовать на операнд. Например, операнд нужно привезти, нагреть, деформировать и т. д. Такого рода преобразующее воздействие на операнд мы будем называть *рабочей операцией*. При рабочих операциях используются те или иные физические законы и явления. Так, для нагревания, т.е. повышения температуры, нужно знать, как различные виды энергии преобразовать в тепло и как обеспечить теплопередачу.

Совокупное воздействие (W) для осуществления преобразования ($Od^1 \rightarrow Od^2$) состоит из частных воздействий (TeW), изменяющих определенное свойство, например $E_i^1 \rightarrow E_i^2$. Можно написать:

$$E_i^2 - E_i^1 = f(TeW_i);$$

При этом совокупное воздействие является суммой частных воздействий:

$$W = \begin{pmatrix} TeW_1 \\ TeW_2 \\ \vdots \\ TeW_i \\ \vdots \\ TeW_n \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad Od^1 = f(W).$$

Для реализации процесса преобразований (рис.5.5) одних рабочих операций недостаточно. Обычно для каждого процесса требуются и другие операции, хотя зачастую их не отделяют, поскольку выполнение таких вспомогательных операций при обслуживании машины человеком необходимо. К операциям такого типа относятся:

- *операции обслуживания*, например, смазка, удаление стружки, охлаждение;
- *подготовительные операции*, например, закрепление детали, подведение суппорта;
- *операции по управлению и регулированию*, например, измерение, наладка машины, изменение рабочего режима;
- *операции согласования*, например, сборка, увязка частей проекта.

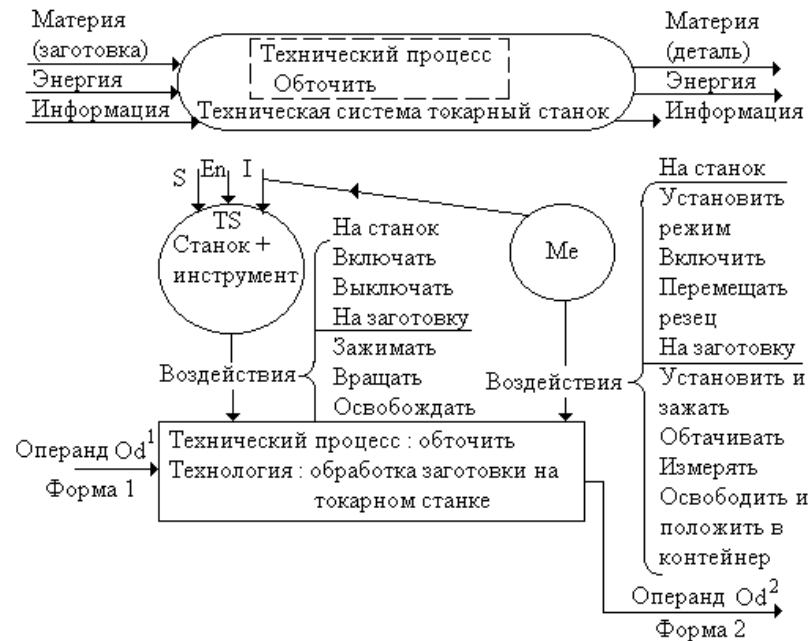


Рис5.5.Примеры построения модели процесса преобразований (пример – деталь): а – заготовка является входом технической системы; б – заготовка обрабатывается в техническом процессе за счет воздействий токарного станка и токаря.

5.5. Операторы технического процесса.

Важным вопросом в разработке технического процесса ТР является вопрос о том, каким образом осуществить нужное воздействие. Рассмотрим, например, операцию закаливания. Рабочий может щипцами окунуть раскаленную деталь в холодную ванну и затем вынуть ее. По другому варианту технологического процесса уложенные на ленточный конвейер детали нагреваются до нужной температуры в печи непрерывного действия, затем погружаются в ванну охлаждения и со второго ленточного конвейера поступают в специальный конвейер. В первом случае оператор От без участия технической системы TS (если не учитывать печь и ванну охлаждения) выполняет все вспомогательные и управляющие операции, включая транспортировку из одной технической системы в другую. В случае автоматической линии (второй вариант) работа людей ограничивается наладкой и приведением в действие системы, манипуляции с материалами, контролем производства и техническим обслуживанием. Таким образом, вся упорядоченная совокупность необходимых действий в техническом процессе осуществляется системой человек-машина (точнее, человек - техническая система) с распределением функций между обоими компонентами системы.

Для совокупного результата технического прогресса имеют значение также *обобщенные операторы*, которые оказывают влияние, прежде всего, на эффективность протекания процесса. В некоторых случаях они могут помешать осуществлению преобразований. Поэтому мы должны учитывать возможность влияния этих операторов на качество продукции. Такими операторами, кроме прочих, являются:

- специальная информация I , определяющая технический уровень данного производства;
- управление процессом SR , в первую очередь, оперативное управление, координация производственных действий и система материально-технического снабжения;
- условия окружения Bg : физические (температура, влажность, объем, запыленность); психологические (взаимоотношения людей); социальные (состояние и интересы общества в данный период времени); финансовые (средства для осуществления процесса).

Результат технического процесса, т.е. выходное состояние операнда Od^2 , определяется системой человек - техническая система ($Me - TS$), а также упомянутыми выше обобщенными операторами, а именно техническим уровнем производства, специальной информацией, управлением процессом и условиями окружения. Указанные факторы можно включить в материальные, энергетические и информационные потоки.

5.6. Характеристики и оценка технического процесса.

Обычно технический процесс характеризуется выходом, т.е. качеством операнда на выходе. Если все требуемые свойства операнда достигнуты, то задача процесса выполнена. С другой стороны, технический процесс может быть охарактеризован качеством обобщенных операторов процесса, а именно: а) качеством технологии; б) квалификацией рабочих и совершенством технических средств; в) качеством информации, управления и внешних условий. Если технический процесс не выполняет свою задачу преобразования операнда, то анализ указанных обобщенных операторов позволяет выявить причины этого.

Совокупным показателем, характеризующим технический процесс и обеспечивающим возможность сравнения с другими процессами, является его эффективность E_f , определяемая как полезность процесса/Затраты на преобразование.

Полезность процесса создается совершаемыми воздействиями и определяется изменением свойств операнда. Кроме того, следует учитывать побочные выходы, которые могут увеличить полезность.

Затраты охватывают все расходы, связанные с системой преобразований, независимо от того, являются ли они операндами, побочными входами или какими-либо операторами, т.е. это могут быть расходы по операциям, энергии, основным и вспомогательным материалам, заработной плате, социальным затратам, обслуживанию, накладные расходы и т.п.

Для однозначной оценки или характеристики технического процесса следует определить показатели ценности его свойств, которые разделены на три категории: технические, экономические и плановые показатели.

5.7. Классификация технических процессов.

Классификацию технических процессов можно проводить с различных точек зрения. Пример такой классификации приведен в табл.5.2. Объединив типы операндов со способами изменения, преобразования структуры, формы, пространственных (транспортировка) и временных (хранение) координат, получим основные виды технических процессов, представленные в табл.5.3.

Таблица 5.2.

Классификация технических процессов.

| Показатели | Классы процессов | Показатели | Классы процессов |
|---|---|---|---|
| Операнд | Процессы переработки материи Процессы переработки энергии Процессы переработки информации Процессы, связанные с биологическими объектами | Способ рабочего действия Способ управления и регулирования | Ручной труд Использование силы животных Механизированный процесс С участием человека Автоматизированный процесс |
| Явления, на которых основываются рабочие действия | Физические Механические Электрические Тепловые Химические Биологические Комбинированные | Сложность процессов Соотношение между входом и выходом | Операции Подпроцессы Сложные процессы Объединения: количество входов больше количества выходов |
| Рабочее действие | Транспортировка Сортировка Измельчение Обработка Сборка | Характер протекания преобразования | Разделения: количество входов меньше количества выходов Непрерывный процесс Дискретный (прерывающийся) процесс |

5.8. Представление технических процессов.

Технические процессы могут быть представлены различными способами в зависимости от вида процесса, цели представления, действующих инструкций или традиции. Могут быть использованы следующие способы представления:

а) *Представление в форме блок-схемы.* В этом случае процесс изображается в виде прямоугольника с текстом или рисунком, характеризующим данный процесс.

б) *Представление в форме графа.* Ребра графа обозначают процессы, а узлы – состояния операндов.

в) *Временная диаграмма*. Такая диаграмма позволяет наглядно представить последовательность и привязку операций во времени.

г) *Математическое описание*. Уравнения в большинстве случаев наиболее наглядно точно описывают протекание процессов и их зависимости.

д) *Словесное описание*. Словесное описание проще других; однако, оно либо не обеспечивает однозначности, либо оказывается слишком длинным.

е) *Специальное представление*. Примером может служить описание на языке Ляпунова. При символическом описании такого рода технологические операции обозначаются прописными латинскими буквами, а условия – строчными. Таким образом, запись $q(\varnothing 90H7)$ означает, что задается получить диаметр 90 с допуском H7. Согласно «языку Ляпунова», каждой логической операции соответствуют вертикальные стрелки, причем \uparrow обозначает начало и \downarrow - конец логической операции. Так, выражение $\downarrow \uparrow Aq \uparrow \uparrow B$ означает следующее: провести операцию A (например, обточки), затем проверить, выполняется ли условие q (например, $\varnothing 90H7$). Если оно выполняется, то осуществляется операция B (например, фрезерование паза). Если оно не выполняется, то следует повторить операцию A, что обозначается стрелкой \uparrow после q.

5.9. Выводы.

1. Технические процессы – это особый вид процессов преобразования. В них технические системы выступают как используемое человеком орудие труда, поэтому для технических процессов справедливы все выводы по процессам преобразований.

2. Технический процесс состоит из множества подпроцессов и операций и множества промежуточных состояний операндов.

3. Для стадий подготовки, проведения и окончания процесса можно построить подструктуры.

4. Процессы, в которых не участвует ни преобразуемый операнд, ни выполняющая его роль техническая система, допускаются как исключение.

5. Каждая рабочая операция технического процесса вызывает ряд вспомогательных операций (подготовки, обслуживания, управления, регулирования и согласования) и побочных процессов. При изображении технического процесса все они условно включаются в процесс преобразования.

6. При разработке и осуществлении технического процесса всегда нужно учитывать окружение и временные рамки.

7. Технический процесс как система всегда имеет побочные входы и выходы (включая помехи); их необходимо учитывать и анализировать.

8. Хотя в техническом процессе, рассматриваемом как система, наиболее важными операторами являются технические системы, остальные операторы также должны быть приняты во внимание.

6. Техническая система.

6.1. Сущность технической системы.

При рассмотрении технической системы нужно, прежде всего, определить такие ключевые характеристики, как ее *назначение*, *способ действия* и *структура*. При этом мы рассмотрим также вопрос о *состояниях* технической системы.

В причинно-механическом смысле любая техническая система подчиняется принципу причинности: каждое событие в технической системе имеет одну или несколько причин и одновременно является причиной ряда других событий. Без причины ничто не происходит.

В философии принцип причинности, понимаемый как более или менее сильная взаимосвязь событий, является объектом обширной полемики. Однако эта полемика не относится к «машинной теории жизни» и не затрагивает область техники, особенно технических систем.

При более подробном рассмотрении причина распадается на три компонента:

- обстоятельства, при которых что-то происходит;
- внутренние условия, при которых осуществляется событие;
- повод, который является непосредственной причиной.

«Действие» осуществляется тогда и только тогда, когда существует причина. Эти утверждения основываются на опыте людей и бесчисленных наблюдениях природных явлений, которые обобщены и исследованы в физике, химии, биологии и других науках. Понятие причинности сформулировано в результате обобщения этого *опыта*.

Людям свойственно стремиться к осуществлению желаемых событий и достижению своих целей. С точки зрения причинности, определенное действие стремятся совершить там и тогда, где и когда в нем есть надобность. Кроме причинности, можно говорить также о целеустремленности, наличие которой помогает человеку определенным образом формировать свою жизнь. Он использует в своих целях физические, химические, биологические и другие процессы в рамках существующих технико-экономических условий. Исходя из принципа причинности, человек создает причинные системы (цепочки действий) и собственно причины, которые должны обеспечить требуемое действие в нужный момент времени.

Описанный процесс развития от причин к следствиям для достижения поставленной цели имеет место при проектировании и конструировании технических систем, которые в смысле причинности реализуют систему причин и осуществляют действие. При этом должны соблюдаться условия функционирования системы, в том числе условия реального окружения. После этого философского экскурса в проблему сущности технических систем можно более подробно рассматривать вопрос об их назначении.

Назначение технической системы.

Рассматривая вопрос о *назначении* технической системы, обратимся к модели системы преобразований (рис.7.1.). Как видно из этой модели, технические системы должны реализовывать запланированные целенаправленные воздействия на

операнды технического процесса. Технические системы выполняют бесчисленные и разнообразные действия типа фиксировать, двигать, хранить, нагревать, соединять, разделять, уплотнять, управлять и др., служащие для удовлетворения потребностей людей. Подобно функционированию и назначению, следует делать различие между технической и целевой функциями технической системы.

Способ действия.

В технических системах для реализации их назначения используются известные природные эффекты, например, эффект рычага, гравитация, эффект расширения при повышении температуры, эффект электрического поля в проводнике, движущемся в магнитном поле, и другие физические, химические и биологические явления. Взаимодействие составных частей технической системы таково, что реализует внутренний технический процесс и тем самым создает требуемое внешнее воздействие. Так, используя зубчатую передачу, изменяют число оборотов и направление вращения. Такая причинная цепочка с превращением следствий (выходов) в причины (входы) следующих операций характеризует *способ действия* (способ функционирования) технической системы. Внутренние преобразования в технической системе либо описывают внутренними функциями системы и тогда изображают назначение системы в виде ее функциональной структуры, либо характеризует средствами (т.е. исполнительными органами), осуществляющими эти функции, и тогда способ действия системы может быть представлен как ее органо-структура. Исполнительные органы можно рассматривать на различных уровнях абстрагирования; тем самым определяется также и *степень абстрактности* соответствующих им функций.

Структура технической системы.

Техническая система может быть создана только в том случае, если имеется возможность создать и желаемым образом объединить ее составные части. При этом посредством структуры должны быть реализованы (в возможно более полной мере) определенные свойства, обеспечивающие желаемое функционирование системы. Рассмотрение технических систем с точки зрения структуры приводит к понятиям структурных элементов и групп, которые находятся между собой в определенных геометрических, механических, энергетических и других отношениях. *Структура* представляет собой как бы «рентгеновский снимок» объекта. В конструкторском деле обычно она характеризуется чертежом и спецификацией (рис.6.1.). Структура объекта при том расчленяется на элементы и группы в зависимости от принятой точки зрения (например, сборки или функционирования). Структурные группы четырех уровней в данном случае определяются требованиями изготовления (технологическая группировка).

Состояния технической системы.

В ходе развития от возникновения и существования до ликвидации любая техническая система проходит ряд типичных *состояний*, обусловленных изменением состава системы преобразований. При обсуждении, моделировании или

изображении технической системы необходимо сразу же указать соответствующие состояния для выбора правильной точки зрения и определения системы преобразований. В табл.6.1. систематизированы некоторые наиболее важные состояния системы с соответствующими пояснениями. Инженер-конструктор должен представлять себе эти состояния, для того чтобы установить, в каком из них находится конструируемая им система. Там, где недостаточно одного воображения, полезны эксперименты на модели.

Таблица 6.1.

Состояния технических систем.

| Состояния технической системы | Определения | Характеристика | |
|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------------|
| | | Абстрактная A, конкретная R | Операнд Od, Оператор Ot |
| 1.Планирование | Планирование | A | Od |
| 2.Возникновение | Конструирование, подготовка производства, изготовление | A | Od |
| 3.Разработка | TS как ряд узлов или элементов (при изготовлении и монтаже) | R | Od |
| 4.Сборка | TS как одно целое, в котором проявляются пространственные отношения между составными частями | R | Od |
| 5.Испытание | Оценка функциональной пригодности | R | Od, Ot |
| 6.Хранение | Законсервированная TS | R | Od |
| 7.Транспортировка | Изменение местоположения | R | Od |
| 8.Использование | Рабочее состояние | R | Od |
| 9.Простой | Уборка или ремонт | R | Od |
| 10.Ликвидация | Разделка в металлолом | R | Od |

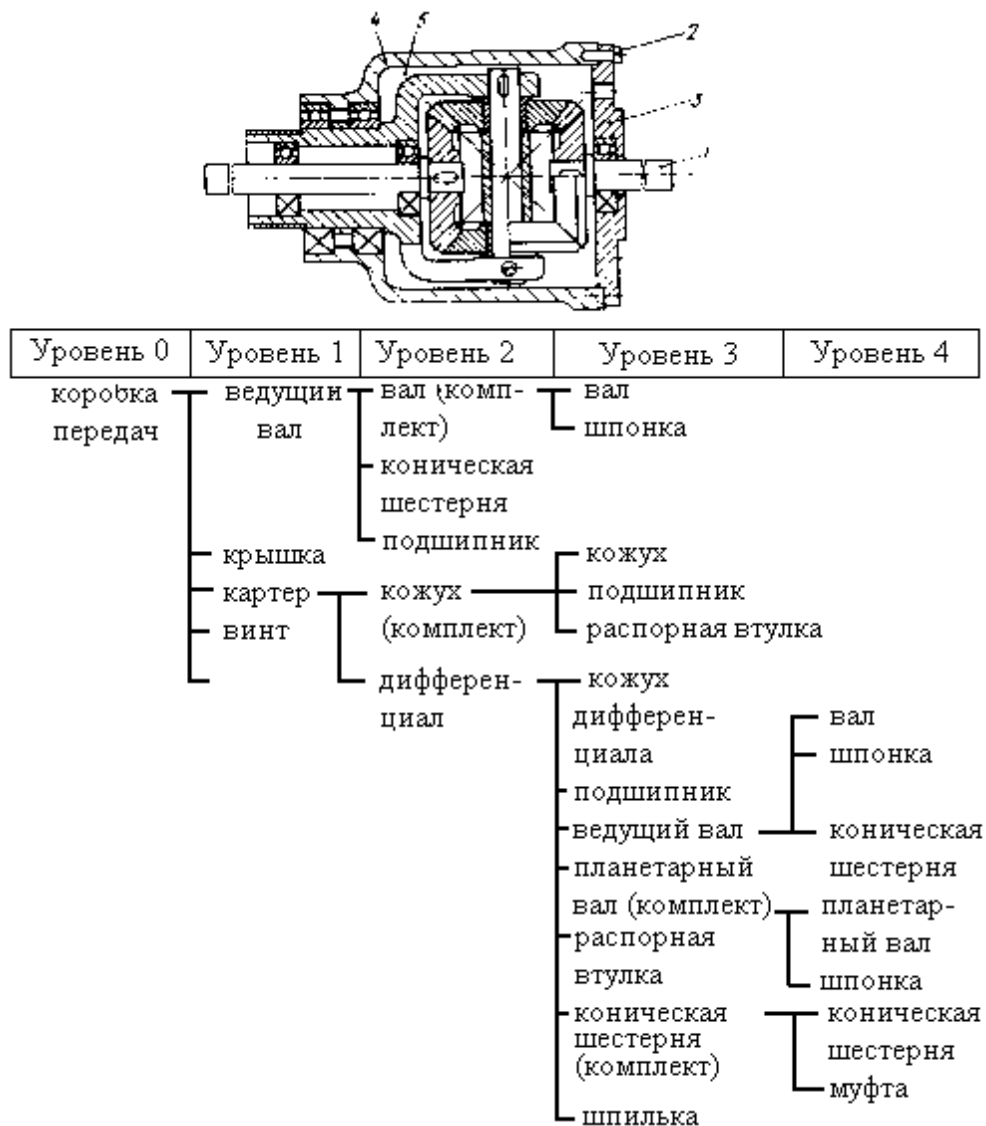


Рис.6.1.Корбка передач и ее спецификация.

