

МОДУЛЬ 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И МАШИННЫХ СИСТЕМ.

Лекция 1.

1. Цель теории технических систем.
2. Взаимосвязь теории с другими дисциплинами.
3. Применение теории технических систем.

Технические системы (TS) — это и не механизмы в чистом виде, и не автоматы. «Теория машин», разработанная И. И. Артоболевским [45], представляет собой лишь часть этой будущей общей теории. Изложим концепцию современного понимания теории технических систем.

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. Поскольку теоретические исследования в этой области находятся на начальной стадии, такая дедуктивная форма теории может быть получена лишь постепенно.

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

- 1.1. система понятий;
- 1.2. система преобразований;
- 1.3. технический процесс как элемент системы преобразований;
- 1.4. техническая система как элемент системы преобразований;
- 1.5. назначение TS;
- 1.6. структура TS;
- 1.7. свойства и оценивание TS;
- 1.8. возникновение и развитие TS;
- 1.9. эволюция TS;
- 1.10. систематика — классы, типы и виды TS;

Виды теории. В соответствии с областью применения различают:

- 1.11. общую теорию технических систем, которая справедлива для всех технических, в том числе и машинных, систем;
- 1.12. 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.

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, изготовлением, испытаниями, сбытом, хранением, транспортировкой, вводом в действие или ликвидацией технических систем. В этих инженерных дисциплинах положения общей теории технических систем в том или ином смысле «детализируются».

Рассмотрим некоторые примеры. 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 основываются на некоторых частных положениях общей теории. В теории подъемно-транспортных машин изучаются процессы транспортировки, и, таким образом, с позиции теории технических систем она также является некоторой специальной теорией процессов. В теории механизмов и машин рассматриваются механизмы как часть технической системы; эта теория также является специальной теорией технических систем.

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 приемлемый во всех специальных областях. В рамках этого подхода можно изучать и разрабатывать методы конструирования технических систем вообще и систем определенного класса в частности.

3. 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 позиций 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. Таким образом, теория технических систем связана с развитием автоматизированного проектирования.

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.

Выводы: Теория технических систем дает в руки инженерам подход, ориентирующий на конечную цель и позволяющий видеть взаимосвязи, понимать и применять целостность как принцип, а также распознавать в различных технических объектах существенные аналогии и отношения. Такие навыки особенно важны для инженеров-конструкторов, чем объясняется интерес к теории технических систем в этой среде специалистов.

МОДУЛЬ 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И МАШИННЫХ СИСТЕМ.

Лекция 2.

1. Типы систем. Типы задач.
2. Система типа «процесс».
3. Общая модель процесса преобразования.
4. Типы отношений, виды отношений.

Выводы

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 же машина может быть элементом некоторого предприятия. Система может быть разделена на подсистемы различной *сложности*.

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

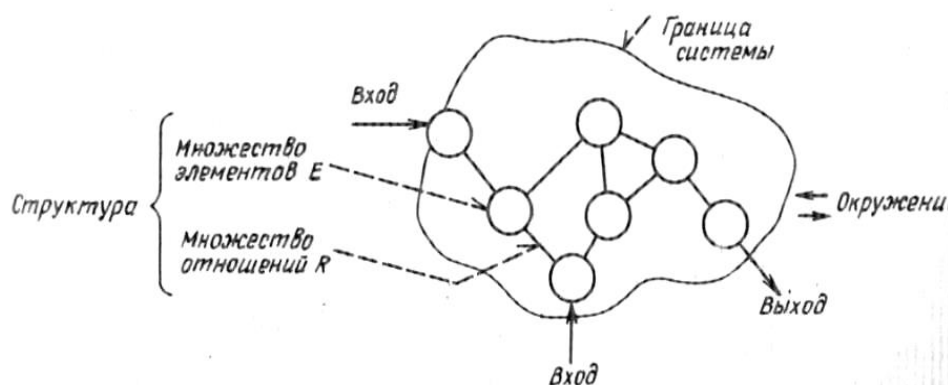


Рис. 2.1. Модель системы.

- а) По положению системы в иерархии:
 - надсистема, система, подсистема.
- б) По связям 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 различных возможных 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).

Типы задач

В связи с системами рассматриваются три характерных типа задач.

Задача *синтеза* — заданы характер функционирования и

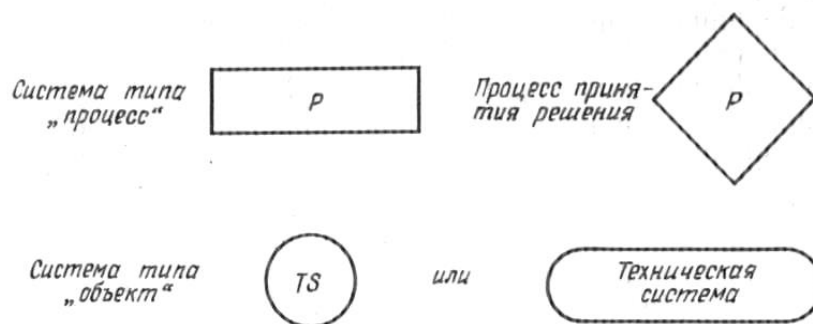


Рис. 2.2. Графическое обозначение двух типов систем.

другие требования к системе, определить структуру, которая удовлетворяет поставленным требованиям.

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

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

Символическое представление систем

Символически систему мы будем изображать четырехугольником, кругом или их комбинацией, используя для систем типа «объект» (TS) и систем типа «процесс» (P) различные символы (рис. 2.2). Система типа «объект» не требует особых пояснений, поэтому мы остановимся более подробно на системах типа «процесс».

Система типа «процесс»

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

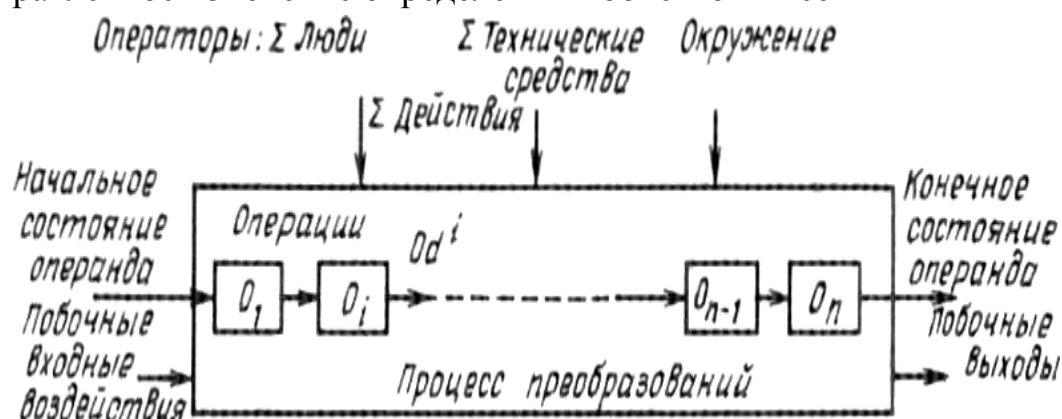


Рис. 2.3. Модель процесса преобразования.

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. 2.3 представлена общая модель процесса преобразования. Воздействия операторов осуществляются в виде потоков материи (S), энергии (En) и информации (I). В следующей главе понятие преобразования будет рассмотрено более подробно.

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 и 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.

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.

Система преобразований

Общие соображения

Когда мы пытаемся сформулировать ответ на вопрос о применении теории технических систем, то на передний план выступают проблемы, связанные с назначением, целями TS: для чего предназначаются технические системы типа «процесс» и технические системы типа «объект».

Человек, как и всякое живое существо, 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, взвешивать, считать и многое другое.