6.2.Модель технической системы.

Теперь целесообразно формализовать рассуждения предыдущего раздела с целью получения общей модели, связывающей модели системы преобразований (рис.7.1.) и технического процесса (рис.5.1.) и отражающей сущность технической системы (рис.6.2.). Как элемент системы преобразований, техническая система взаимосвязана со всеми остальными элементами системы преобразований, а именно:

- с операндами (назначение технической системы реализуется посредством воздействий, т.е. осуществляется преобразование $(Od^1 \rightarrow Od^2)$;
- с людьми-операторами (например, рабочие и вспомогательные действия);
- со следующей технической системой в системе преобразований;
- с реальным окружением (все технические системы имеют непосредственную или опосредованную связь с геосферой и другими системами).

Кроме указанных нужных связей, имеются еще нежелательные и не всегда определенные побочные воздействия окружения, называемые помехами. Все внешние действия технической системы могут быть названы активными; каждому

воздействию на техническую систему соответствует действие технической системы.

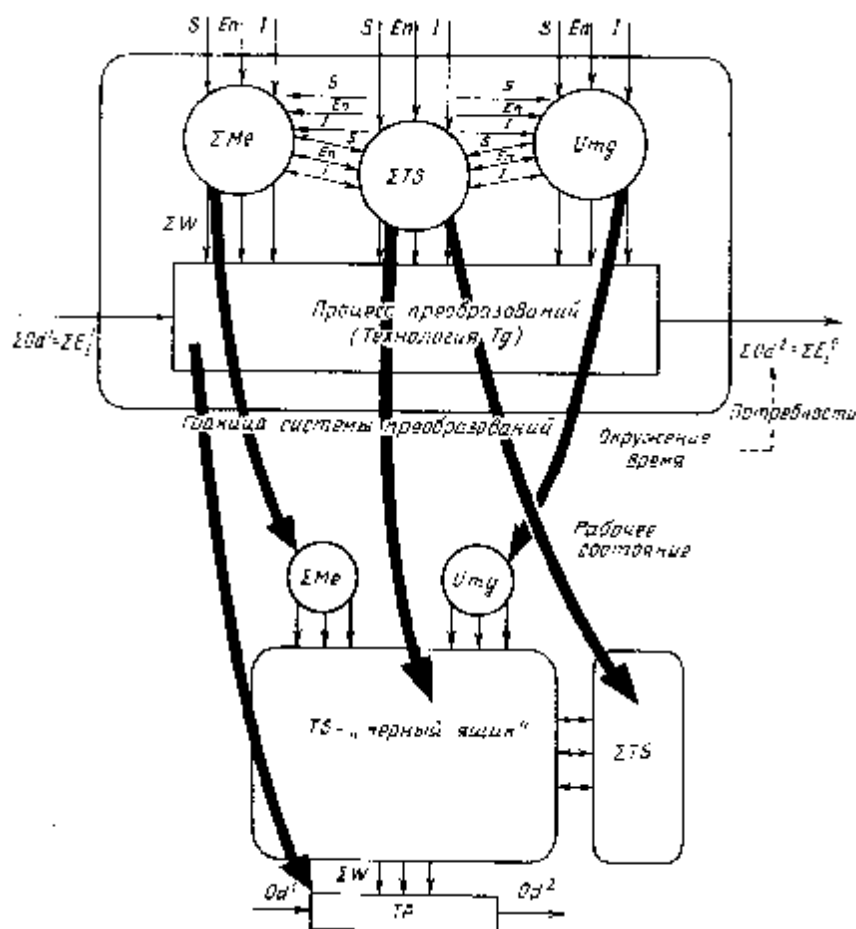


Рис.6.2.Получение модели технической системы из модели системы преобразований.

6.3.Функциональная структура технической системы

Техническая функция – это способность системы при определенных условиях преобразовывать входную величину в требуемую выходную, обеспечивая четкое соответствие зависимой выходной величины от независимой входной.

Из множества возможных характеристик функций рассмотрим следующие (особенно важны первые три из них):

1. *Сложность функции.* Каждая техническая функция характеризуется определенной степенью сложности. Самую нижнюю ступень иерархии сложности занимают элементарные функции, которые дальше упростить уже нельзя.

2. *Степень абстрактности функции.* Техническую функцию можно описать с разной степенью конкретности (абстрактности), что влияет на количество возможных средств для ее выполнения (носителей функции). Например, если рассматривается функция «изменение движения», то диапазон средств для ее реализации очень широк. С конкретизацией условий и требований к функции (здесь могут появиться конструктивные признаки) диапазон средств все более сужается до тех пор, пока не остается конкретная техническая система.

3. *Назначение функции.* Рабочей функции, выполняющей прямое назначение технической системы на основе выбранного способа действия, обычно сопутству-

ет ряд других функций, обеспечивающих или облегчающих ее осуществление. К таким функциям относятся вспомогательные функции подготовки, обслуживания, управления, регулирования и согласования.

4. *Логическая функция.* Логическая функция преобразует одну или две независимые переменные величины в зависимые, которые могут принимать только два значения (например, 0,1).

5. *Обобщенная элементарная функция.* Это элементарная функция, образующаяся при объединении операций общего характера (накопление, передача, превращение) с объектами таких категорий, как человек, материя, энергия и информация.

6. *Нормативная элементарная функция.* Это элементарная функция, соответствующая стандартным операциям объединения, разделения и управления.

7. *Физическая элементарная функция.* Это функция, соответствующая двенадцати основным физическим операциям, к которым относятся: выпускать, отделять, собирать, подгонять, преобразовывать, умножать, направлять, соединять, подключать, изменять направление, устанавливать, хранить.

Функциональные структуры можно строить двумя путями. В первом случае исходят из представления технической системы в виде «черного ящика», т.е. функции и их отношения определяются как средства реализации воздействий в техническом процессе. При этом задаются входы и способ действия, после чего осуществляется построение функциональной структуры на том или ином уровне абстрагирования и полноты.

Во втором случае по органоструктуре или конструктивной схеме строят детальную функциональную структуру с разнообразными функциями и подфункциями; либо, полагая некоторые функции несущественными с точки зрения преобразований, получают структуру, аналогичную случаю «черного ящика». При этом в функциональной структуре уже оказывается зафиксированным ряд конструктивных признаков. Так, выходные воздействия технической системы задаются определенной технологией преобразований, а способ действия определяется местом, характером действия и условиями его выполнения (табл.6.2.). Количество такого рода конструктивных признаков, определяемое функциональной структурой, зависит от степени абстрактности и характеризует степень полноты описания технической системы.

6.4.Конструктивная схема технической системы.

Разработка конструктивной схемы технической системы представляет собой начальную стадию конкретного конструирования, и поэтому конструктивная схема должна отражать все свойства, установленные в качестве требований к этой системе, и условия, необходимые для ее реализации.

Конструктивная схема представляет собой описание технической системы конструктивными элементами; она должна содержать упорядоченную совокупность конструктивных элементов и их отношений.

Конструктивная схема системы строится и из конструктивных элементов. Конструктивный элемент может иметь любую степень сложности в зависимости от уровня сложности системы, степени абстрактности ее представления и проис-

хождения конструктивного элемента (изготавливаемый или закупаемый). Для крупного производственного комплекса это может быть сооружение или сложная производственная линия, а для механизма – простой стержень. Относительность понятия «конструктивный элемент» еще более возрастает, если во внимание принимается такой аспект, как организация производства. Это хорошо видно из спецификации к рис.6.1.; так, спецификация коробки передач предусматривает четыре уровня структуры объекта.

Для состояния «сборка», соответствующего из стадии «конструирование» (или «изготовление»), в конструктивной схеме технической системы существует три типа отношений:

- пространственное отношение (определяется расположением элементов технической системы в пространстве);
- механические отношения (связи) отдельных элементов (характеризуется степенями свободы, см. рис.5.3.);
- энергетические отношения, которые задаются, в частности, силовым взаимодействием между деталями (например, задание силы вращения винта).

Из конструктивных элементов и их пространственных отношений автоматически вытекают некоторые энергетические и другие виды связей (например, по уплотнению, электроизоляции, теплоизоляции).

На основе сформулированных выше точек зрения могут быть установлены следующие принципы классификации конструктивных элементов:

Сложность. Конструктивными элементами различной степени сложности являются деталь, узел (несколько уровней), машина, аппарат, предприятие (несколько уровней).

Степень абстрактности. Широкий диапазон степеней абстрактности, от абстрактного обозначения конструктивного элемента, охватывающего класс или группу элементов, до полного описания конструктивных элементов через конструктивные свойства.

Назначение. Широкий выбор назначений, характерных для различных областей техники. Определение машинных элементов в машиностроении, близко к принятому здесь определению конструктивных элементов.

Положение. В зависимости от положения конструктивного элемента относительно границы технической системы различают: а) краевой или граничный конструктивный элемент и б) внутренний конструктивный элемент. Далее, нужно выделить внешние граничные элементы, которые лежат на внешней границе технической системы; они определяют место действия и непосредственно осуществляют воздействия. Кроме них, различают внутренние граничные элементы, расположенные на стыках между внутренними подсистемами.

Конструктивная схема определяется не только типом воздействия, способом действия и свойствами операнда, которые она должна реализовать, но также и принципом ее построения. Типичным является, например, модульный принцип построения, который зарекомендовал себя не только при проектировании, но также при изготовлении и использовании технических систем. Часто комбинируют различные принципы, что позволяет сочетать их достоинства и исключать недостатки.

Действия технических систем: признаки и их воплощение.

| Характеристика действия | I уровень | | II уровень | |
|-------------------------|-------------|---|-----------------------|--|
| | Признак | Воплощение | Признак | Воплощение |
| Действие | Вид | Рабочее движение | Вид | Степень свободы (см. рис.5.8.) |
| | | | Направление | $\rightarrow, \leftarrow, \leftrightarrow$ |
| | | | Параметры | скорость, ускорение |
| | | | Протекание во времени | Длительность, частота |
| | | Воздействие силы | Количество | $1 \dots n$ |
| | | | Величина | Ед. силы |
| | | | Направление | $\rightarrow, \leftarrow, \leftrightarrow$ |
| | | | Протекание во времени | $F=f(t)$ |
| | | Воздействие тепла | Количество | $1 \dots n$ |
| | | | Параметры | Тепловая энергия, температура |
| | | | ... | Электрическое |
| | | | | магнитное |
| | | Воздействие поля | Вид | ... |
| | | | ... | ... |
| Место действия | Род | Пространство, поверхность, линия, точка | | |
| | | Фиксированное | | |
| | | Среда | | |
| | | Тело | | |
| | Вид | Горизонтальное, вертикальное | | |
| | | Ед. длины | | |
| | | $1 \dots n$ | | |
| | | Твердость, качество обработки | | |
| | Форма | Газ, жидкость | | |
| | | Ед. давления | | |
| | | Ед. температуры | | |
| | | Электрическое магнитное | | |
| | Положение | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Параметры | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Поверхность | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Условия действия | Среда | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Давление | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Температура | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Поле | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Поскольку представление конструктивной схемы в большинстве случаев является своего рода инструкцией по созданию технической системы, здесь в отличие от абстрактных структур уже давно разработаны нормы и правила, обеспечивающие единообразие. В еще большей степени регламентируются эскизные и конструкторские чертежи. В своем большинстве их изображение близко к стандартам для детализовочных чертежей, что обеспечивает простоту и единообразие показа связей между ними.

Конструктивная схема может разрабатываться на основе либо функциональной структуры, либо органоструктуры. Вследствие сложности задачи конструирования, переход от общих требований к конструкторским свойствам следует осуществлять методом последовательных приближений. В машиностроении, например, конструктивная схема прорабатывается в три этапа: эскиз – конструкторские чертежи – детализовочные и сборочные чертежи. Конструкция, разработанная на основе конструктивной схемы, должна удовлетворять всем поставленным требованиям и воплощать все свойства, которые выявляются постепенно в процессе конструирования.

Техническая система может быть определена полностью только на стадии конкретного конструирования путем задания всех конструктивных признаков и свойств. Таким образом, ясно, что при проектировании нужно учитывать сложность технической системы, поскольку конструктивные признаки и свойства могут быть определены лишь в том случае, когда разработка системы (простой или сложной) доведена до уровня конструктивных элементов.

Описанная картина дает лишь общую ориентацию в процессе проектирования, так как количественная мера для таких понятий, как абстрактность и полнота, точно не установлена и установить ее трудно. Преобразование одной структуры в другую осуществляется путем установления некоторых (или абстрагирование от некоторых) конструктивных признаков или свойств. Так как каждый такой признак можно воплотить по-разному, в результате каждого шага при переходе от абстрактной к конкретной структуре будут возникать несколько вариантов. Таким образом, отношение между рассматриваемыми структурами является гомоморфным.

Именно преобразования структур технических систем и составляют содержание большинства инженерных задач, так что теория технических систем приобретает особое значение в методологии проектирования и конструирования, позволяя разработать оптимальный алгоритм процесса.

Конструктивные признаки технических систем.

| Структура | Характеристика | Примеры признаков |
|--------------------------|---|--|
| Технический процесс | Признаки, которые обосновывают и поясняют вид воздействия TS (как целого), вспомогательные действия и условия | Технологический признак Технология Последовательность частичных преобразований Степень участия TS в TP Количество TS в TP Действия Места действия Условия |
| Функциональная структура | Признаки, которые обосновывают и характеризуют внутренние функциональные цепочки, в которых требуемыми входами достигаются воздействия | Входы, основные и побочные Цепочки действий Способы действия Выполняемые функции Степень механизации Степень автоматизации Агрегация функций Разделение функций |
| Органоструктура | Признаки, которые обосновывают и характеризуют внутренние цепочки действия (внутренние задачи), предназначенные для выполнения функциональных цепочек | Принцип действия Выполняемые функции и исполнительные органы Агрегация исполнительных органов Разделение исполнительных органов ... Предварительное упорядочивание в пространстве мест связи с другими TS |
| Конструктивная схема | Признаки, которые обосновывают и характеризуют реализуемость TS и всех свойств при заданных условиях | Вид схемы Выполняемые функции Прочность, жесткость, упругость, износ, твердость Температурная стабильность ... Группы конструктивных элементов |

6.5.Выводы.

Обобщим результаты, полученные в этой главе, следующим образом.

1. Задачей (целью, назначением) технической системы является выполнение определенного воздействия в техническом процессе.
2. Воздействия происходят на границе технической системы при определенных условиях (см. табл.6.2.).

3. Воздействие реализуется как выход процесса действия (цепочки действий), в котором входные величины преобразуются в выходные воздействия. Процесс действия определяется структурой технического процесса, в связи с чем говорят о способе действия технической системы. Процесс действия вызывается непосредственной причиной и происходит в нужный момент (период) времени.

4. Процесс и способ действия характеризуются преобразованиями материальных, энергетических и информационных входов внутри технической системы. Внутренние преобразования называются техническими функциями и образуют, в рамках одной технической системы, ее функциональную структуру.

5. Техническая функция описывает способность технической системы преобразовывать входные величины в требуемые выходные путем упорядоченного использования природных явлений и законов.

6. Входными величинами технических систем являются материя, энергия и информация.

7. На стадиях возникновения, использования и ликвидации техническая система находится в различных состояниях и играет различные роли в зависимости от того, к какой системе преобразований она принадлежит.

8. Техническая система находится в определенных отношениях со всеми элементами соответствующей системы преобразований. Наряду с известными желательными входами и выходами, имеются также и нежелательные входы и выходы, которые называются помехами.

9. Функции (функциональные структуры) реализуются исполнительными органами (органоструктурами) на основе определенных принципов действия. Исполнительные органы являются средством реализации функции. Для выполнения каждой функции может быть выбран желаемый принцип действия из нескольких возможных.

10. Исполнительные органы (органоструктуры) конкретизируются в виде конструктивных элементов (конструктивных схем). Конструктивная схема воплощает (в обобщенном виде) все требуемые свойства и признаки технической системы. Органоструктура может быть реализована различными конструктивными схемами.

11. Каждая из названных выше структур технической системы характеризуется большей или меньшей степенью воплощения тех или иных конструктивных признаков и свойств.

12. Каждая функция, каждый исполнительный орган или конструктивный элемент представляет собой систему подфункций, подорганов или конструктивных подэлементов, что вытекает из системного характера технических объектов и процессов.

7. Системы преобразований технических систем.

Человек имеет потребности, выполнение которых необходимо для поддержания его жизни. Он нуждается в пище, защите от опасности и непогоды, он должен иметь возможность лечиться в случае болезни. Однако в отличие от других живых существ потребности и желания человека постоянно растут; это связано с развитием цивилизации, прогрессом техники и ростом благосостояния. Повышенные притязания вызывают проблемы их удовлетворения, так как для этого недостаточно физических сил и возможностей органов чувств человека. Поэтому человек ищет решения, позволяющие устранить эти проблемы.

Для удовлетворения своих потребностей человек находит в природе лишь некоторые полноценные средства. В большинстве же случаев он вынужден действовать на эти средства бесчисленными способами: изменять, наращивать, комбинировать. Он должен резать, варить, солить, плавить, разлагать, транспортировать, хранить, преобразовывать и использовать энергию, строить, разрушать, считать и многое другое.

В результате осуществления этих процессов свойствам операндов придается дополнительная ценность, по мере того как операнд трансформируется и достигает состояния, достаточного для удовлетворения потребностей.

Назовем процессы такого рода преобразованиями и определим некоторые понятия и признаки. Для наглядности и полноты систематизации на рис.7.1 представлены все типы элементов и действий, входящих в модель преобразований. Основой для построения этой модели являются следующие *предположения*, вытекающие из опыта людей:

- желаемые преобразования операнда (объекта преобразования) достигаются целенаправленными воздействиями материального (S), энергетического (En) или информационного (I) типов;

- эти три типа воздействий при любом преобразовании осуществляются людьми (ΣMe), техническими системами (ΣTS) и окружением (Umg).

В рамках глобальной системы, включающей Землю, человеческое общество и, в перспективе, элементы Солнечной системы, может быть создано почти бесконечное множество систем преобразований. Отдельный элемент часто входит в несколько систем преобразований, например, человек, который ест в вагоне-ресторане, листает газету и одновременно обсуждает новости с соседями по столу.

Такая интерпретация модели преобразований позволяет сделать следующие выводы.

1. Для удовлетворения потребности людей либо выбирается требуемый объект, либо задается требуемое состояние операнда. Это состояние (Od^2) является целью преобразования.

2. Операндами преобразования могут быть живые существа, в частности, люди, а также материальные, энергетические и информационные объекты.

3. Выбирают подходящее начальное состояние операнда Od^1 в качестве входной величины (или оно задается). Состояние Od^2 может быть достигнуто из нескольких начальных состояний Od^1 .

4. Изменение $Od^1 \rightarrow Od^2$ называется преобразованием.

5. Преобразование вызывается либо неудовлетворительным состоянием Od^1 , либо потребностью в Od^2 .

6. Преобразование выполняется на основе некоторой технологии, представляющей собой упорядоченную совокупность целенаправленных частичных изменений. Состояние операнда Od^2 может быть достигнуто различными способами (технологиями).

7. Преобразование (как общее, так и частичное) осуществляется путем материального, энергетического или информационного воздействия на операнд.

8. Воздействие осуществляется тремя системами-операторами: людьми, техническими системами и реальным окружением. Все названные операторы имеют связи (материального, энергетического и/или информационного типа) между собой.

7.1. Элементы системы преобразований.

Элементы системы преобразований показаны на рис.7.1. Дадим еще несколько пояснений, относящихся к отдельным элементам.