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

Модель системы преобразований

Назовем процессы такого рода преобразованиями и определим некоторые понятия и признаки. Для наглядности и полноты систематизации на рис. 2.4 представлены все типы элементов и действий, входящих в модель системы преобразований. Основой для построения этой модели являются следующие *предположения*, вытекающие из опыта людей:

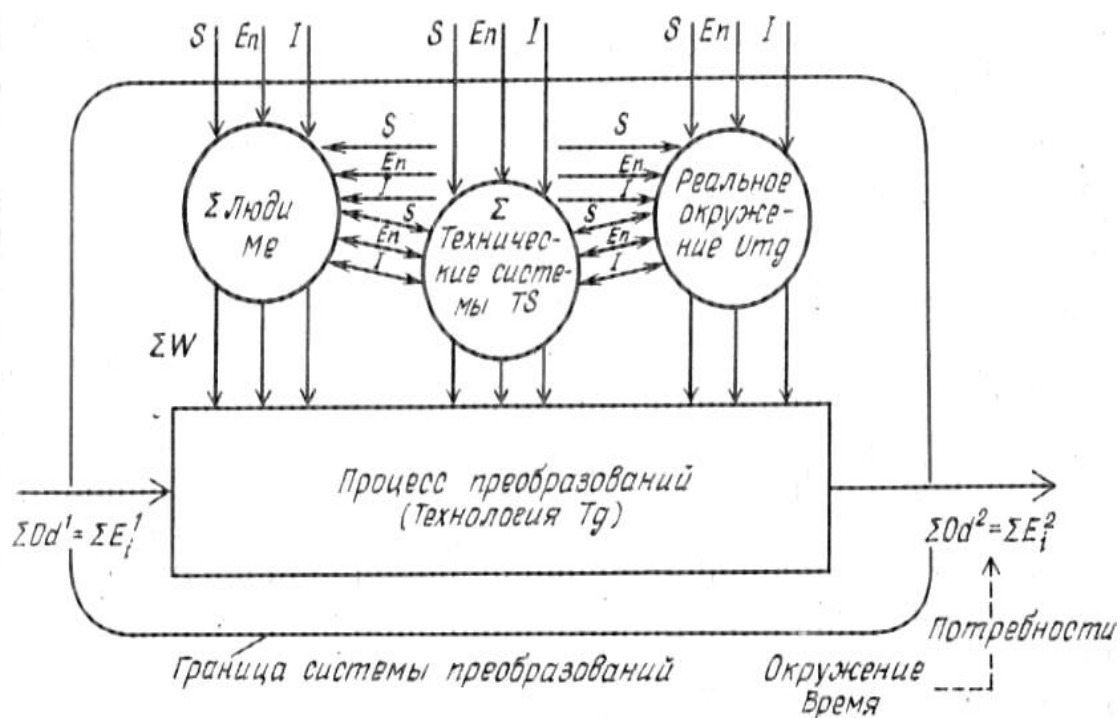


Рис. 2.4. Модель системы преобразований.

— 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 преобразований могут быть живые существа, и частности люди, а также материальные, энергетические и информационные объекты.

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

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

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

— 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 преобразований могут быть живые существа, и частности люди, а также материальные, энергетические и информационные объекты.

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

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

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

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

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

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

Модель охватывает, как это показано в табл. 3.1, все виды преобразований операндов всех типов при любом варианте участия систем-операторов в воздействиях.

При более детальном анализе «внутренних» операторов выявляются элементарные процессы (действия), которые также можно назвать преобразованиями. Так, в технических системах вращательное движение преобразуется в поступательное, наращивается сила и осуществляются другие изменения. Как видно из модели, целью действий являются определенные изменения. Зависимость характера этих изменений от цели станет яснее при рассмотрении *процессов и цепочек действий*.

Между процессом действия и процессом преобразования существует причинная связь, а именно изменения операнда в процессе преобразования (EE) вызываются действиями (EW) технической! системы как причины. С другой стороны, эта причина (действие системы) является следствием цепочки действий в системе, инициируемых входными воздействиями на систему.

Типы отношений

Отношением (R) называется взаимозависимость или взаимодействие двух и более объектов либо явлений абстрактного или конкретного типа. При конструировании существенны объективные, определенные отношения, которые поддаются описанию и соответствию 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.

Виды отношений

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, течения газа или жидкости подобны при равных числах Рейнольдса. Область подобия может быть определена как пересечение множеств свойств, участвующих в данном отношении.

Аналогия. Соответствие существенных признаков, свойств, структур или функций объектов или явлений будем называть *аналогией*. 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 часть 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 множеств свойств.

Изоморфизмом называется отношение между двумя системами, когда каждой составной части одной системы может быть поставлена в соответствие определенная составная часть другой системы и наоборот (симметричность), а также, когда для каждого отношения между двумя соответствующими составными частями имеется 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 ею действием существует асимметричное отношение. Причина вызывает действие. Существует строгая (детерминированная типа «если..., то») или ослабленная форма причинного отношения. 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 (рис. 2.5); она может быть материальной, энергетической или информационной.

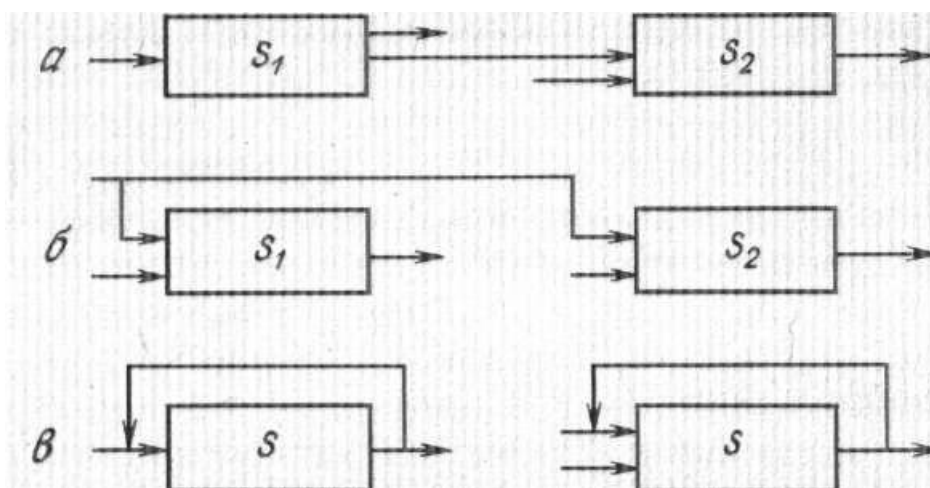


Рис. 2.5. Виды связей между системами.

а — последовательная; б — параллельная; в — обратная и комбинированная связи.

Отношение цель — средство. Это — двухместное асимметричное 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-ТО; 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 упорядочение процессов и событий во времени.

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.
4. Изменение состояния называется преобразованием, а объект воздействия — операндом.
5. Преобразование — это искусственный процесс, в котором желаемое изменение достигается путем целенаправленного использования природных явлений.
6. Необходимость преобразования вызывается неудовлетворительным исходным состоянием операнда или потребностью в выходном состоянии операнда как желательного средства для достижения цели.
7. Операндами процессов преобразований могут служить биологические системы (живые существа), материя, энергия и (или) информация.
8. Преобразование выполняется на основе технологии, определяющей систему частичных преобразований. Вообще для выполнения некоторого преобразования могут быть разработаны разные технологии, основанные на различных принципах.
9. Преобразования, в том числе частичные, реализуются определенными действиями. Таким образом, действия — это средства осуществления преобразований.
10. Действие осуществляется тремя системами-операторами: людьми, техническими системами и реальным окружением.
11. Система преобразований — это некоторое отношение на множестве всех участвующих в преобразовании элементов. Общая модель такой системы представлена на рис. 2.4.
12. Действия осуществляются операторами в рамках процессов действия (цепочек действия), превращающих вход оператора в выход системы преобразований.
13. Между преобразованием (следствие) и действием (причина) существуют причинные отношения.

МОДУЛЬ 1

Лекция 3. Система преобразований в технических системах

5. Модель системы преобразований.

6. Элементы системы преобразований.

Выводы

Когда мы пытаемся сформулировать ответ на вопрос о применении теории технических систем, то на передний план выступают проблемы, связанные с назначением, целями TS: для чего предназначаются технические системы типа «процесс» и технические системы типа «объект».

Человек, как и всякое живое существо, 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, взвешивать, считать и многое другое.

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

Модель системы преобразований.

Назовем процессы такого рода преобразованиями и определим некоторые понятия и признаки. Для наглядности и полноты систематизации на рис. 3.1 представлены все типы элементов и действий, входящих в модель системы преобразований. Примеры таких систем приведены в табл. 3.1. 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 ($Umг$).