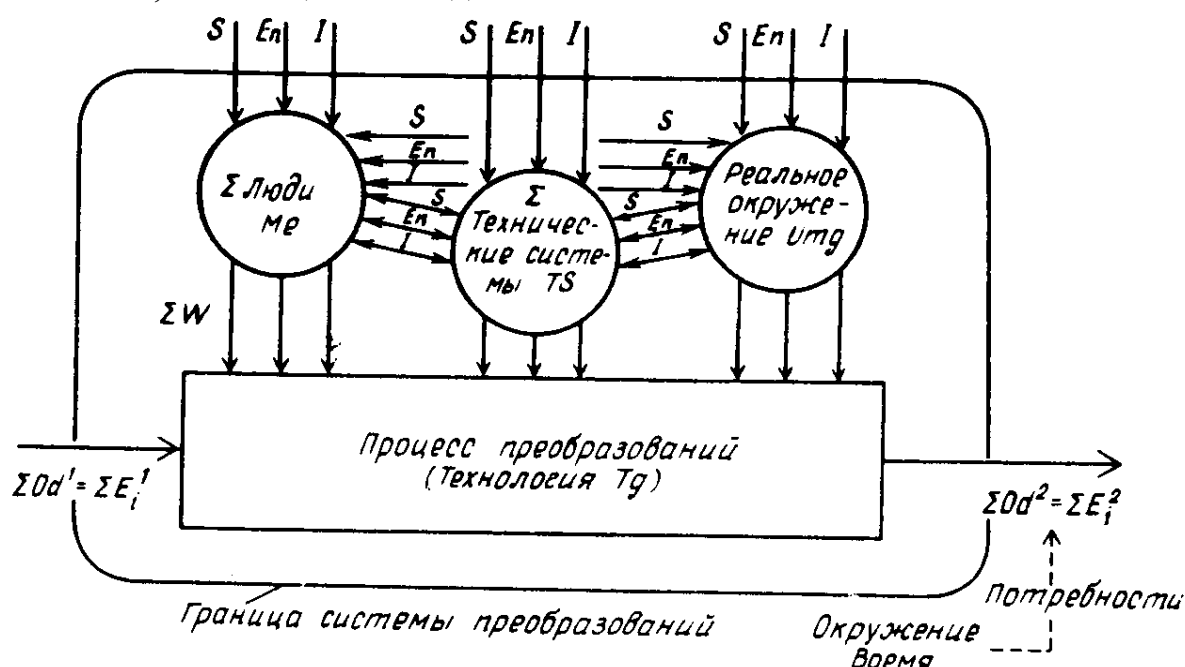


Рис.7.1. Модель системы преобразований.

Модель охватывает, как это показано в табл.7.1., все виды преобразований операндов всех типов при любом варианте участия систем-операторов в воздействиях.

Операнд – это пассивный элемент рассматриваемой нами системы. Он может относиться к любой из четырех выше названных категорий (люди, материя, энергия, информация) либо их комбинации. Состояние операнда может быть определено как совокупность свойств либо как совокупность операндов – составных частей технической системы. В последнем случае речь идет о преобразованиях типа объединения или разделения.

Таблица 7.1.

Примеры систем преобразований.

| Преобразование | Технология | Действия | Участие операторов в действии | | |
|--|--------------------|---|--|--|--|
| Стальная деталь Мягкая → твердая | Закалка | Разогрев (в кузнечном горне) Охлаждение (в масляной ванне) | Рабочие (выдержка в горне, операции закалки) | Кузнечный горн, ванна с маслом | Воздух ← Тепло ← Тепло → |
| Производство зерна Мало → много | Выращивание в поле | Вспашка Высевание семян Боронование Культивация Уничтожение сорняков Внесение удобрений Полив Периодический контроль состояния посевов Жатва Транспортировка Хранение | Тракторист, сеяльщик, агроном, комбайнер, шофер, другие сельскохозяйственные рабочие | Трактор, плуг, сеялка, борона, культиватор, машины для внесения удобрений и гербицидов, дождевальная установка, комбайн, грузовой автомобиль, элеватор | Земля, солнечное излучение, осадки |

Так как для нас представляют интерес преобразования, называемые *техническими процессами*, в которых основная роль отводится техническим системам, процессы такого рода будут рассмотрены далее более подробно.

Люди как операторы системы преобразований могут быть определены как подмножество людей, включающее только тех, кто выполняет какой-либо вид действия для определенного преобразования.

Технические системы как операторы системы преобразований – это подмножество технических систем, выполняющих какого-либо вида действия для определенного преобразования. Технические системы подробно рассмотрены в гл.6.

Оператор реальное окружение охватывает все источники внешнего воздействия в ближайшем окружении процесса преобразования, которые в большинстве случаев невозможно указать точно. В реальное окружение мы будем включать только те элементы окружения, которые имеют связи с элементами системы преобразований: геосферу (а именно, сушу и воду), биосферу, техносферу, атмосферу и климат (погоду).

Особенно важным для технических систем (а также для людей) является отношения с системой *геосфера*, без которой они не могут функционировать. Сюда можно отнести воздействующую среду – воду для корабля, воздух для самолета. При перемещениях в пространстве приобретает значение Солнечная система как часть реального окружения технической системы.

Биосфера включает все организмы (людей, животных и растения) и места их обитания. Из гео-, био- и атмосферы могут быть построены различные *экосистемы*. В них в рамках определенных отношений происходят необходимые для жизни процессы преобразования материи, энергии и информации. При разработке и осуществлении любых технических решений следует не нарушать равновесия этих систем.

Техносфера включает все технические системы, созданные людьми.

7.2. Выводы.

Подытожим полученные выше результаты в виде следующих выводов.

1. Человек и человеческое общество имеют многообразные потребности в зависимости от целей, которые они перед собой ставят. Любая потребность формулируется как совокупность требований к объекту в определенном состоянии. Объект рассматривается как средство достижения цели. Если желаемая цель не может быть достигнута непосредственно, то появляется промежуточная цель (подцель) и потребность изменений, которые позволят, в конечном счете, нужную цель (состояние) достигнуть.

2. Изменение состояния называется преобразованием, а объект воздействия – операндом.

3. Преобразование – это искусственный процесс, в котором желаемое изменение достигается путем целенаправленного использования природных явлений.

4. Необходимость преобразования вызывается неудовлетворительным исходным состоянием операнда или потребностью в выходном состоянии операнда как желательного средства для достижения цели.

5. Операндами процессов преобразований могут служить биологические системы (живые существа), материя, энергия и (или) информация.

6. Преобразование выполняется на основе технологии, определяющей систему частичных преобразований. Вообще для выполнения некоторого преобразования могут быть разработаны разные технологии, основанные на различных принципах.

7. Преобразования, в том числе частичные, реализуются определенными действиями. Таким образом, действия – это средства осуществления преобразований.

8. Действие осуществляется тремя системами-операторами: людьми, техническими системами и реальным окружением.

9. Система преобразований – это некоторое отношение на множестве всех участвующих в преобразовании элементов. Общая модель такой системы представлена на рис.7.1.

10. Действия осуществляются операторами в рамках процессов действия (цепочек действия), превращающих вход оператора в выход системы преобразований.

11. Между преобразованием (следствие) и действием (причина) существуют причинные отношения.

8. Классификация технических систем.

8.1. Признаки классификации технических систем.

Определение «техническая система» было выбрано в качестве обобщающего термина для всех видов машин. В различных процессах технические системы осуществляют необходимые преобразования объектов действия (операндов). Область применения технических систем очень широка и включает в себя все отрасли экономики (табл.8.1.).

Таблица 8.1.

| Примеры технических систем. | | |
|--------------------------------------|--|--|
| Отрасль экономики | Техническая система | |
| | Назначение | Машина |
| Горное дело | Добыча Транспортировка Обогащение | Врубовая машина Транспортер Сортировальная машина |
| Энергетика | Выработка пара Выработка электричества | Паровой котел, барабан Паровая турбина, гидротурбина, генератор |
| Металлургия | Производство чугуна Производство стали Производство проката | Доменная печь Мартеновская печь Прокатный стан |
| Металлообрабатывающая промышленность | Обработка давлением Обработка резанием Термообработка Литье Сборка | Пресс, молот Станок Печь Формовочная машина Конвейер |

Технические системы могут быть классифицированы по следующим признакам:

- по функции (рабочему действию), например, технические системы для фиксации, придания формы, вращения, подъема;
- по типу операнда, например, технические системы для преобразования материи, энергии, информации, биологических объектов;
- по принципу осуществления рабочего действия, например, технические системы, основанные на механическом, гидравлическом, пневматическом, электронном, химическом, оптическом, акустическом принципе;
- по характеру функционирования, например, мощностные, скоростные, импульсные технические системы, системы для различных условий окружающей среды (например, для тропического климата) и т.п.;
- по уровню сложности, например, конструктивные элементы, узлы, машины, предприятия в целом;
- по способу изготовления, например, технические системы, изготовленные путем литья,ковки,штамповки,обточки;

- по степени конструктивной сложности;
- по форме, например, технические системы (конструктивные элементы) в виде тела вращения, плоские, сложной формы;
- по способу упорядочения более низких уровней технической системы, например, установки с упорядочением подсистем по способам их действия или технологии; - по материалу, например, технические системы из стали, меди, пластмассы;
- по степени оригинальности конструкции, например, заимствованные, доработанные, модифицированные, оригинальные технические системы;
- по типу производства, например, технические системы, изготовленные в условиях единичного, серийного или массового производства;
- по названию фирмы-изготовителя, например, технические системы «Сименс», «Фиат», «Зульцер», «Южмаш»;
- по месту в техническом процессе, по эксплуатационным свойствам, внешнему виду, технико-экономическим характеристикам и т.п.

8.2. Классификация технических систем по функции.

Названия технических систем часто выбираются в соответствии с их функцией. Составление номенклатур изделий применительно к требованиям сбыта, планирования, контроля, сравнительной оценки и т.п. также осуществляется, как правило, в соответствии с функцией технических систем. Было бы очень неплохо для взаимопонимания специалистов, если бы классификация и терминология во всех областях науки и техники совпадали.

Изделия обозначаются по функции в тех случаях, когда требуется помочь потенциальному потребителю найти то или иное техническое средство для выполнения определенной функции: этому служат торговые и промышленные каталоги, обзорные таблицы и т.п.

Узлы и детали машин часто можно рассматривать как технические системы. Их классификацию целесообразно проводить по функции, так как конструктор, производитель и эксплуатационник применяют различные детали в соответствии с их функциональной пригодностью. Такую классификацию мы называем конструктивно-функциональной; наряду с классификацией по способу изготовления она является основой при заимствовании существующих технических систем, унификации, типизации и стандартизации элементов и групп. Классификация по этим принципам позволяет экономить рабочее время конструктора.

8.3. Классификация технических систем по принципу действия.

Для конструктора важно, чтобы технические системы, выполняющие одинаковые функции, были далее сгруппированы по еще какому-либо важному признаку. Таким признаком можно считать принцип действия технической системы. Так, например, технические системы «промышленные печи» можно подразделить по принципу действия: печи электрические, газовые, печи на твердом и жидком топ-

ливах; электрические печи, в свою очередь, можно подразделить по используемому физическому принципу на электрические печи сопротивления (с прямым или косвенным нагревом) и индукционные электропечи. По характеру функционирования можно различать печи непрерывного действия и печи с прерываемым рабочим циклом (например, камерные печи). Печи непрерывного действия далее можно классифицировать по способу транспортировки изделий: роликовые, ползновые, подвозные печи и печи с шагающим подом.

Такого рода признаки технических систем относятся преимущественно к группе функционально обусловленных свойств, весьма характерных для технических систем и имеющих большое значение для методологической работы конструктора.

8.4. Классификация технических систем по уровню сложности.

Деление технических систем на классы по их структуре – обычное дело в работе конструктора. Основным признаком, по которому образуются классы, должна служить функция системы. Однако, учитывая потребности производства, например, по соображениям монтажа, порой возникает необходимость в проведении иной классификации. Иногда, в силу организационных причин, технические системы целесообразно подразделять на подсистемы.

Табл.8.2. дает общее представление о классификации технических систем по уровню сложности. На более высоких уровнях сложности можно различать еще и промежуточные уровни. Тем не менее следует помнить, что речь идет об относительной иерархии. Одна и та же система более низкого уровня, например, электромотор или коробка передач, в одной системе рассматривается как подгруппа, а в другой системе – как группа или машина (подсистема).

На практике общепризнано, что нижние уровни технических систем находят более универсальное применение; например, элемент «винт» применяется в машиностроении повсеместно; «электромотор» довольно часто, а «технологическая линия» используется лишь в определенных, специальных процессах.

Классификация технических систем по уровню сложности имеет немаловажное значение для конструктора, поскольку уровень сложности технической системы: а) находится в определенном соотношении со степенью сложности решения поставленной перед конструктором задачи; б) предполагает установление известных границ для специализации конструктора (например, инженер-проектировщик имеет дело с предприятием, инженер-конструктор – с машиной, конструктор деталей – с элементами машины); в) помогает конструктору ориентироваться в процессе работы, ибо, если он решает задачу на каком-то определенном уровне сложности, ему важно знать лишь то, как его задача согласована с более высоким уровнем (в отношении более низкого уровня конструктор принимает чаще всего принципиальные решения).

Таблица 8.2.

Классификация технических систем по уровню сложности.

| Уровень сложности | Техническая система | Характеристика | Примеры |
|-------------------|---|--|--|
| I | Конструктивный элемент Деталь машины | Элементарная система, изготовленная без монтажных операций | Болт, подшипниковая втулка, пружина, шайба |
| II | Подгруппа Группа Узел Механизм | Простая система, выполняющая несложную функцию | Коробка передач, гидравлический привод, шпиндельная бабка токарного станка |
| III | Машина Прибор Аппарат | Система, состоящая из групп и элементов и выполняющая определенную функцию | Токарный станок, автомобиль, электромотор |
| IV | Установка Предприятие Промышленный комплекс | Сложная система, состоящая из машин, групп и элементов, выполняющая ряд функций и характеризующая упорядоченные совокупности функций и места | Технологическая линия, цех термической обработки, нефтехимический комплекс |

На основании сборочного чертежа отдельные уровни сложности можно рассматривать так же, как совокупность процессов изготовления и монтажа. Образование соответствующих совокупностей, прежде всего, из деталей, подгрупп и групп, является необходимым условием создания модульных конструкций, а также целесообразной организации производственного процесса.

8.5. Классификация технических систем по способу изготовления.

Для изготовления определенных групп технических систем требуется однотипное технологическое оборудование. Например, на одном и том же оборудовании можно изготовить паровые котлы и химические емкости, на другом – токарные, фрезеровальные, сверлильные и другие станки. Детали машин можно также свести в технологические группы по принципу сходства технологических операций изготовления, где главным отличительным признаком будет служить форма.

Такая классификация позволяет рационально провести технологическую подготовку производства и повысить эффективность производственного процесса, поскольку дает возможность объединить рабочие места для изготовления одинаковых по способу изготовления деталей. Это, в свою очередь, облегчает осуществление самых различных мер рационализации, например, специализацию ра-

бочих цехов, предприятий. Значение такой классификации особенно велико при разработке и осуществлении планов подготовки производства, методов управления и планирования. Она является составной частью так называемой групповой технологии обработки. На рис.8.1. показан пример возможной классификации деталей машин по способу изготовления.



Рис.8.1.Пример классификации деталей машин по способу изготовления.

8.6. Классификация технических систем по степени конструктивной сложности.

Технические системы можно также классифицировать с точки зрения конструктивной сложности. В зависимости от уровня сложности рассматриваемой технической системы для решения связанных с ней проблем выбирается соответствующий специалист или группа специалистов. При планировании конструкторской работы степень конструктивной сложности разрабатываемой технической системы служит критерием для установки определенных временных рамок инженерной работы.

Детали машин можно также классифицировать в зависимости от степени сложности их конструкции. Соответствующий пример классификации по этому признаку дан в табл.8.3.

Критериями оценки степени конструктивной сложности служат: степень оригинальности конструкции, сложность выполняемых функций, форм, структуры в целом; сложность расчетов; размеры, необходимая точность их выполнения и качество обработки; особые требования, предъявляемые к таким характеристикам,

как масса, технологичность конструкции, затраты, требования к внешнему виду и т.п.

Таблица 8.3.

Примеры классификации деталей машин по степени конструктивной сложности.

| Степень конструктивной сложности | Характеристика | Примеры |
|----------------------------------|---|---|
| 1 | Очень простые детали с небольшим количеством контрольных размеров невысокой точности | Опорная шайба, простой рычаг, крепежная скоба, небольшой вал, болт, |
| 2 | Простые детали с большим количеством контрольных размеров | Рычаг, шкив, простое штамповочное изделие |
| 3 | Более сложные детали | Шестерня, шлицевой вал |
| 4 | Более сложные детали с большим количеством контрольных размеров | Довольно сложные отливки, небольшие поковки |
| 5 | Очень сложные детали | Сложные отливки кожухов и поковки средних размеров |
| 6 | Очень сложные детали и большие детали | Каркасы, кожухи машин, сварные или литые станины |
| 7 | Особо сложные детали больших размеров и необычной формы с точным выдерживанием большого количества контрольных размеров | Лопасты турбин, большие поковки, прецизионные отливки сложной формы |

8.7. Классификация элементов технических систем по степени стандартизации и происхождению.

Такая классификация очень важна для оценки экономической конструкции. По степени стандартизации технической системы можно судить о целесообразности и возможных масштабах ее производства в рамках данного предприятия. На рис 8.2. представлена структура групп и деталей некоторой технической системы.

Если n обозначает количество всех конструктивных элементов (или групп) технических систем, а n_i с индексом – количество элементов в категориях, сформированных по степени стандартизации элементов, то

$$n = n_0 + n_3 + n_T + n_H + n_C + n_{ПО} + n_{ПН,ПТ} + n_{ПС}.$$

Следующая формула выражает соотношение долей элементов отдельных категорий:

$$n_0/n + n_3/n + n_T/n + n_H/n + n_C/n + n_{ПО}/n + n_{ПН,ПТ}/n + n_{ПС}/n = 1.$$

С экономической точки зрения n_0 и $n_{ПО}$ должны быть как можно меньшими, поскольку они характеризуют требования, предъявляемые к конструкторской и

технологической подготовке производства. При минимальных значениях n_0 и $n_{по}$ благоприятны условия для организации серийного и даже массового производства.

Часто, впрочем, в силу каких-либо иных причин эти соображения не являются решающими. И все же в каждый отчет о проделанной конструкторской работе следует включать данные о соотношении отдельных категорий элементов различной степени стандартизации.



Рис.8.2.Классификация групп элементов по степени стандартизации и происхождению.

8.8. Классификация технических систем по степени оригинальности конструкции.

При разработке новой машины конструктор всегда старается использовать в конструкции оправдавшие себя на практике узлы и детали. По степени оригинальности конструкции технические системы можно разделить на следующие категории.

Заимствованные технические системы. Для выполнения необходимой функции уже существует какая-либо техническая система или даже несколько систем, из которых могут быть выбраны наиболее подходящие.

Доработанные технические системы. В наличии имеется какая-либо техническая система, выполняющая необходимую функцию, но не отвечающая некоторым требованиям. Возникает потребность, например, изменить габариты, мощность, число оборотов, скорость, установочные размеры, материал или технологию. Структуры системы и важнейшие свойства элементов в этом случае остаются без изменения. Таким образом, доработка технической системы проводится исключительно в целях приспособления ее к особым условиям и требованиям новой задачи, а новые материалы используются только в целях повышения качества, удешевления и модернизации.

Модифицированные технические системы. Существующие системы не отвечают требованиям, предъявляемым к некоторым свойствам групп и элементов конструкции. В модифицированной конструкции обычно не изменяется лишь функция, некоторые параметры и по возможности принцип действия. В элементах могут быть изменены форма, размеры, материал или технология, в сложных технических системах изменяются органоструктура и конструктивная схема, т.е. не-

которые элементы и группы, их соединение и размещение в пространстве. Обычно модификация осуществляется путем переделки конструкции.

Новые технические системы. Для выполнения желаемой функции отсутствует техническая система или же существующая имеет недостатки принципиального характера. Необходима система с новым принципом действия и другими техническими свойствами. Например, эффект «нагревания», который раньше обеспечивался технической системой с сжиганием нефти, теперь должен обеспечиваться новой системой с резистивным нагревом.