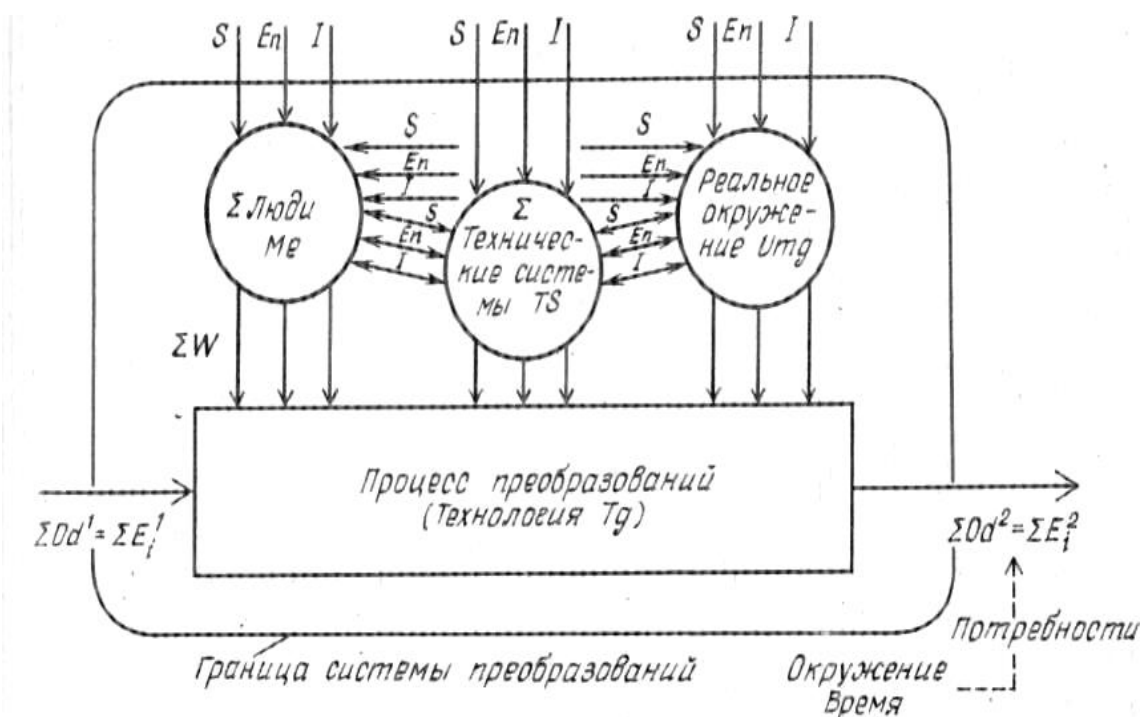


Рис. 3.1. Модель системы преобразований.

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 преобразований могут быть живые существа, и частности люди, а также материальные, энергетические и информационные объекты.

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

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

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

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

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

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

Модель охватывает, как это показано в табл. 3.1, все виды преобразований операндов всех типов при любом варианте участия систем-операторов в воздействиях.

При более детальном анализе «внутренних» операторов выявляются элементарные процессы (действия), которые также можно назвать преобразованиями. Так, в технических системах вращательное движение преобразуется в поступательное, наращивается сила и осуществляются другие изменения. Как видно из модели, целью действий являются определенные изменения. Зависимость характера этих изменений от цели станет яснее при рассмотрении *процессов* и *цепочек действий*.

Между процессом действия и процессом преобразования существует причинная связь, а именно изменения операнда в процессе преобразования (EE) вызываются действиями (EW) технической! системы как причины. С другой стороны, эта причина (действие системы) является следствием цепочки действий в системе, инициируемых входными воздействиями на систему.

Таблица 3.1. 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 за-калки)	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
Материалы → автомобиль	Конструирование и производство	Эскизное проектирование Расчеты Рабочее проектирование Выбор технологии Комплектация оборудования Материально-техническое снабжение Изготовление деталей Испытания Регулировка	Конструктор, расчетчик, технолог, снабженец, станочник, сборщик, испытатель, контролер, администратор	Справочники, технические проспекты, чертежные принадлежности, материалы, станки, измерительные инструменты, прессы, сборочный конвейер, система контроля	Цех (освещение, отопление, вентиляция, водопровод, канализация, и т. п.)
Транспортировка людей на дальние расстояния	Полет	Строительство аэропортов Приобретение самолетов Организация рейсов	Проектировщик, инженер, техник, рабочий, администратор, пилот, кассир, диспетчер	Аэровокзал, автобус, самолет	Взлетно-посадочная полоса, метеоусловия, воздушный коридор

Элементы системы преобразований

Элементы системы преобразований показаны на рис. 3.1. Дадим еще несколько пояснений, относящихся к отдельным элементам.