8.9. Классификация технических систем по принципу производства.

Тип производства, который определяется количеством изготавливаемых единиц продукции, придает каждому изделию ряд характерных технических и экономических свойств.

Технические системы единичного производства. В этом случае конструкторские и подготовительные работы необходимо приспособить к нуждам поштучного производства, в условиях которого стоимость каждой изготовленной технической системы увеличивается. Не исключено, что в условиях единичного производства необходимая функция технической системы вообще не будет достигнута, поскольку при изготовлении крупных технических систем приходится работать без прототипа. Вот почему эта категория систем предъявляет высокие требования к конструктору.

Технические системы серийного или массового производства. Эти системы в целом лучше проработаны с точки зрения производства. Из-за большого объема партий изделий доля конструкторских затрат по отношению к общим расходам невелика. Однако поскольку контролю подвергается, как правило, лишь небольшая часть изделий, то не исключены различные погрешности и дефекты. Только при осуществлении непрерывного контроля за всеми операциями или выпускаемыми изделиями и деталями в целом можно добиться стабильного качества при серийном и массовом производствах.

Специалисту упомянутые категории систем интересны и в том плане, что они формируют основу для определения возможного качества изделий.

8.10. Классификация технических систем по степени абстрактности.

Технические системы образуют одно из самых обширных множеств объектов окружающего нас мира; естественно, они могут быть подвергнуты классификации по иерархическому принципу. Такая иерархия систем уже была показана на рис.1.2. Для более подробной иерархической классификации могут быть использованы обозначения системных категорий по степени родства и по морфологическим признакам, а именно: класс, группа, семейство, тип, род, вид и т.д. Степень абстрактности приведена в таблице 8.4.

8.11. Классификация технических систем по типу операнда.

Технические системы можно также классифицировать по известным типам объектов действия (операндов): материя, энергия, информация, биологические объекты.

Ранее применение этого принципа классификации привело к разделению машинных систем на машины для переработки материи (доменные печи, химические реакторы), машины для переработки энергии (двигатели, моторы и т.п.). Однако при нашем рассмотрении технической системы как системы, осуществляющей действие, такое деление окажется вторичным, а в некоторых случаях даже ошибочным, поскольку потенциальное применение данной технической системы может не ограничиваться названным типом операнда.

8.12. Классификация технических систем по их месту в техническом процессе.

При рассмотрении системы преобразований и ее элементов в гл.7 уже упоминалось, что не все технические системы могут непосредственно участвовать в техническом процессе в качестве исполнителей действия. Эта классификация имеет мало общего с прочими классификационными принципами, особенно с принципом сложности, и подразделяет технические системы лишь на а) окончные и б) внутренние (промежуточные).

Окончные системы, выступающие в техническом процессе в роли операторов, – это преимущественно установки, машины, аппараты, приборы и инструменты, осуществляющие действие. Они образуют с операндом пару взаимодействия. В отличие от них внутренние (промежуточные) технические системы, как, например, редуктор, привод, трансформатор, только при совместной работе с окончными техническими системами могут осуществлять необходимое воздействие на операнд.


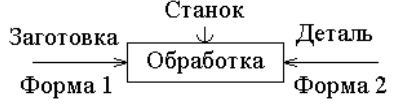

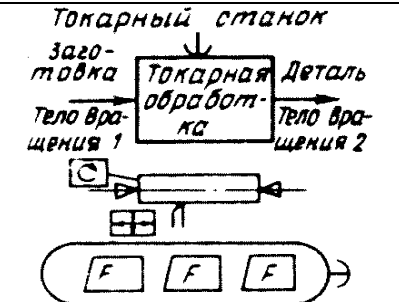
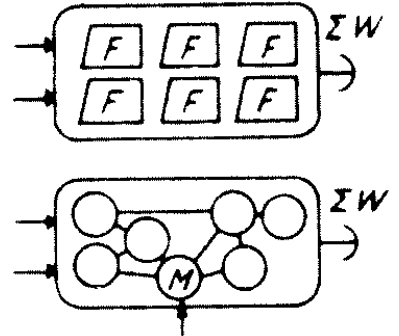
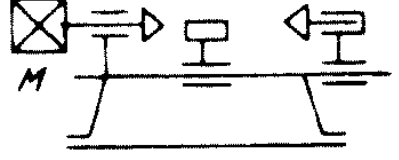
8.13. Выводы.

Материалы этой главы можно подытожить одним выводом:

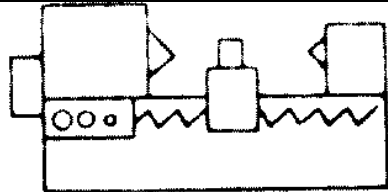
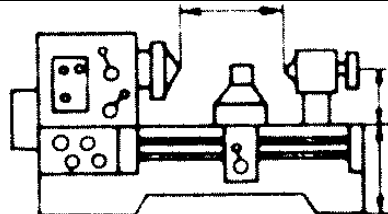
1. Классификацию технических систем можно проводить с различных точек зрения; при этом из всего множества технических систем образуются подмножества, связанные общими отличительными признаками. Полученные категории могут служить различным целям, например: систематизации, наглядности, каталогизации, оценке, анализу и т.п.

Таблица 8.4.

Степени абстрактности машинных систем и их представление (для примера типа «станок»).

| Степень абстрактности | Общая иерархия | | | Примеры | |
|-----------------------|--------------------------|---|--|---|---|
| | Иерархический уровень | Графическое представление | Установленные конструктивные признаки | Название | Графическое представление |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1,0 | Класс «машинная» система |  | Преимущественно механический способ действия | Станок |  |
| 0,8 | Группа |  | Группа операндов Класс преобразований | Металлообрабатывающий станок |  |
| 0,6 | Семейство | «Черный ящик», схема технологии, основная функциональная структура | Семейство операндов, технологический принцип преобразований, требуемые воздействия и основные механические функции | Металлообрабатывающий токарный станок |  |
| 0,4 | Тип | Детальная функциональная структура, общая конструктивная схема. | Тип операндов, функциональная структура, входы, семейства носителей функции и их предварительное упорядочение | Универсальный металлообрабатывающий токарный станок |  |

Продолжение таблицы 8.4.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|------------------|--|--|----------------------|---|
| 0,2 | Род | Чертежи конструктивной схемы, эскизы узлов | Комплект элементов, их упорядочение, предварительное определение формы и некоторых размеров, виды материалов, некоторые указания о допусках и качестве поверхности | Токарный станок SUR |  |
| 0 | Вид (типоразмер) | Полный комплект технической документации | Полные и точные данные о элементах и их упорядочении. Для всех элементов: форма, размеры, материал, технологический метод, допуски, качество поверхности | Токарный станок SUR5 |  |

9. Свойства технических систем.

9.1. Общие признаки технических систем.

Технические системы характеризуются рядом признаков. Первым признаком следует считать уже упоминавшееся *многообразие* элементов системы, не имеющее в других областях. Номенклатура в машиностроении, без учета типовых вариантов, включает в себя десятки тысяч различных деталей технических систем. Наряду с многообразием функций, выполняемых номенклатурой деталей, они имеют также множество других свойств.

Хотя различные технические системы функционируют по-разному, целью функционирования всегда остается осуществление преобразований; в нормальных рабочих условиях оно детерминировано и им можно управлять. В случае повреждения системы ее функционирование нарушается.

Значительную часть технических систем составляют сложные и очень сложные системы, состоящие из тысяч или даже десятков тысяч элементов. Естественным следствием такой сложности является высокая стоимость таких технических систем.

Основным материалом для изготовления технических систем по-прежнему служит металл, преимущественно сталь, хотя все более возрастает применение полимеров.

9.2. Категории свойств технических систем.

Все многочисленные и разнообразные свойства технических систем можно классифицировать по различным категориям.

Классификация свойств по способу их установления.

Это а) внешние и б) внутренние свойства.

Одни свойства технических систем легко можно установить либо посредством органов чувств, либо с помощью различных вспомогательных устройств. Назовем эти свойства внешними. К ним относятся, например, форма, размеры, цвет. Другие свойства внешне никак не проявляются, и для их установления приходится прибегать к специальным мерам. Такие свойства мы назовем внутренними.

Классификация свойств по причинной связи.

В соответствии с этой классификацией различают а) входные воздействия (причина) и б) функции (следствие).

Между входными воздействиями и функциями существуют причинные отношения. Способность конструктора тонко почувствовать различие между причиной и его следствием следует отнести к числу его главных творческих способностей. Ему приходится «конструировать» причины для получения требуемых следствий. Например, недостаточная жесткость станины токарного станка является причиной погрешности обработки деталей. Временная последовательность причины и действия проявляется в виде процесса.

Классификация свойств по функциональной зависимости.

По функциональной зависимости свойства подразделяются на а) зависимо изменяющиеся и б) независимо изменяющиеся свойства.

В областях естествознания и техники существует много формул, выражающих взаимозависимости свойств друг от друга.

Классификация свойств по возможности их количественного определения.

По возможности их количественного определения свойства технической системы могут быть подразделены на а) определяемые легко; б) определяемые с трудом; в) не определяемые количественно.

Классификация свойств по их значимости.

В этом отношении свойства подразделяются на а) очень важные (незаменимые), например, функция, безопасность; б) важные, например, надежность, срок службы, цена; в) менее важные, например, отсутствие необходимости в упаковке, возможность длительного хранения; г) не существенные для функционирования технической системы свойства, например, внешний вид, цвет.

Не все свойства технической системы легко определить с точки зрения их значимости. Кроме того, необходимо учитывать относительность этой значимости, поскольку значимость тех или иных свойств зависит от обстоятельств. Порой важнейшим свойством оказывается быстрота поставки системы или легкость ее демонтажа.

Классификация свойств по их физической сущности.

Свойства можно классифицировать по их физической сущности следующим образом:

а) геометрические свойства, например, ширина, высота, симметрия, форма, межосевое расстояние, угол;

б) кинематические свойства, например, скорость, ускорение;

в) механические свойства, например, прочность, упругость, прогиб, герметичность;

г) тепловые свойства, например, нагрев, теплопроводность, тепловые потери, теплоизоляция;

д) электрические и магнитные свойства, например, емкость, напряжение, электрическая проводимость;

е) оптические свойства, например, фокусное расстояние, преломление, отражение, поляризация;

ж) акустические свойства, например, поглощающая способность, эхо, шум, звуковая частота;

з) химические свойства, например, химическая активность, концентрация, коррозия.

Классификация свойств по их физической сущности соответствует структуре технических наук. Приведенный перечень категорий свойств наглядно иллюстрирует пестроту и многообразие свойств технических систем.

Классификация свойств по потребности в конструкторской работе.

Примерный перечень соответствующих категорий свойств дан в табл.9.1. Представленные в таблице вопросы призваны помочь выявлению содержания категории.

Функции F и действия W. Основное (рабочее) и вспомогательные действия, необходимые для выполнения преобразований, осуществляются путем взаимодействия человека и технической системы. Техническая система TS в настоящее время выполняет большую часть таких действий. Человек оставляет за собой лишь некоторые действия по управлению системой. Техническая система, таким образом, должна выполнять необходимые функции, т.е. быть способной к заданным действиям. Функция является важнейшим свойством любой технической системы.

Таблица 9.1.

Классификация свойств технических систем по потребности в конструкторской работе.

| Категория свойств | Вопросы | Примеры свойств |
|--|---|--|
| Функция F Действие W | Каковы функции системы? Что делает система? | Рабочая функция Вспомогательная функция Подготовительная функция Функция управления и регулирования Функция согласования |
| Функционально обусловленные свойства Bd | Какие условия характерны для данной функции? | Производительность Скорость Размеры Масса Функциональные параметры Грузоподъемность |
| Производственные свойства Be | Насколько пригодна система для производственного процесса? | Безопасность эксплуатации Надежность Срок службы Расход энергии Ремонтопригодность |
| Эргономические свойства Erg | Как обслуживается система и какое влияние оказывает на человека? | Удобство обслуживания Способы обслуживания Виды помех Требования к оператору |
| Эстетические свойства Au | Как система воспринимается эстетически? | Форма Цвет Удобство Привлекательность |
| Манипуляционные свойства Di | Насколько пригодна система для целей транспортировки, хранения, упаковки? | Соответствует условиям транспортировки Соответствует условиям хранения Соответствует условиям упаковки Пригодна для непосредственного пуска в ход |

Продолжение таблицы 9.1.

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| Характеристики поставок и планирования LP | Когда система может быть поставлена? В каком количестве изготавливается? | Доступность Продукция серийного производства Продукция единичного производства |
| Правовые нормы GN | Соответствует ли система правовым юридическим нормам и положениям? | Соответствует юридическим нормам Нарушение патентного права Соответствует требованиям коллективного договора |
| Технологические свойства Fe | Насколько соответствует система принятой технологии? | Соответствует технологии Соответствует условиям монтажа |
| Экономические свойства We | Насколько экономичен процесс производства? | Эксплуатационные расходы Издержки производства Экономическая эффективность Цена |
| Конструктивные свойства Ko | Как реализуются внешние свойства? | Структура Форма Габариты Материал Качество поверхности Поле допуска Тип производства |
| Качество изготовления He | Кто и как изготовил систему? | Изготовитель Достоинства и недостатки изготовления |

9.3. Отношения между свойствами.

Математическая логика и статистика являются важнейшими дисциплинами при изучении отношений; они позволяют выразить эти отношения аналитически, что позволяет оперировать ими.

Свойства и их общие отношения изучаются в естествознании и технике, где они выражаются либо формулами, либо на словах. Для осуществления требуемого действия конкретной технической системы общие отношения часто недостаточны. В случае сложных процессов общие отношения на практике всякий раз конкретизируют применительно к имеющимся условиям. Так, например, для распространения тепла имеются формулы переноса тепла теплопроводностью, излучением и конвекцией. Какие отношения имеют место, когда мы помещаем предмет в нагревательную печь, и каков их относительный вклад? Для ответа на эти вопросы конструктор должен обладать опытом в данной области, который позволил бы верно оценить конкретные условия в рассматриваемой ситуации. Особенности производства можно затем учесть поправочными коэффициентами в общих формулах. Очень сложные отношения между свойствами можно выразить также посредством матриц и математических символов, о чем говорилось в гл.2.

Важно оценить и отношения между категориями свойств (рис.9.1.). Из рисунка видно, что у готового изделия внутренние элементарные свойства (кон-

структивные и технологические) являются определяющими для внешних свойств, которые определяют, в свою очередь экономические свойства.

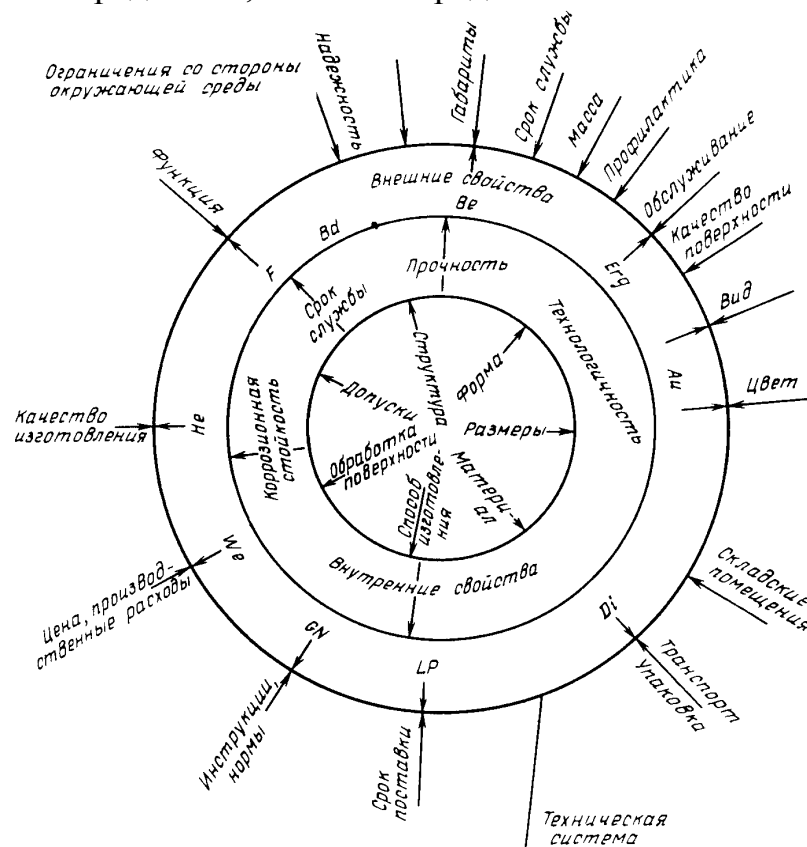


Рис.9.1.Отношения между категориями свойств.

9.4. Перечень требуемых свойств технической системы.

Важность правильного и полного перечня требуемых свойств отражает известное положение: правильная постановка задачи – это уже половина решения. Содержание и форма перечня требуемых свойств различны в каждом конкретном случае; их обуславливают факторы:

- 1) сложность выполняемой функции – она различна, например, для производственного комплекса и отдельной детали машины;
- 2) конструктивная сложность – сложная конструкция в отличие от простой, новая конструкция в отличие от модернизированной;
- 3) потребность в дополнительных свойствах, таких, как высокая надежность, большой срок службы, привлекательный внешний вид;
- 4) потребности заказчика.

Для пояснения последнего рассмотрим вопрос об *удовлетворении производственной потребности*. Существует две возможности:

а) *Закупка готового изделия*. Потребитель, желающий решить свою проблему с помощью того или иного изделия, выясняет, имеется ли в продаже изделие с желаемыми свойствами. Как правило, он имеет возможность выбирать между несколькими изделиями.

б) *Заказ специального изделия*. Если изделия с желаемыми свойствами в продаже не имеется, потребитель вынужден ожидать, пока будет пройден долгий путь от момента оформления заказа через стадии конструирования и изгото-

товления до поставки изделия. Изделие, изготовленное с учетом индивидуальных требований заказчика, соответственно обходится дороже. Для правильной постановки и решения такой задачи требуется активное сотрудничество ряда специалистов, среди которых конструктор должен играть главную роль.

Для обеспечения необходимой полноты перечня свойств целесообразно рассмотреть вопросы типа приведенных в табл.9.1. и найти на них ответы. На основе соответствующих формулировок можно затем составить перечень свойств для конкретного изделия.

Особую группу образуют постоянные *требования, которые не устанавливаются в явной форме*, но подразумеваются практически всегда. Их учитывает, пожалуй, каждый конструктор. К таким требованиям относятся:

1) максимально достижимый уровень эксплуатационных свойств, среди них, в частности, минимальные габариты, минимальная масса; минимальное потребление энергии, доступность и заменяемость всех элементов, имеющих ограниченный срок службы, оптимальная надежность;

2) оптимальные эргономические показатели: простое, легкое и удобное обслуживание; защита от вредных побочных выходов (помех), таких, как шум, тепло, вибрация, выхлопные газы, пыль и т.д.; минимальный вред окружающей среде;

3) максимальный учет всех особенностей существующего производства: применение имеющихся материалов, стандартных деталей и документации; использование имеющегося оборудования и технологии.

4) наилучшие экономические показатели: минимальные издержки производства; минимальные эксплуатационные расходы;

Из рассмотренных требований логически вытекают ряд принципов, которыми руководствуется конструктор, а именно:

- 1) выбор наиболее простого конструкторского решения;
- 2) одинаковый (не всегда максимальный) срок службы всех деталей или легкая заменяемость деталей, подверженных износу;
- 3) оптимальное использование прочности материалов;
- 4) учет особенностей окружения, включая естественные ресурсы и население;
- 5) уважение существующих традиций.

Некоторые из этих требований противоречат друг другу, и приходится искать компромиссное решение.

Требованиями особого рода являются *ограничения*. Они диктуются конструктору природой и обществом, вследствие чего он ограничен в выборе решений. Природные факторы не воспринимаются обычно как ограничения, так как мы привыкли к законам природы и осознаем, что нельзя сконструировать вечный двигатель.

Общество накладывает ограничения правового характера.

Следует подразделять требования по их значению для покупателя на три категории:

1) Требования, которые обязательно должны быть выполнены, такие, как рабочая функция и цена. Их, в свою очередь, подразделяют на *жесткие требо-*

вания, отклонение от которых недопустимо, и *нежесткие требования*, отклонения от которых могут быть терпимыми.

2) Требования, которые в исключительных случаях не обязательно выполнять в заданном объеме.

3) Пожелания, которые следует выполнять при благоприятных обстоятельствах.

Конструктор должен, сообразуясь с точкой зрения заказчика, определять, к какой категории относится каждое требование.

9.5. Выводы.

Свойство как категория, определяющая каждый объект и относящаяся к его сути, занимает центральное место в теории технических систем. Из рассмотрения свойств, проведенного в данной главе, можно сделать следующие выводы.

1. Для того чтобы техническую систему можно было применять, она должна выполнять рабочую функцию и обладать другими свойствами с определенным уровнем их воплощения. Некоторые из этих свойств обеспечивают выполнение рабочей функции, а другие характеризуют изделие в других отношениях.

2. Упорядочение свойств осуществляется в основном путем их классификации (рис.9.1.).

3. Любая техническая система обладает многочисленными свойствами независимо от того, создавались ли они сознательно в соответствии с поставленными требованиями или нет.

4. Разработке технической системы предшествует формирование требований, определяющих ее желаемые свойства.

5. Свойства технической системы можно классифицировать с различных точек зрения. Важнейшими категориями свойств являются внешние (потребительские) и внутренние (конструктивные) свойства.

6. Внешние свойства зависят от внутренних конструктивных признаков и конструктивных свойств.

10. Этапы создания и использования технической системы.

10.1. Цикл «жизни» технических систем.

Весь «цикл жизни» технической системы состоит из четырех этапов: создание, перемещение, использование по назначению и ликвидация. Каждый из этих этапов содержит целый ряд стадий, операций и приемов. Ниже будут рассмотрены содержание, отношения и последовательность соответствующих процессов.

Блок-схема (рис.10.1.) отображает посредством элементарных процессов этапы создания и использования технической системы. Блок-схема и используемые в ней символы базируются на модели типа «процесс».

На стадии подготовки к созданию технической системы устанавливается принципиальная возможность и целесообразность создания технической системы и составляется техническое задание для процесса проектирования. Содержание процесса подготовки сильно зависит от вида и степени сложности технической системы, а также предъявляемых к ней требований.

Наиболее важная часть процесса подготовки – поисковое исследование. Целью его является оценка реализуемости. В принципе могут проводиться поисковые исследования двух видов:

1) исследования преобразований в рабочем процессе; например, при подготовке к созданию станка должны проводиться исследования по обработке материалов, а при подготовке к созданию транспорта – исследование характеристик мощности и грузоподъемности;

2) исследования с целью улучшения свойств технической системы; при этом анализируются соответствующие средства в отношении принципов работы, структуры, используемых материалов, формы, качества поверхности, срока службы и т.д.

При проведении прикладных исследований такого рода используются результаты фундаментальных исследований и практический опыт применения аналогичных систем. Важным элементом исследований является эксперимент. В поисковых исследованиях иногда организуется опытное производство.

Результатом подготовительного процесса является постановка задачи, т.е. перечень технических требований к технической системе.

Стадия проектирования охватывает все операции конструкторских работ, от предварительных эскизов до детализованных чертежей и технических условий. Выходные параметры стадии проектирования становятся исходными данными для стадии подготовки производства, включающей как технические, так и организационные мероприятия (выбор технологии, оборудования, организация материально-технического снабжения, планирование процесса производства во времени, распределение работ и т.д.).

На стадии изготовления материалы подвергаются обработке в соответствии с технической информацией, полученной на предыдущих стадиях, и материализуется, наконец, сконструированная ранее техническая система.

На этапе перемещения изменяются принадлежность технической системы (производитель – потребитель) и ее местоположение (место производства – место использования). Типичными стадиями на этом этапе являются хранение на складе, реклама, упаковка, транспортировка, монтаж.

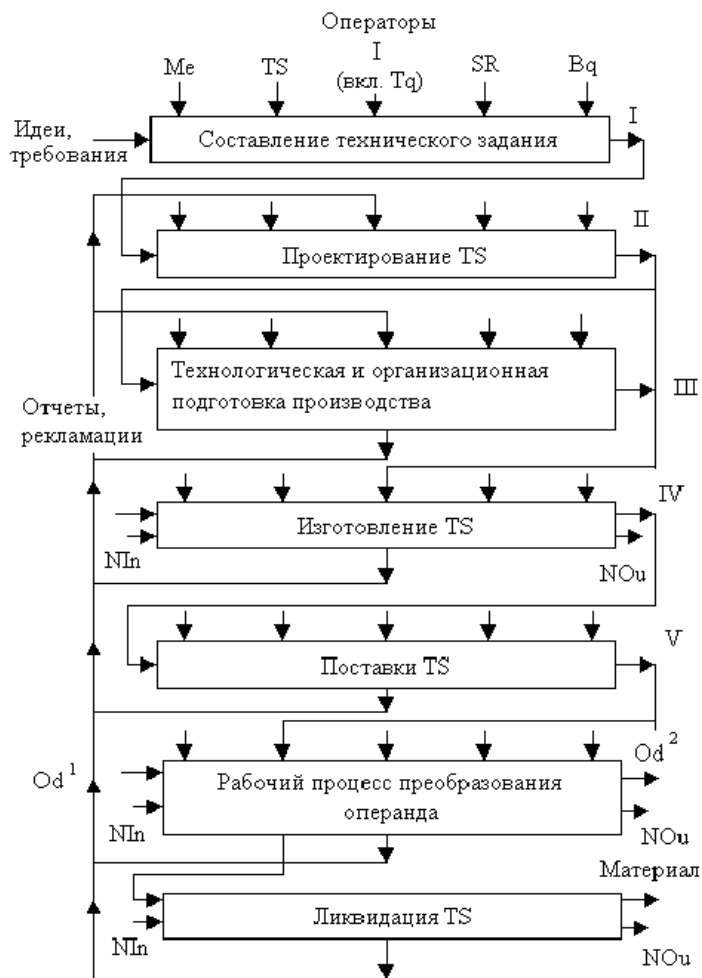


Рис.10.1. Модель цикла «жизни» технической системы: I – технические требования, отчет по исследованиям, технико-экономическое обоснование; II – описание TS, схема, перечень составных частей, расчеты; III – планы-графики, технологические карты, оборудование; IV – хранение TS и подготовка к поставкам; V – монтаж и отладка TS у заказчика на месте работы.

Техническая система используется в производственном процессе для преобразования операндов с целью получения желаемых выходных характеристик. Эти преобразования являются главной целью всей деятельности по созданию и использованию технической системы. В процессе использования техническую систему следует содержать в исправности и модернизировать.

Наконец, вследствие морального или физического износа в процессе использования техническая система перестает отвечать предъявляемым требованиям и ликвидируется.

10.2. Стадии создания технических систем серийного производства.

В табл.10.1 проведено разделение этапов создания и использования технической системы на стадии; эти стадии можно представить в виде блок-схемы (рис.10.2).

Стадия проектирования. В большинстве случаев техническая система проектируется опытным инженером-конструктором и его группой. На стадии проектирования должны быть разработаны следующие документы:

- отчет о результатах или о состоянии исследований по этому заданию;
- проект конструкции (общий вид) готового изделия и его важнейших узлов;
- функциональная и кинематическая схемы;
- отчет с технико-экономическим обоснованием для принятия решения о производстве;
- обзор патентных поисков с целью выяснения, не нарушены ли в разработанном проекте чьи-либо авторские права;
- указания на то, каким образом выполнены поставленные требования, и предложения о возможностях улучшения свойств разработанной технической системы;
- предварительный анализ экономической эффективности разработанной технической системы.

Выполненный проект должен быть проверен и утвержден с учетом замечаний специальной комиссии. После утверждения проекта начинается выполнение рабочих чертежей технической системы, по которым должен быть изготовлен экспериментальный образец.

Подготовка экспериментального производства. Наряду с выполнением чертежей, подготавливается экспериментальное производство.

Таблица 10.1.

Содержание этапов создания и использования технических систем серийного производства.

| Стадия | Основные процессы стадии | Основные входные данные | Результаты |
|------------------------------|---|--|--|
| Фундаментальные исследования | Сбор и анализ научной информации, формулировка идей, построение моделей, составление отчетов | Научная информация, техническая потребность | Отсчет о результатах исследований, научные статьи |
| Технические исследования | Обработка научно-технической информации, анализ технического задания, моделирование, обработка экспериментальных данных | Научно-техническая информация, техническое задание | Отчет о результатах исследований, отчет по результатам экспериментов |
| Экономические исследования | Изучение спроса, оценка конкурентоспособности, пер- | Статистические исследования, проспек- | Отчет с оценками экономической |

| | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| | спективы экономической конъюнктуры | ты фирм, отчеты | ситуации и воз- можностей сбыта |
|--|---------------------------------------|-----------------|------------------------------------|

Продолжение таблицы 10.1.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|--|--|
| Решение о разработке | Оценка реализуемости, обработка информации, оценка технических возможностей, принятие решения | Доклад о производственных возможностях, патентный обзор | Отчет с обоснованием принятого решения |
| Концептуальное исследование | Уточнение технических требований, формулировка задачи, определение концепции через принципы работы, функции и средства, предварительные расчеты и оценка | Постановка задачи, технические требования, анализ патентной ситуации | Описание концепций, расчеты, принципиальная схема, отчет |
| Эскизное проектирование | Определение конструктивной схемы, компоновка, предварительные расчеты, определение ограничений, сроки | Результаты проработок концепций, чертежи известных аналогичных систем, техническая информация | Расчеты, эскизные чертежи, отчет |
| Техническое проектирование | Расчеты, проработка узлов, определение материалов и методов изготовления | Проектные чертежи, перечень материалов, список производственного оборудования, технические условия, нормы | Комплект чертежей и инструкций |
| Подготовка к изготовлению экспериментального образца | Разработка технологии, выбор средств изготовления, обеспечение материалами, инструментами и оснасткой | Комплект чертежей и инструкций, технические условия на материалы и работы | Технологические карты, инструкции по изготовлению, сборке и испытаниям |
| Изготовление экспериментального образца | Подготовка материалов и заготовок, изготовление деталей, сборка, контроль | Комплект чертежей, технологические карты, инструкции | Экспериментальный образец, отчет по подготовке производства |
| Испытание экспериментального образца | Подготовка стенда и образца к испытаниям, обеспечение безопасности, испытания, оценка результатов, составление отчета | Инструкции по проведению испытаний, обработке и оценке результатов; инструкции и нормы по технике безопасности | Отчет по результатам испытаний |
| Решение о серийном производстве | Анализ имеющейся технической, экономической и производственной информации | Все данные | Решение |
| Корректировка конструкторской и технологической документации | Обоснование корректировки, изменения чертежей и инструкций | Данные по изготовлению и испытаниям экспериментального образца | Чертежи, технология и инструкции для серийного производства |

Продолжение табл.10.1.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Подготовка серийного производства | Организация производства материально-технического снабжения, подготовка оборудования и технологической документации, планирование хранения и сбыта продукции | Технологические и производственные данные | Отчеты, рекомендации и организационные мероприятия по подготовке серийного производства |
| Изготовление образцов установочной серии | Подготовка материалов и заготовок, изготовление деталей, сборка, контроль | Технология и инструкции для серийного производства | Изготовление установочной серии, производственный отчет |
| Испытание образцов установочной серии | Подготовка стендов и образцов к испытаниям, обеспечение безопасности, испытания, оценка результатов, составление отчета | Отчет по испытаниям экспериментального образца, инструкции по проведению испытаний и технике безопасности | Отчет о результатах испытаний и оценка |
| Заключительная корректировка конструкторской и технологической документации | Корректировка чертежей, инструкций и технологической документации и организации производства, проверка готовности средств производства и материально-технического снабжения | Производственные отчеты и отчеты об испытаниях | Комплект производственной документации |
| Серийное производство | Подготовка материалов и заготовок, изготовление деталей, сборка, контроль | Уточненная конструкторская и технологическая документация для серийного производства | Серийное производство технической системы |
| Процессы перемещения | Хранение, продажа, упаковка, транспортировка, техническое обслуживание | Заказы, инструкции | Поставки и наладки изготовленных технических систем |
| Использование технической системы | Рабочий процесс, обслуживание, ремонт, модернизация | Чертежи, инструкции, отчеты по использованию | Рекламации |
| Ликвидация технической системы | Демонтаж, отправка в металлолом либо подготовка для другого использования | Чертежи, инструкции и отчеты | Вторсырье, другое использование |

Изготовление экспериментального образца. На стадии изготовления экспериментального образца необходимо еще раз оценить свойства технической системы, связанные с изготовлением, и свойства, монтажных операций.

Испытания экспериментального образца. Испытания являются решающим фактором в определении ценности разработанной технической системы.

Испытания экспериментального образца должны быть проведены под максимальной нагрузкой и в наиболее сложных ожидаемых условиях эксплуатации. В испытаниях должно быть оценено функционирование системы, должны быть выяснены функционально обусловленные, эксплуатационные и, по возможно-

сти, все другие свойства технической системы, в том числе пригодность к обслуживанию и ремонту.

Ход и результаты испытаний должны быть изложены систематически и полно в отчете; особенно это относится к выявленным недостаткам и рекомендациям по улучшению экспериментального образца. С учетом результатов испытаний следует уточнить инструкции по защите от коррозии, упаковке, транспортировке, монтажу, вводу в действие, эксплуатации, обслуживанию и другую техническую документацию. На основании испытаний и оценки экспериментального образца принимается *решение о серийном производстве*.

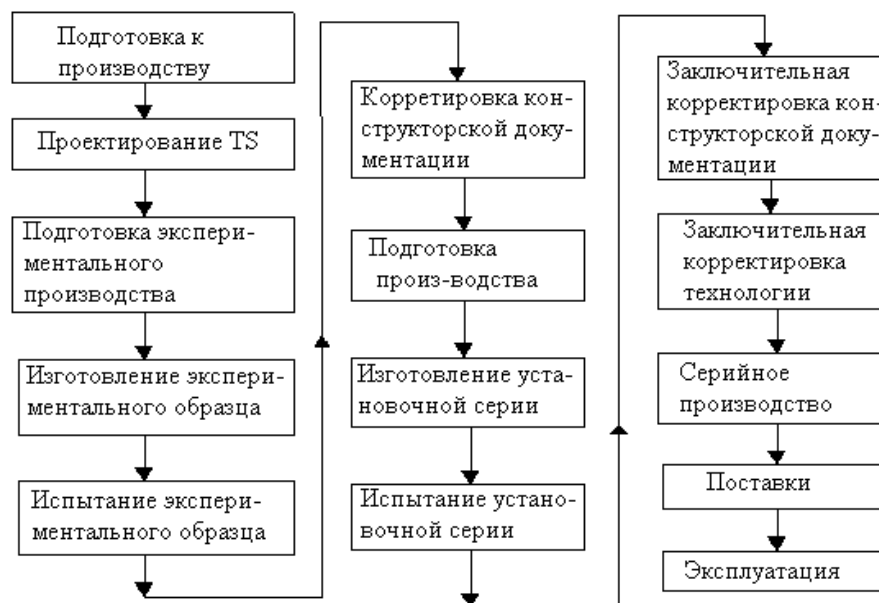


Рис.10.2. Упрощенная блок-схема стадий создания и использования технической системы серийного производства.

Корректировка конструкторской документации. После испытаний экспериментального образца осуществляется стадия корректировки конструкторской документации для серийного или массового производства на основании приобретенного опыта с целью усовершенствования конструкции и технологии изготовления разработанной технической системы.

Подготовка производства. Подготовка серийного производства охватывает, кроме организации производства и материально-технического снабжения, создание специальных станков и технологической оснастки, проработку вопросов хранения, транспортировки и сбыта продукции, взаимоотношений со смежниками и т.д.

Производство. Производством завершается этап создания технической системы. Первая стадия серийного производства – это производство образцов установочной серии, представляющей своего рода «генеральную репетицию» отлаженного производственного процесса.

Изготовление образцов установочной серии предназначается главным образом для того, чтобы оценить свойства разработанной системы и еще раз испытать пригодность соответствующего оборудования для выполнения задачи серийного или массового производства, что составляет содержание двух следующих стадий – **заключительной корректировки конструкторской и технологической документации.**

Следует помнить, что при серийном и массовом производстве всегда стремятся к рационализации процесса производства с целью его облегчения и удешевления. Это особенно важно при сборке и монтаже, где используется в основном ручной труд. Механизация этих работ требует от конструктора хорошего знания технологии. Поэтому конструктор технической системы и особенно конструктор производственного оборудования должны хорошо знать состояние и возможности производства.

10.3.Выводы.

1. «Цикл жизни» технической системы можно разделить на этапы, стадии и операции.
2. Четырьмя основными этапами «цикла жизни» технической системы являются создание, перемещение, использование и ликвидация.
3. Техническая система на каждом этапе должна удовлетворять определенным требованиям, т.е. обладать определенными свойствами.
4. Количество и продолжительность стадий, на которые подразделяются этапы «жизни» системы, зависят от уровня сложности системы, оригинальности конструкции, способа производства и требований заказчика. В зависимости от проектно-конструкторской организации и ее традиций некоторые стадии могут –быть определены самым различным образом.
5. Совокупная ценность технической системы определяется на стадии конструирования.

11. Проектирование сложных технических систем.

11.1. Типовой контур проектного управления.

Все формы позитивной технической эволюции характерны для развития всех видов образцов TS в течение эволюционных схем и формирующих их жизненных циклов - есть прямое следствие управляющей деятельности разработчиков, производителей, эксплуатационников в ходе создания и функционирования TS, направленной на повышение качества.

Стадия проектирования TS представляет собой одну из разновидностей управления своеобразным движением, при котором проектируемые образцы TS совершают «траектории» от существующих прототипов до новых образцов TS с более высоким качеством.

Все проектные объекты, участвующие в проектном управлении при создании различных видов TS, образуют классическую систему управления информационно-управляющего типа, характерный контур которой содержит управляющее и управляемое звенья, связанные между собой информационными каналами прямой и обратной связи и находящиеся при проектировании в постоянном взаимодействии благодаря циркуляции в ней соответствующей проектной информации.

Проектная информация при этом представляет собой идеи, взгляды, гипотезы, суждения, соображения, требования, ограничения, решения о фактическом, возможном, желаемом и планируемом облике и состоянии совершенствуемого вида образцов TS, его промышленно-функциональной среды и операционной системы, которые непосредственно определяют уровень качества проектируемых образцов TS.

Проектное управление при проектировании различных видов образцов TS следует разделять на два протекающих одновременно процесса: инженерное и административное управление, имеющие общие цели, но отличающиеся содержанием, объектом и средствами.

Роль управляющего звена в основном контуре играет коллектив организаций, принадлежащих к заказывающим, разрабатывающим образец TS ведомствам, а роль основного управляющего звена – структура проектируемых образцов соответствующих видов TS. Управляющими звеньями в общем случае проектирования при использовании инженерно-кибернетической методологии также являются структуры промышленно-функциональной среды и операционной системы, параметры которой определяют уровень показателей качества образцов TS.

Типовой контур проектного управления при разработке образцов сложных TS современной техники имеет ряд характерных особенностей, главная из которых состоит в том, что управляющие и управляемые звенья в них превращаются в соответствующей сложности многоуровневые, иерархически построенные управляющие и управляемые системы, имеющие свои входы, структурные параметры, выходы, законы изменения состояния, преобразования поступающей в

них информации, в общем случае непостоянные во времени, которые можно отнести к классу развивающихся динамических систем.

Полная управляющая система при проектном управлении качеством проектируемых образцов TS включает в себя определенное, зависящее от степени сложности проектируемого образца TS, число уровней подсистем проектного управления, охватывающих соответствующие звенья общегосударственного и ведомственного аппаратов, научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и заводов-изготовителей, организаций соразработчиков. Каждый из уровней подсистем проектного управления, входящих в состав управляющей системы, в свою очередь, представляет собой сложную организационную, научно-техническую производственную или комбинированную систему, имеющую конкретные цели и задачи, вытекающие из общих целей и задач управляющей системы, соответствующее число собственных подсистем и разветвленную структуру построения.

В ходе проектного управления все подсистемы в составе управляющей системы увязаны между собой функционально, обеспечивая друг друга информацией, необходимой для выработки проектных решений при выполнении задач, являющихся их прерогативой, имеют определенные права и обязанности.

Таким образом, по мере возрастания уровня проектного управления, наблюдается уменьшение размерности объекта проектного управления, сопровождающееся уменьшением размерности его управляющей системы, а также промышленно-функциональной среды и операционной системы, превращающихся из общесистемных в подсистемные и элементные.

Пример фрагмента полного контура проектного управления при разработке образцов сложных TS на уровне головного разработчика α_0 и его смежников α_{0+1} , объединяющего контуры управления структурой типового сложного образца TS с ее тремя условными подсистемами и их промышленно-функциональными средами и операционными системами, показан на рис.11.1.

При этом каждый из подсистемных контуров имеет большое число каналов, по которым ведется проектное управление отдельными свойствами подсистем образцов TS. Невозможность разработки современных образцов сложных TS в одной организации приводит к необходимости расширения круга разработчиков и, как следствие, к увеличению числа подсистемных контуров проектного управления, функционирующих под началом отдельных руководителей, склонных ориентироваться при выработке проектных решений, прежде всего, на свои собственные возможности и интересы, опыт и вкусы. Это значит, что в составе подсистем управляющих систем полного контура проектного управления присутствуют субъективные элементы. В связи с этим, головной разработчик вынужден организовывать у себя курирующие подразделения, специализированные по профилю основных смежников и подсмежников, с целью достижения максимального уровня качества проектируемых образцов TS в целом.



Рис.11.1.Фрагмент полного контура проектного управления.

11.2. Технические принципы проектирования технических систем.

В соответствии с системным подходом инженерно-кибернетической методологии проектирования образцов TS все проектные объекты, факторы и процессы при их анализе и синтезе рассматриваются как соответствующей сложности системы, основные из которых классифицируются следующим образом:

1. Программно-целевые системы, характеризующие народно-хозяйственные программы как совокупности различного рода целей, задач и средств для их выполнения, поручаемые тем или иным отраслям;
2. Технические системы, характеризующие отдельные образцы, виды, роды, отряды, классы, типы проектируемых образцов TS, способных обеспечивать достижение этих целей и реализацию программ;
3. Промыленно-функциональная среда как система, характеризующая всю совокупность объектов и факторов промышленной и функциональной среды, в которой создаются и применяются образцы TS;
4. Квалиметрические системы, характеризующие всю совокупность требуемых (реализуемых) значений квалиметрических показателей образцов TS;
5. Операционные системы, характеризующие способы и процессы взаимодействия образцов TS с их промышленно-функциональной средой в ходе их создания и применения;
6. Управляющие системы, характеризующие организации, создающие и применяющие образцы TS, реализующие те или иные программы.

Указанный перечень неполный и может быть расширен, что не охватывает всю совокупность проектных объектов, факторов и процессов, а включает лишь основные из них.

Системный подход инженерно-кибернетической методологии образно выражается так: управляющая система проектирует техническую систему, которая для выполнения определенной программно-целевой задачи (как системы) будет при создании и применении взаимодействовать с характерной для нее промышленно-функциональной средой (как системой) по определенной операционной схеме, давая конечный результат также в форме соответствующей квалиметрической системы.

Особенность указанных проектных систем состоит в том, что для образцов сложных TS они также представляют собой сложные системы с иерархически построенными структурами, охватывающими большое число уровней подсистем со своими элементами и взаимосвязями, входами и выходами, свойствами, качеством, собственными средами и операционными системами, по которым реализуется взаимодействие их с этими средами, целями, направлениями и темпами развития. Чем сложнее программно-целевая система, тем сложнее должен быть способный реализовать ее образец TS.

11.3. Организационные принципы проектирования технических систем.

В основу практической организации совершенствования существующих и создания новых образцов TS закладывается программно-целевой подход, предусматривающий разработку и использование различного рода проектных программ. В этих программах устанавливаются научно-обоснованные, увязанные во времени этапные и конечные цели по уровню показателей свойств образцов TS (частные квалиметрические программы) или качества образцов TS в целом (общие квалиметрические программы), а также определяется подлежащая выполнению в конкретной последовательности периодически контролирующая совокупность всех необходимых научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических, промышленно-экономических, эксплуатационных и других мероприятий.

Каждая проектная программа состоит из основных подпрограмм, которые, в свою очередь, в соответствии с их иерархическим построением, охватывают собственные подпрограммы последующих уровней, число которых зависит от детализации этих программ.

Главными являются видовые программы, направленные на совершенствование различных видов TS и разрабатываемые на основании директивных или плановых документов по развитию различных отраслей народного хозяйства, планов фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ, перспективных и годовых тематических отраслевых планов, составляемых по предложениям ведомств заказчиков и разработчиков, планов организаций и их подразделений.

Видовые программы на правах основных включают в себя цикловые программы, относящиеся к одному образцу TS, а также фазовые программы, относящиеся к ряду поколений образцов TS развиваемого вида.

Примерами фазовых частных квалиметрических общесистемных программ могут служить основные направления развития отраслей техники на тот или иной период времени, в которых устанавливается требуемый уровень основных квалиметрических показателей образцов различных видов TS. Цикловые проектные квалиметрические программы реализуются в три основных этапа, характеризующихся соответствующим видом проектирования:

1. Перспективно-поисковое (предэскизное).
2. Эскизное.
3. Техническое.

Проектирование на каждом указанном этапе состоит из следующих подпроцессов, рис.11.2.:

1. Постановка задач на проектирование образца TS, его подсистем и элементов.
2. Конструирование образца TS, его подсистем и элементов.
3. Моделирование проектных объектов, факторов, процессов, имеющих отношение к проектированному образцу TS.
4. Определение состава и уровня показателей свойств, проектируемых образцов TS, подсистем и элементов.
5. Оптимизация проектных параметров проектируемых образцов TS.
6. Координация аналогичного рода проектных работ параллельно ведущимся многими соразработчиками и увязка принимаемых проектных решений по всем подсистемам и элементам образца TS.



Рис.11.2. Укрупненная схема построения процесса проектирования образцов TS.

Такая структура процесса проектирования образцов ТС определяет и круг типовых проектных задач: постановочные, конструкторские, модельные, квалитметрические, оптимизационные, координационные и увязочные.

При организации проектных работ большое внимание уделяется первоочередной задаче – формированию кооперации организаций-разработчиков из различных министерств и ведомств, порядка их взаимодействия в общей иерархической структуре полной управляющей системы, центральное место в которой принадлежит головному разработчику образцов ТС.

Головным разработчиком, как правило, назначается высококвалифицированная и авторитетная проектно-конструкторская организация, способная разработать рабочую машину или центральную подсистему образца ТС.

Главный конструктор этой организации становится и руководителем центрального органа полной управляющей системы – Совета Главных конструкторов, от согласованной работы которого зависит эффективность функционирования полной управляющей системы, т.е. своевременность разработки всей необходимой документации, в том числе общесистемных и подсистемных проектов, степень увязки между собой, степень, сроки и результаты создания новых образцов ТС.

Критерием нормальной организации проектных работ считается достижение планируемого повышения уровня показателей качества образцов ТС при переходе от одного этапа работ к другому в пределах их численного цикла или при переходе от одного поколения образцов ТС к другому, а также своевременное внедрение в народное хозяйство новых образцов ТС. Пример параллельной организации работ представлен на рис.11.3.

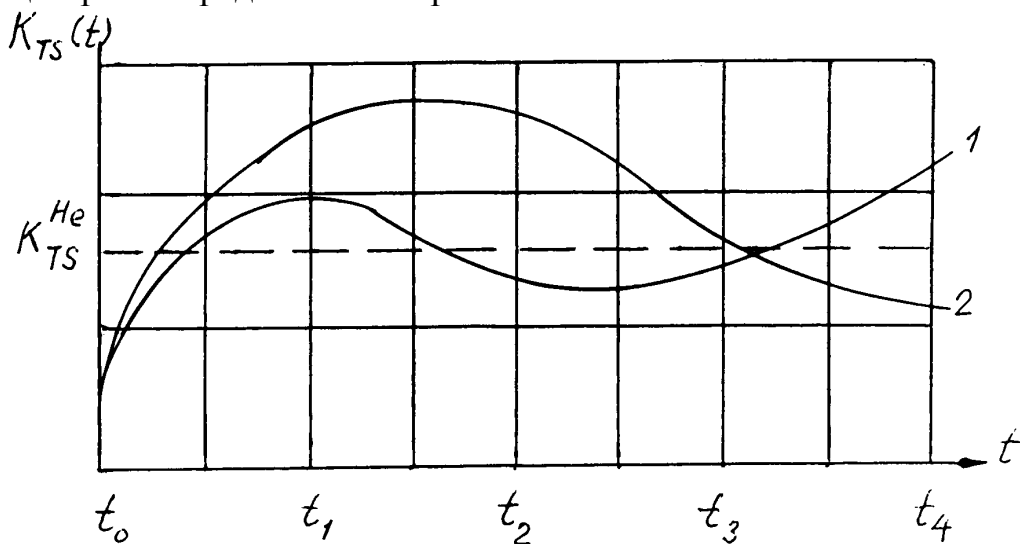


Рис.11.3. Изменение показателей качества образца ТС в ходе проектной разработки: 1 – нормальные, 2 – неудовлетворительные; t_0 - t_1 – подготовка технических предложений; t_1 - t_2 – эскизного проектирования; t_2 - t_3 – технического проектирования; t_3 - t_4 – испытаний и сдачи; t_0 - t_4 – общая продолжительность разработки образца ТС.

11.4. Вопросы автоматизации проектирования технических систем.

Создание сложных технических систем новой техники в 60-е годы потребовало широкого применения быстродействующих ЭВМ для выполнения сложных вычислений при выработке оптимальных проектных решений. Следует отметить, что к этому времени вычислительная техника обладала большими возможностями.

С тех пор применение ЭВМ стало неотъемлемой частью процесса проектирования образцов TS.

Для более полного использования возможностей вычислительных машин при проведении сложных вычислительных операций в проектных организациях пришли к созданию так называемых «систем автоматизированного проектирования» (САПР).

САПР при разработке современных технических объектов включает в себя два взаимосвязанных комплекса: комплекс основных и обеспечивающих проектных подразделений конструкторского бюро и комплекс средств автоматизации проектирования увязанных между собой в методическом, программном, информационном, техническом и организационном отношениях, которые функционируют как единое целое и имеют одну цель.

Главная конечная цель САПР – машинный синтез структур образцов, промышленно-функциональной среды и операционной системы, их подсистем и элементов, обеспечивающих реализацию максимального (или заданного) уровня качества образца TS, с учетом ограничений, условий и сроком внедрений.

Формально цель САПР – выполнение взаимосвязанной совокупности преобразования информации, вытекающей из описания множеств требований к проектируемому образцу TS, накладываемых ограничений и условий, множеств вариантов построения образцов TS, его промышленно-функциональной среды и операционной системы, наиболее полно отвечающих этим требованиям.

Для достижения возлагаемых на САПР целей при создании современных образцов сложных TS их стоит строить на базе мощных ЭВМ с большой памятью и быстродействием, банков обширных справочных данных, соответствующего системного программного обеспечения, допускающего методы работы с текстовой и графической информацией..

Простая эксплуатация современных ЭВМ и информационно-справочных систем не решает проблемы построения САПР образцов сложных TS и не оправдывает себя без привлечения адекватного научного арсенала строгой теории создания современной техники.

Поэтому, при расширении масштабов компьютеризации процессов проектирования современной техники, нельзя упускать из виду, что компьютеризация необходима, но недостаточна для решения задач САПР, так как возможны практическая полезность и весьма трудоемкая иллюстрационная возможность САПР.

12. Основные задачи проектирования сложных технических систем.

12.1. Конструирование сложных технических систем.

С точки зрения общей методологии, процесс конструирования сложных технических систем (TS) представляет собой одну из эмпирико-интуитивных форм творческой деятельности, плохо поддающиеся изучению, формализации и алгоритмизации.

Даже проследив, как рождается новое оригинальное конструкторское решение, ход мыслей и процесс рассуждений, часто остаются непознанными, и сам конструирующий не всегда может их объяснить. Следовательно, конкретная методология конструирования индивидуальна, в связи с чем очень трудно формировать однозначные «рецепты» конструирования.

Тем не менее, несмотря на индивидуальность и разнообразие принципов конструирования, в нем имеется определенная логическая основа. Упрощенная схема этапов конструирования представлена на рис.12.1.

Каждый из этих этапов, в свою очередь, распадается на две стадии, а именно: анализ и синтез структур, которые неотделимы друг от друга в едином процессе конструирования образца TS.

На подготовительном этапе конструирования преследуется цель сформировать требования к новой конструкции, намечается область поиска рациональных структур проектируемых образцов TS: выбрать вид, общий облик, его основные подсистемы и элементы; установить видовые прототипы, проанализировать их тенденции и динамику развития.

На начальном этапе производится отбор из числа предварительно намеченных на предшествующем этапе (например №3), вновь появившихся вариантов TS (вариант №4,5).

На этом этапе стремятся удовлетворить более высокие требования.

Недостатки в излишнем увлечении преемственностью заключаются в традиционализме, психологической инерции в сознании конструктора, давлении трафаретов, желании идти проторенным путем, боязни разрушить сложившиеся представления о преемственности конструктивных решений.

Как показывает опыт, использование при конструировании большого числа известных структурных решений не обеспечивает требуемого роста уровня качества по отношению к предшествующим образцам сложных TS.

Поэтому, при конструировании образцов сложных TS, не следует сразу останавливаться на таких вариантах структур и ограничивать поиск, так как в последующих этапах конструирования может быть найден еще более рациональный вариант.

Основной этап конструирования, наиболее характерный для эскизного проектирования, представляет собой многошаговый целенаправленный процесс многократного чередования конструкторского анализа и синтеза образцов TS и всех их подсистем, сокращение их числа, детализации проработки вариантов.

Только в ходе него может быть найден истинно рациональный, с высоким качеством вариант структуры образца сложной TS.

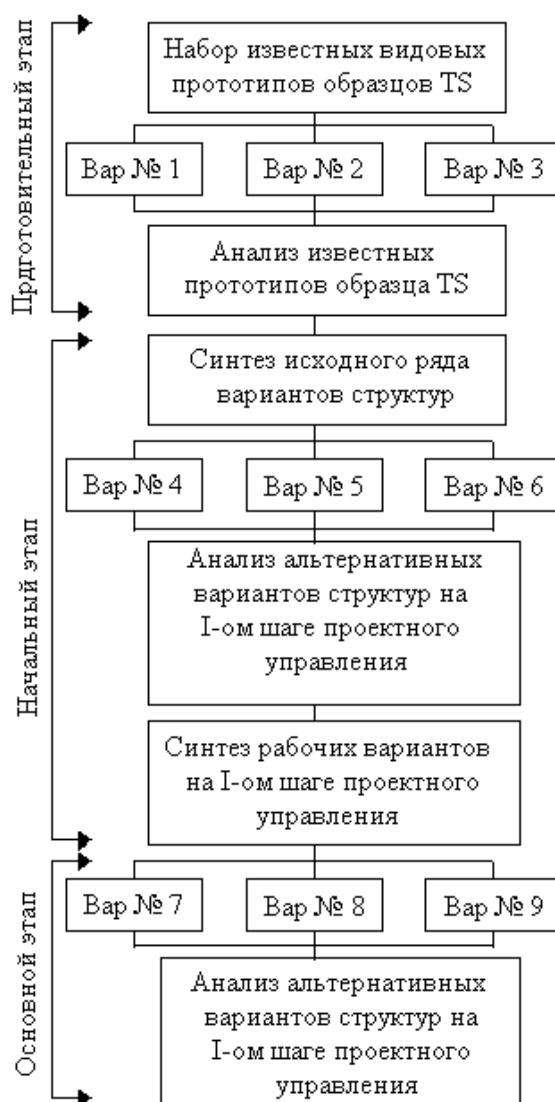


Рис.12.1.Схема процесса конструирования образцов сложных TS.

Следует отметить, что основной этап конструирования заканчивается, как правило, подготовкой исходных данных на выпуск полного комплекта чертежно-технической документации, необходимой для опытного и серийного производства.

12.2. Моделирование при проектировании сложных технических систем.

Инженерное моделирование при проектировании служит основным инструментом для синтеза в известной степени идеализированных моделей существующих или воображаемых объектов, факторов, процессов, которые будут иметь прямое или косвенное отношение к разработке, производству, эксплуатации и целевому применению проектируемых образцов TS.

Проектные модели – единственное средство для проведения опережающих проектных экспериментов над всеми объектами, факторами и процессами в ходе проектного управления качеством создаваемых образцов сложных TS с целью оценки проектных решений, отыскания из возможных наиболее рациональных вариантов их построения, а также реализации условий их разработки, производства, эксплуатации и целевого применения, обеспечивающих максимальный уровень показателей качества без реального воспроизведения всего множества промежуточных вариантов моделируемых оригиналов.

Главными объектами проектного моделирования являются основные проектные системы, а именно:

1. Программно-целевые системы;
2. Технические системы;
3. Промышленно-функциональные системы;
4. Операционные системы;
5. Квалиметрические системы;
6. Управляющие системы.

Вся совокупность моделей основных проектных систем образует общую проектную модель, к которой предъявляются следующие требования:

- достоверность, объективность и полнота отражения сущности моделируемых проектных систем и их взаимосвязей;
- целенаправленность, чувствительность к изменениям анализируемых внешних переменных (исходных данных) и внутренних параметров проектных систем;
- убедительность физической трактовки, восприимчивость и «прозрачность»;
- доступность в разработке и их использовании с точки зрения оперативности и трудоемкости синтеза и обработки;
- адаптивность, «гибкость», и возможность оперативной перенастройки при периодическом изменении структур проектных систем.

Проектное моделирование охватывает ряд этапов:

1. Синтез моделей проектных систем на основе выделения их интересующей сущности, абстрагирования, пренебрежения несуществующими деталями, выбора типа моделей, наиболее полно обеспечивающего требования конкретных исследований.
2. Применение модели для выработки того или иного проектного решения по изменению программно-целевой, технической, промышленно-функциональной, операционной, квалиметрической или управляющей систем.
3. Анализ полученных результатов и принятие указанных выше проектных решений с учетом накладываемых на них ограничений.

Особым является вопрос адекватности проектных моделей реальной деятельности, принимаемых на основе решений.

Создание общей проектной модели для обеспечения проектного управления качеством современных образцов сложных TS весьма трудоемкая проектно-

теоретическая задача. Она базируется на установлении путем абстрагирования, прежде всего, принципа, отношения и характерного признака, лежащего в основе интересующей стороны моделируемого объекта.

При этом стремятся выяснить основные особенности моделируемых объектов, выражая их через наиболее характерные, основные проектные параметры, исключив из проектных моделей второстепенные параметры.

Характерные типы проектных моделей: эвристические, лингвистические (словесно-описательные), графические, математические, физические и комбинированные.

1. Эвристические проектные модели рождаются в воображении и имитируют проектные оригиналы в форме суммы определенных взглядов, логических суждений и условий, идеализированных символов и аналогий. Они формируются в результате аккумуляции проектантами различного рода информации и недоработки ее по индивидуальным логико-интуитивным программам с определенной целенаправленностью, вытекающей из возникающих у них проектных замыслов и задач.

2. Лингвистические (словесно-описательные) проектные модели формируются в виде различного рода словесных и письменных описаний и имитируют моделируемые оригиналы в форме сценариев и обзоров, технических требований и заданий, эскизных и технических проектов, инструкций, описаний и т.п.

3. Графические проектные модели представляются в виде различного рода чертежно-технической документации и имитируют моделируемые оригиналы в форме структурных и функциональных схем, диаграмм и графиков, рабочих чертежей, разных типов план-графиков, характеризующих развитие моделируемых объектов в пространственно-хронологической и логико-событийной последовательности.

Графические модели играют важную роль при эскизном и техническом проектировании.

4. Математические проектные модели образуются на основе формализованных абстрактных описаний, аналогичных моделируемому оригиналу по формализованной математической трактовке его сущности, выступающих в виде различных математических отношений (формул, систем уравнений, функций, матриц и операторов, алгоритмов или машинных программ для вычислительных и моделирующих установок), доступных для исследования математическими, аналитическими, численными или машинными методами. Это наиболее совершенные модели.

Достоинство математических проектных моделей – в их широкой доступности и оперативности, машинной обрабатываемости, охватываемости и единственности для моделирования многих проектных объектов.

Расчеты с использованием математических моделей и ЭВМ ассоциируются с очень точными результатами, однако результат никак не может быть по своей значимости лучше самой модели, полностью определяется ее совершенством, т.е. корректностью вводимых исходных данных, и не зависит от применяемых

вычислительных средств. Однако результаты могут быть получены и другими методами.

Следует отметить, что при использовании математических моделей нельзя упускать из виду важный вопрос о допустимых условиях и правомочности их изменения (граничные условия), а математическое моделирование является весьма трудной теоретической и практической задачей.

5. Физические проектные модели используются в виде конкретных материализованных объектов, сходных с моделируемыми оригиналами по физической сущности и природе, но отличающиеся от них меньшими масштабами.

Характерными примерами физического моделирования является макетирование, проведение фундаментальных, прочностных, аэрогазодинамических, ходовых, транспортировочных, стендовых и натурных испытаний.

Достоинство этих моделей в достоверности, информативности и убедительности.

Однако для образцов сложных ТС физические модели весьма дорогостоящие и практически недоступные на начальных стадиях проектирования. Поэтому наиболее широкое использование такие модели находят тогда, когда создание других моделей затруднено, или на заключительной стадии разработки для подтверждения всех до этого использованных ранее типов моделей.

6. Комбинированные (специальные) проектные модели представляют собой различные сочетания из логических и процедурно увязуемых типов моделей. Они позволяют получить всестороннее представление об объектах моделирования и достигать наибольшей практической результативности на всех стадиях создания и функционирования образцов сложных ТС. При разработке образцов сложных ТС для оценки «возможностей» и «потребностей» создания новых образцов ТС выполняются проектные **промышленно-функциональные прогнозы**: научные, технические, производственные, экономические, отраслевые, межотраслевые, эксплуатационные, целевые и специальные, выполняемые применительно к эволюционной схеме создаваемого вида образца ТС.

12.3. Определение качества сложных технических систем.

Определение качества и показателей, характеризующих уровни у проектируемых образцов ТС, т.е. общую проектную квалиметрию, – важнейшая составляющая процесса проектирования, лежащая в основе принятия всех проектных решений.

Выбор проектных решений в ходе проектирования образцов ТС ведется исходя из обеспечения максимального уровня показателей прогнозируемого полного качества, т.е. совокупности свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Уровни количественных показателей полного качества, которыми располагают проектируемые образцы ТС, определяются совокупностью показателей всех базовых свойств и характеризующими их обобщенных базовых квалиметрических параметров.

Полный квалитетический потенциал определяет предельные возможности структуры образцов TS в конкретной промышленно-функциональной среде, реализовать которые проектанты стремятся в ходе разработки и в течение всего жизненного цикла этих образцов.

Количественное измерение показателей качества создаваемых образцов TS осуществляется с помощью показателей качества, каждому из которых соответствуют определенные критерии их уровня. К критериям уровня показателей качества образцов TS предъявляются ряд требований. Они должны:

- вытекать из конкретных народно-хозяйственных задач, для решения которых создаются TS;
- отражать уровни критериев всех базовых свойств создаваемых образцов TS;
- учитывать различного рода дисциплинирующие условия и ограничения, характерные для создания и функционирования создаваемых образцов TS;
- быть чувствительными по отношению к изменяемым параметрам образцов TS, их промышленно-функциональных сред и операционных систем;
- сводиться к одной системе понятий и выражаться минимальным числом измерителей, имеющих конкретный физический смысл;
- давать объективные результаты оценок качества.

При проектировании чаще всего используются не абсолютные, а относительные эталонные критерии качества, строящиеся на сопоставлении в квалитетическом отношении создаваемых образцов TS с какими - либо созданными или создаваемыми прототипами.

Для количественного измерения показателей качества образцов TS так же, как и их свойств, используются критерии:

- **матричного** (дифференциального) типа в виде матрицы из всей совокупности критериев уровня показателей базовых свойств (основных характеристик), без сведения их к единым обобщенным критериям;
- **поликритериального** (векторного) типа в виде совокупности, ограниченного числа критериев, представляющих собой основные компоненты полного критерия качества образцов TS, которые могут записываться в виде вектора;
- **монокритериального** (скалярного) типа в виде единых критериев.

Наиболее прогрессивной формой оценки уровня качества образцов сложных TS является выражение их показателей в виде единичного количественного критерия, позволяющего в максимальной степени формализовать, упростить и обеспечить принятие объективных технических решений в ходе проектного управления качеством создаваемых образцов TS. Однако практического применения оценка качества на основе единых критериев не нашла, а является предметом теоретических рассуждений.

Практически для всех видов образцов TS в машиностроении типовой задачей возлагаемой на единичные технические комплексы, включающие в себя рабочие машины, средства управления и обеспечения их функционирования, является выполнение ими с требуемым уровнем вероятности элементарных фрагментов, характерных для их отраслевой принадлежности народнохозяйственных задач в виде элементарных работ, в любой момент времени в течение всего сро-

ка эксплуатации образцов TS. При этом главным дисциплинирующим условием является минимизация затрат материальных средств на решение задач с использованием этих образцов TS.

Такой подход к формированию основных компонентов полного качества единичных технических комплексов является реализацией методики оценки качества по системе «стоимость – эффективность».

12.4. Оптимизация проектных параметров сложных технических систем.

Процесс оптимизации является завершающим этапом приспособления структур образца TS к взаимодействию рациональным способом с характерной, формируемой при проектировании промышленно-функциональной средой с целью реализации объективно присущего этим структурам максимального уровня критерия показателя качества.

При такой постановке задачи оптимизации проектными параметрами могут быть любые из управляемых параметров полной проектной системы, которые прямо или косвенно влияют на качество создаваемых образцов TS.

Главными параметрами при этом являются параметры структуры проектируемых образцов TS, промышленно-функциональной среды и операционной системы, которые могут изменяться проектантами в определенном диапазоне в ходе их оптимизации, характеризуя текущий уровень показателей качества этих образцов TS.

Важнейшее условие правильности отыскания оптимальных значений проектных параметров сложных TS – выбор объективного критерия их оптимальности, за который могут приниматься как критерии наиболее вероятного значения показателя полного качества, так и показатели отдельных его компонентов.

Оптимизацию в первом случае называют *полной*, а во втором – *частной* (промышленной, функциональной, разработочной, производственной, эксплуатационной, целевой). Использование критериев отдельных компонент качества, дающих в общем случае отличающиеся между собой частные (например: энергетические, экономические, эффективностные) значения оптимальных проектных параметров достаточно объективно могут использоваться лишь в том случае, когда они не противоречат критерию полного качества оптимизируемых образцов TS при той или иной конкретной постановке проектной задачи, учитывающему как целевую, так и экономическую эффективность создаваемых образцов TS.

В этом случае, с формальной точки зрения, задача оптимизации сводится к отысканию такого сочетания их значений, которое имеет максимум в области, выделенной накладываемыми на значения проектных параметров ограничениями.

Решение оптимальной задачи при проектировании сложных образцов TS даже в идеализированной постановке сопряжено с большими трудностями. Выражение для критерия оптимальности – показателя полного качества представляет собой, с математической точки зрения, в общем случае многоэкстремаль-

ные функции и функционалы детерминированных, стохастических, непрерывных и дискретных, линейных и нелинейных переменных величин, ограничиваемых самым произвольным образом, для отыскивания максимумов которых не могут быть применены классические методы математического анализа.

Из-за сложности структур образцов TS, их промышленно-функциональной среды и операционной системы, высокой степени корреляции проектных параметров при централизованной общесистемной оптимизации общее число проектных параметров может измеряться сотнями переменных величин, что создает размерностную проблему оптимизационных задач и крайне затрудняет ее практическое решение даже при «загрублении» квалиметрических моделей для определения критерия оптимальности, использования современных методов математического программирования и высокопроизводительных ЭВМ.

В основе практической реализации методологии оптимизации проектных параметров образцов сложных TS лежат поисковые методы прямого машинного моделирования, построенные на переборе по тому или иному принципу значений оптимизируемых проектных параметров и установлении соответствующих им значений критерия полного качества проектируемых образцов TS с целью поиска его максимального значения.

13. Представление и оценивание технических систем

Теория представления технических систем подробно рассматривается в научной теории конструирования. Полученные путем того или иного представления модели описывают отдельные конструктивные свойства технической системы, и, вследствие этого, сами являются системами типа «объект».

Существует много видов и способов представления систем. Важными факторами при выборе вида и способа представления являются собственно объект и его состояние, а также назначение представления (модели) – сообщение, испытание, расчет, анализ, фиксация для памяти и т.п.

Так как создание и изучение моделей зачастую отнимает много времени, их рационализации уделяется большое внимание. С применением вычислительной техники в этой области произошли коренные изменения, но, в свою очередь, возникли и новые проблемы, например, проблемы моделирования с использованием ЭВМ.

13.1. Способы представления технических систем.

В предыдущих главах были проанализированы технические системы, их структуры и свойства. При этом рассматривались различные способы представления технических систем, в первую очередь, в зависимости от степени абстрактности. Попытаемся упорядоченно описать их и увязать с нормативными документами. В качестве критерия упорядочения будем использовать степень абстрактности или противоположную ей степень полноты описания. В качестве иллюстрации на рис.13.1 перечислены различные типы конструктивных документов (технических требований до сборочного чертежа), и стрелками указано на соответствующие изображение. Заштрихованные участки в правой половине таблицы характеризуют информативность соответствующего документа.

Здесь мы возвращаемся к понятиям конструктивных признаков и свойств, которые выступают в качестве средства описания технических систем. Показанные на рис.13.1. способы представления, конечно, не исчерпывают всех возможностей представления технических систем. Ниже мы проиллюстрируем некоторые способы, приобретающие особое значение в связи с применением ЭВМ.

На рис.13.2. показаны конструкция шестерня-вал и ее изображение с помощью графа. Узел (точка) графа обозначает конструктивный элемент, а отрезок (стрелка) – отношение. Соединение двух точек (двухместное отношение) может быть направленным (стрелка) или ненаправленным.

Другое изображение рассматриваемой конструкции – это матрица связей, которая описывает элементы в их функциональном взаимодействии. Изображения в матричной форме и с помощью графов могут быть преобразованы одно в другое.

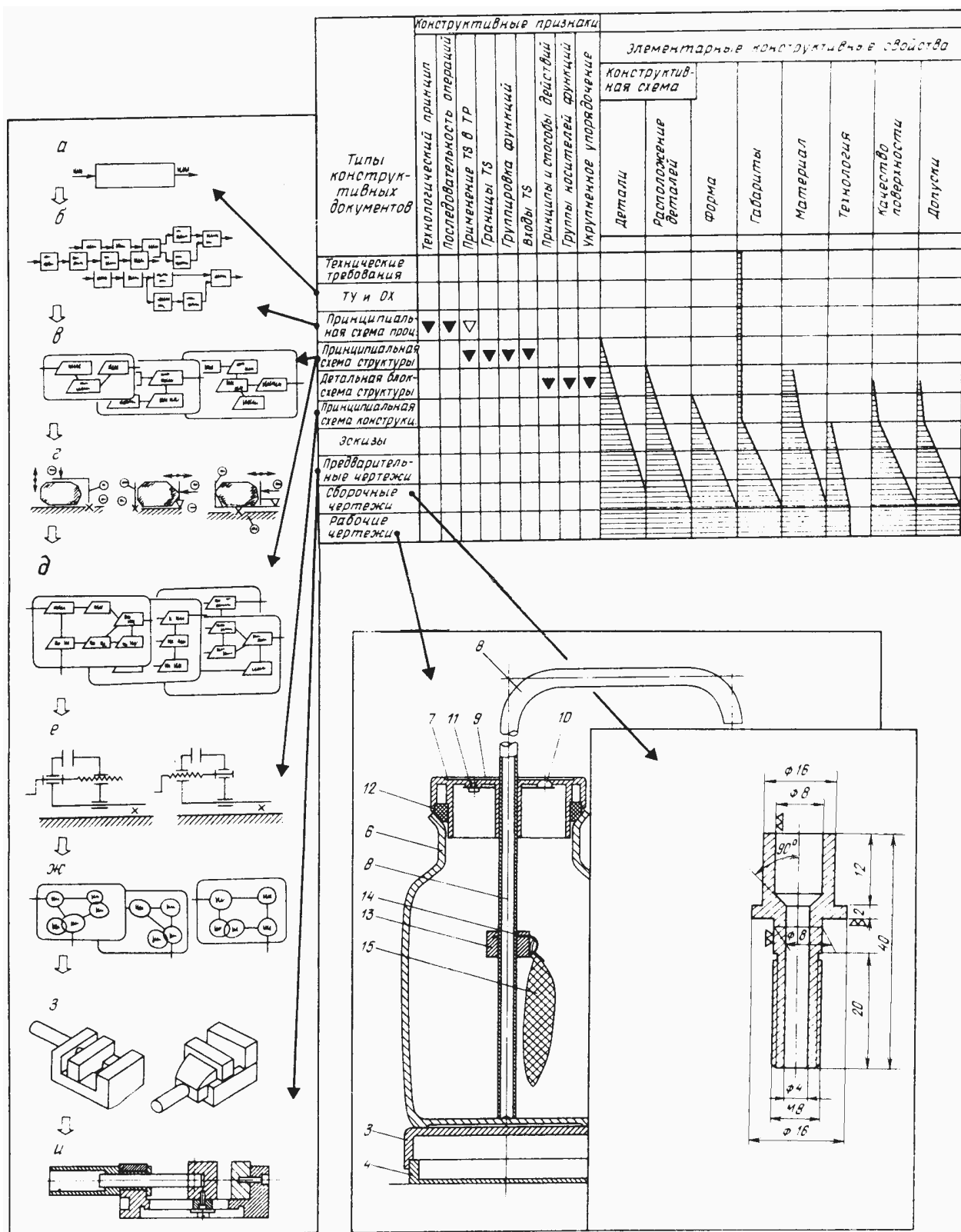


Рис.13.1. Способы изображения технических систем и содержащая в них информация: а – процесс типа «черный ящик»; б – альтернативные структуры процесса; в – укрупненные функциональные структуры; г – альтернативные принципы, макроструктура; д – альтернативные функциональные структуры; е – альтернативные принцип действия; ж – альтернативные принципиальные схемы; з – эскизы; и – чертеж.

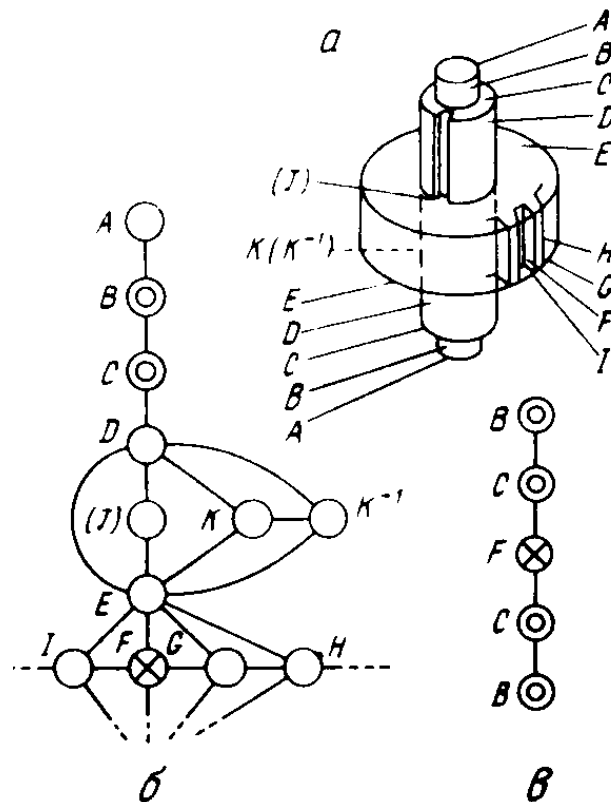


Рис.13.2. Изображение структуры технической системы при помощи графа (на примере узла шестерня-вал): а – узел шестерня-вал; б – граф конструктивных элементов и их отношений; в – граф функций.

13.2. Представление конструктивных элементов.

Конструктивные элементы, являющиеся техническими системами низшего уровня сложности, нередко, особенно в машиностроении, многообразны, преимущественно, по форме и размерам. Традиционные графические методы мы рассматривать не будем, поскольку они хорошо известны. Упомянем лишь современные методы, пригодные для работы с ЭВМ. Это вновь акцентирует внимание на системном подходе. С точки зрения геометрии, тело можно рассматривать как систему точек, ребер, поверхностей или элементарных форм. Исходя из этого, могут быть рассмотрены следующие модели:

а) *линейная модель*, которая описывает конструктивный элемент с помощью линий и точек (как в черчении). Эта модель не позволяет удовлетворительно передать форму, так как она неоднозначна, не создает пространственного эффекта, допускает бессмысленные формы;

б) *плоскостная модель*, представляющая собой систему поверхностей детали. Поверхностями можно однозначно описать заготовку;

в) *объемная модель* – упорядоченная совокупность элементарных тел соответствующей формы. Такое модельное представление геометрически в точности соответствует действительности и позволяет воссоздать разнообразные конструктивные элементы посредством различных комбинаций элементарных тел. На рис.13.3. показаны важнейшие элементарные тела и построенный из них конструктивный элемент.

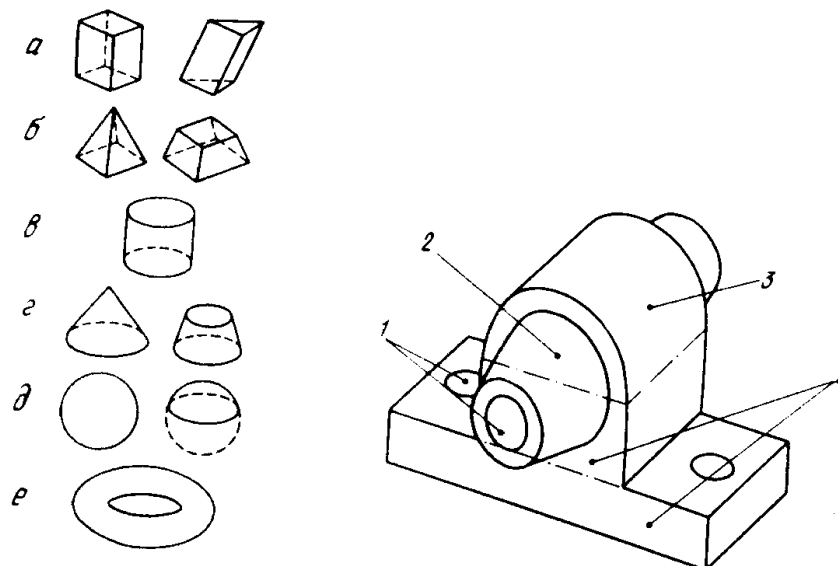


Рис. 13.3. Комбинирование элементарных тел с целью построения объемной модели: а – прямоугольная и наклонная призмы; б – пирамида и усеченная пирамида; в – цилиндр; г – конус и усеченный конус; д – шар и шаровой сегмент; е – специальные тела вращения (тор); 1 – отверстие; 2 – усеченный конус; 3 – круговой сегмент; 4 – призмы.

13.3. Выводы.

1. Представления технической системы – это ее модели, в которых учитываются те или иные конструктивные свойства (конструктивные признаки).

2. В зависимости от вида, количества и степени учета конструктивных свойств, представления могут отличаться степенью абстрактности (степенью детализации).

3. Существующими способами и приемами могут быть построены любые модели любых технических систем.

4. Представление технической системы обычно служит определенной цели. В зависимости от этой цели и выбирается способ представления рассматриваемой технической системы.

13.4. Выбор критериев и проведение оценки.

В принципе возможны три схемы оценивания; они характеризуются вопросами, приведенными в табл.13.1. Оценивание проводится двумя способами: а) *интуитивно*; б) *объективно*, т.е. на основе *определяющих факторов*.

Интуитивная оценка, несмотря на ее субъективность, не может быть полностью отвергнута. Она определяется не только субъективными ощущениями, но и часто многолетним опытом, поэтому следует систематически развивать навыки интуитивных оценок. Только тогда можно довериться так называемому конструкторскому чутью. Это особенно важно при недостаточно полной информации, что характерно для начала процесса проектирования.

Схемы оценивания.

| Схема | Оцениваемый объект | Тип оценочного вопроса |
|-------|---|---|
| I | Реализованная техническая система | Какова техническая система? |
| II | Постановка задачи (перечень требований) и вариант решения или образец | Соответствует ли система (модель) данной постановке задачи? |
| III | Постановка задачи и различные возможные решения, которые технически соответствуют постановке задачи | Какое решение лучшее (оптимальное)? |

Оценивание может проводиться по схемам рис.13.4. В процессе оценивания выполняются следующие операции: а) выбор обобщенного показателя; б) выбор критериев оценки (свойств); в) определение критериальных оценок; г) преобразование оценок в обобщенный показатель.

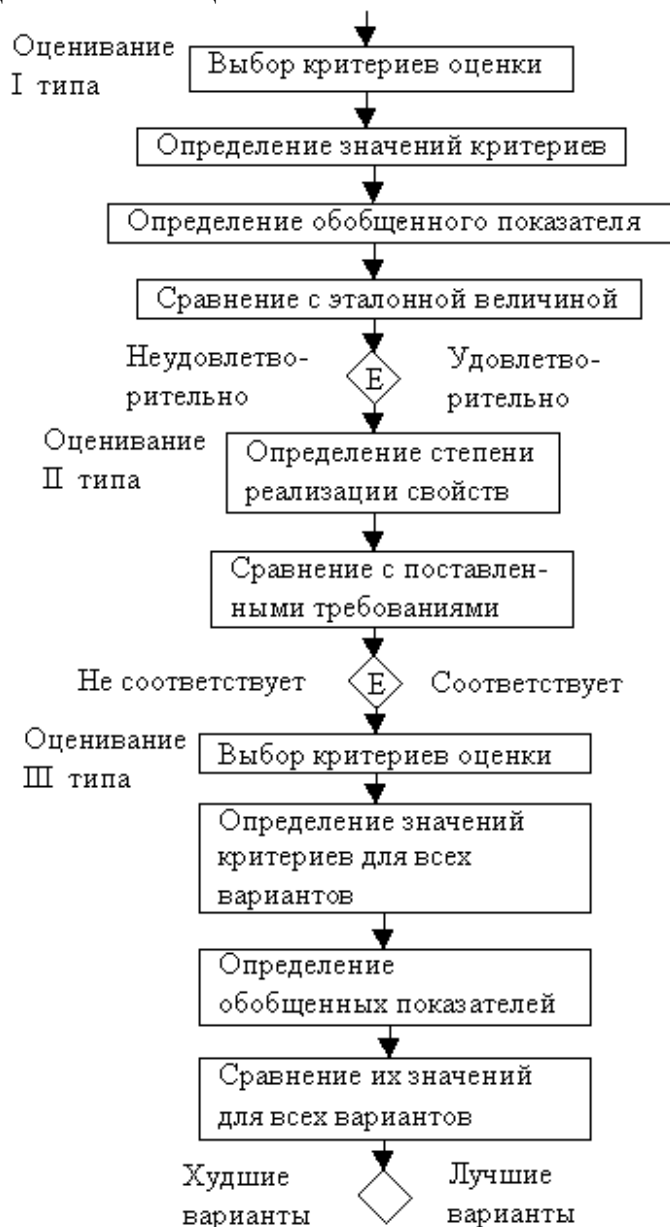


Рис. 13.4. Схемы оценивания.

Определим некоторые понятия и поясним проблематику этих операций.

а) Для объективной оценки должны быть выбраны определяющие критерии. При этом обычно исходят из того, что техническая система обладает ценностью, которую нужно установить. Ценность системы определяется тем, какие потребности она удовлетворяет и в какой мере. В зависимости от точки зрения, с которой оценивается система, возможны различные разновидности ценности.

– *Техническая ценность*, определяемая как совокупность (вектор) качеств технических свойств данной технической системы. Здесь имеются в виду главным образом свойства функционирования, технологичность и конструктивные свойства.

– *Экономическая ценность* – сумма (вектор) качеств экономических свойств. Аналогичным образом можно определить эргономическую, эстетическую и другие виды ценностей, соответствующие категориям свойств, указанным в табл.9.1.

– *Потребительская ценность* охватывает внешние свойства изделия, которые удовлетворяют потребности людей.

– *Совокупная ценность* представляет собой наиболее общий показатель, учитывающий ценности всех классов свойств данного изделия.

Указанные выше показатели можно назвать «абсолютными». Кроме них, можно установить целый ряд относительных показателей. Для этого нужно определить «идеальное изделие» как носитель идеальных свойств. Тогда относительным показателем ценности будет отношение действительной ценности к ценности идеального изделия. В качестве относительных можно использовать и другие показатели, такие, как *экономическая эффективность*.

б) Важным этапом оценивания является выбор критериев, т.е. определяющих свойств системы. Такой выбор должен обеспечивать достаточную полноту рассмотрения системы. Это – общее правило, однако во многих случаях приходится идти на разумные ограничения, так как большое количество выбранных для оценивания свойств приводит к снижению обозримости. Выбор свойств должен проводиться с учетом возможности их количественной оценки. Кроме того, на выбор свойств влияет цель оценки, а также стадия, на которой находится техническая система. Например, техническая система на стадиях эскизного проекта и опытного образца может быть оценена по-разному. Некоторая свобода выбора существует при первом и третьем типах оценивания, тогда как при втором типе выбор определяется заранее сформулированными требованиями (табл.13.1.).

в) Хотя многие свойства (критерии) могут быть оценены количественно, все же возникают трудности, связанные с объединением их в обобщенный показатель, так как различные свойства выражаются в разных единицах. При этом можно использовать денежные или балльные единицы. В случае оценки по баллам реализованная степень свойства может быть оценена определенным количеством баллов, например, от 4 (отлично) до 0 (неудовлетворительно) в 5-балльной системе.

Такой подход позволяет единообразно оценить разнородные свойства, что очень важно для получения обобщенной оценки. Следует подчеркнуть, что для

важных свойств оценка «неудовлетворительно» не допустима. С другой стороны, полная реализация менее важных свойств необязательна.

г) Перед последующей математической обработкой оценок следует решить, достаточно ли обобщенной оценки арифметическое среднее, или следует предпочесть взвешенное среднее, в котором учтена важность отдельных свойств. В обоих случаях речь идет об одномерном сравнении. Многомерное представление получается лишь при использовании средних геометрических при оценке отдельных свойств.

Обобщенную оценку можно представить так же, как векторную сумму – радиус-вектор, компонентами которого являются оценки свойств. В табл.13.2. представлены различные способы получения оценок.

Таблица 13.2

Способы обработки балльных оценок с целью определения ценности системы

| Вид обобщенной оценки | Формула | Геометрический смысл | Примечание |
|--|---|--|---|
| 1. Абсолютное среднее арифметическое | $p_1 = \frac{\sum p_i}{n}$ | Среднее значение | Простой расчет |
| 2. Относительное среднее арифметическое | $p_2 = \frac{\sum p_i}{n \cdot p_{\max}} = \frac{p_i}{p_{\max}}$ | | Сравнение с идеальным вариантом $p_2 \leq 1$ |
| 3. Взвешенное абсолютное среднее арифметическое | $p_3 = \frac{\sum p_i g_i}{\sum g_i}$ | | Учитывается важность свойств |
| 4. Взвешенное относительное среднее арифметическое | $p_4 = \frac{\sum p_i g_i}{\sum p_{\max} g_i} = \frac{p_3}{p_{\max}}$ | | $p_4 \leq 1$ |
| 5. Абсолютное среднее геометрическое | $p_5 = \sqrt[n]{p_1 \dots p_i \dots p_n}$ | Сторона n-мерного «куба», эквивалентного плитке со сторонами p_1, \dots, p_n | $p_5 = 0$ при $p_i = 0$ |
| 6. Относительное среднее геометрическое | $p_6 = \frac{p_5}{p_{\max}}$ | | $p_6 \leq 1$ |
| 7. Взвешенное абсолютное среднее геометрическое | $p_7 = \frac{\sqrt[n]{p_1 g_1 \dots p_n g_n}}{\sqrt[n]{g_1 \dots g_i \dots g_n}}$ | | Несущественна, так как g выпадает. |
| 8. Взвешенное относительное среднее геометрическое | $p_8 = \frac{h_7}{h_{\max}}$ | | Как п. 7. |
| 9. Абсолютный вектор | $p_9 = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}$ | Диагонали n-мерной плитки со сторонами p_1, \dots, p_n | $p_{10} \leq 1$ |
| 10. Относительный вектор | $p_{10} = \frac{p_9}{p_{\max}}$ | | |
| 11. Взвешенный абсолютный вектор | $p_{11} = \sqrt{(p_1 g_1)^2 + \dots + (p_n g_n)^2}$ | | |
| 12. Взвешенный относительный вектор | $p_{12} = \frac{p_{11}}{p_{\max}}$ | | $p_{12} \leq 1$ |
| <p>Обозначения p_1, \dots, p_n – балльные оценки критериев 1, ..., n; p_{\max} – балльная оценка идеального варианта; g_1, \dots, g_n – значения (веса) критериев оценки, p – обобщенная оценка; n – количество критериев оценки; $\sum p = \sum_{i=1}^n p$ сумма баллов оценок от p_1 до p_n.</p> | | | |

13.5. Выводы.

1. Обобщенная оценка совокупной ценности технической системы определяется суммой оценок частных ценностей (свойств).
2. Для оценки свойств системы необходимо выбрать наиболее объективную единицу измерений.
3. Выбранные для оценки определяющие свойства называются критериями. Выбор критериев является важнейшим этапом оценивания, обеспечивающим сопоставимость и полноту оценок.
4. Преобразование оценок отдельных критериев в обобщенную оценку можно проводить различными методами. Метод такого преобразования представляет собой один из важнейших факторов объективности оценки
5. На некоторых стадиях становления TS трудную проблему представляет правильное оценивание ценностей свойств. Объективное оценивание ценностей способствует лучшему качеству обобщенной оценки.

14. Специальные теории технических систем.

При рассмотрении видов теории с точки зрения их применения указаны два вида теории: общая и специальная. До сих пор рассматривалась общая теория.

Специальные теории технических систем имеют дело с отдельными категориями систем. Классификация технических систем может быть проведена в соответствии с рассмотренными там аспектами; классы и даже некоторые виды технических систем могут быть объектами специальных теорий.

Обычно инженеры и научные работники специализируются на определенных видах, типах и семействах технических систем, таких, как гидравлические и поршневые машины, или паровые и газовые турбины, или насосы, компрессоры и т.п. (рис.14.1.).

Аналогично данные, приведенные в таблице, могут служить исходным пунктом для классификации специальных теорий по иерархическому признаку, например, теории станков, металлообрабатывающих станков, токарных станков и т.д. С другой стороны, учение о механизмах и учение о машинных элементах (деталях машин) известны как специальные теории составных частей технических систем. Подобных примеров можно привести много.

Эти рассуждения и примеры позволяют определить следующие важные аспекты для построения специальных теорий: а) функция (насосы, станки, подъемные устройства); б) принцип действия (поршневые машины, электродвигатели, реактивные двигатели); в) уровень абстрактности (станки, металлообрабатывающие станки, токарные станки); г) степень сложности (машинные системы, механизмы, машинные элементы).

В задачи специальной теории входят получение и систематизация знаний о соответствующем типе или виде технических систем и построение на этой основе методов их обработки.

Выявление взаимосвязей между общей и специальными теориями технических систем позволяет создать логичную и стройную единую структуру научно-технических знаний. Польза этого очевидна.

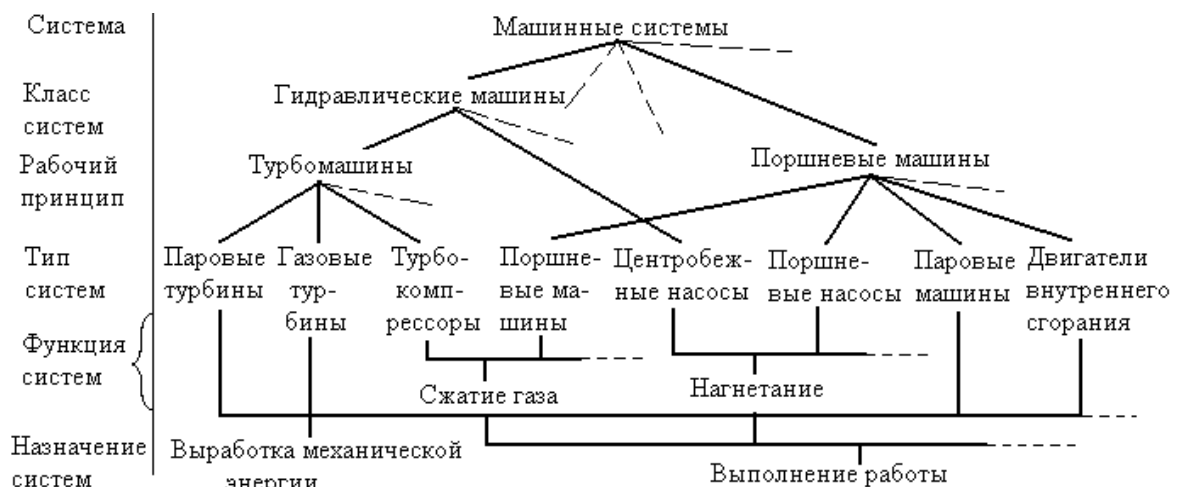


Рис.14.1.Разделение технических систем в соответствии со специальными теориями систем (на примере из области машиностроения).

Специальные теории технических систем должны охватывать следующий комплекс вопросов:

- исследование системы преобразований; анализ элементов системы преобразований, таких, как виды входных воздействий, технология, операнды и т.д.;

- структуры технических систем определенных категорий; в том числе типичные функциональные структуры, их варианты и модификации;

- принципы действия, которые используются или могут найти применение;

- типичные носители функций (исполнительные органы) и их отношения;

- типичные свойства технических систем, конструктивные признаки и их реализация, способы обеспечения требуемых свойств, проблема качества, сравнительные оценки;

- изучение закономерностей создания и использования данной категории (вида) технических систем;

- обобщение полученного опыта и выявление тенденций развития.

Специальная теория, включающая рассмотрение всех этих вопросов, будет сильно отличаться от теорий, излагаемых в современных учебниках (хотя она и будет основываться в основном на той же информации).

Кроме того, при построении таких теорий и систематизации специальных знаний следует приспособлять их к возможностям вычислительной техники, что обеспечит дальнейший прогресс в соответствующей области.

15. Применение теории технических систем.

Уже в самом начале ставился вопрос о применении теории технических систем, а в дальнейшем была выявлена польза, которую может принести такая теория. Теория технических систем может служить в качестве: а) базы знаний для разработки новых технических систем; б) ориентира для учений о конструкциях; в) исходного пункта для специальных теорий технических систем; г) основы для применения ЭВМ (алгоритмы, системы базы данных и т.д.); д) руководства для системы обучения; е) связующего звена между специалистами разного профиля; ж) базы для систематических исследований в области истории техники.

Современная школа практически не имеет таких учебных планов, которые в процессе обучения давали бы студентам полное представление об отрасли техники, в которой им предстоит работать, выявляя ее топологию и взаимосвязи с другими отраслями и окружающим миром в целом, что способствовало бы формированию гармонично развитого специалиста. Теория технических систем могла бы играть в этом отношении важную роль, так как в ней с достаточно высокой степенью обобщения излагаются все основные аспекты системного подхода и дается инструмент для ориентации в любой специальной области техники. Она позволяет увязать между собой различные учебные курсы и объяснить цель их изучения. Такой подход будет способствовать лучшему пониманию связей между отдельными элементами системы обучения и содержания многих учебников.

Теория технических систем делает понятной обучающемуся всю систему обучения и проясняет место отдельных дисциплин, например, термодинамики как специальной теории процессов в тепловых машинах (специальном семействе технических систем) или теории сопротивления материалов как общего учения о прочности, свойстве технических систем. Теория технических систем дает системный обзор специальной проблематики, благодаря чему легче выявляются пробелы, которые необходимо ликвидировать при повторении учебного материала, и выдвигает взаимосвязи между специальными дисциплинами на передний план.

Более того, включение этой теории в общий курс инженерного обучения позволяет объяснить и довести до сознания всех, в том числе и неспециалистов, сущность техники и технических систем и, таким образом, сделать более доступным и распространенным понимание техники как одного из основных элементов ноосферы – элемента, создаваемого и используемого человеком.

Понимание истории техники также может стать более глубоким благодаря применению теории технических систем. Процесс развития технических систем становится более понятным, когда, например, уясняется зависимость изменения конструктивных признаков от факторов окружающей среды.

В заключение можно сказать, что теория технических систем является отражением современного развития техники и представляет собой одно из проявлений понимания инженерами своей роли в современном обществе.

Литература.

1. Автономов В.Н. Создание современной техники: основы теории и практики. –М.: Машиностроение, 1991. –304с.
2. Берталанфи Л. Общая теория систем. Критический обзор//Исследование по общей теории систем/ Под общ.ред. В.Н.Садовского, Э.Г.Юдина. М.: Прогресс, 1969.с.23-82.
3. Большая Советская Энциклопедия.3-е изд.т.25М.: Советская Энциклопедия,1976.-630с.
4. Брук В.М., Николаев В.П. Системотехника: Методы и приложения. Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение,1985. –190с.
5. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. 2-е изд., перераб.,М.:Наука,1978.-399с.
6. ГОСТ 2.103-68 Стадии разработки.
7. ГОСТ 2.118-73 ЕСКД. Технические предложения.
8. ГОСТ 2.119-73 ЕСКД. Эскизный проект.
9. ГОСТ 2.120-73 ЕСКД. Технический проект.
10. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
11. ГОСТ 15895-77 Статические методы управления качеством продукции. Термины и определения.
12. ГОСТ 14.301-73 Общие правила разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения.
13. ГОСТ 14.301-73 Правила выбора технологической оснастки.
14. ГОСТ 14.301-83 Единая система технологической подготовки производства.
15. Проектирование оптимальных технологических систем машин. Сборник статей под ред. Проф. Дашенко А.И. и проф. Бурды Я., М.: Машиностроение, 1989 г.-344с.
- 16.Хубка В. Теория технических систем. Перевод с немецкого, под ред. проф. Люшинского К.А. –М.: Мир , 1987 г. –215с.
17. Теорія технічних систем. Конспект лекцій, укладач доц.Холоша В.І., Дніпропетровськ, ДВНЗ,НГУ, 2014 г. -102 с.