Операнд — это пассивный элемент рассматриваемой нами системы. Он может относиться к любой из четырех названных выше 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.

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 действий для определенного преобразования.

Технические системы как операторы системы преобразований — это подмножество технических систем, выполняющих какого-либо вида действия для определенного преобразования. Технические системы будут подробно рассмотрены в гл. 5. Необходимо отметить те поразительные масштабы технических систем, которые зачастую необходимы для выполнения преобразований. Например, для такого преобразования, как изменение местонахождения, недостаточно только транспортного средства, а необходимы также система улиц (дорог), мосты, система управления движением, автозаправочные станции, деньги и т. п. Только при наличии всех них операторов преобразование может быть осуществлено.

Оператор *реальное окружение* охватывает все источники внешних воздействий 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 отношение 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 (рис. 3.2). При разработке и

осуществлении любых технических решений следует не нарушать равновесия этих систем. *Техносфера* включает все технические системы, созданные людьми.

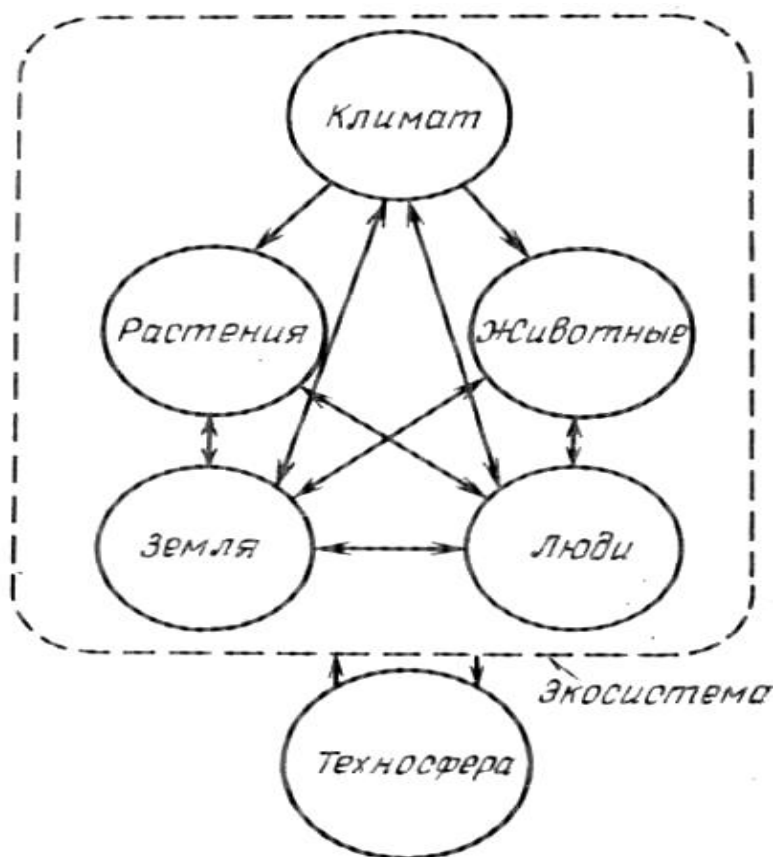


Рис. 3.2. Экосистема и техносфера.

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 появляются 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. 3.1.

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

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

МОДУЛЬ 1

Лекция 4. Технический процесс. Характеристика, оценка и классификация технических процессов.

1. Модель технического процесса.
2. Операнды технического процесса.
3. Структура технического процесса.
4. Типы операций.
5. Характеристика и оценка технического процесса.
6. Классификация технических процессов.

Выводы

Технические процессы занимают центральное место в таких системах преобразований, поскольку преобразования в них могут быть осуществлены не иначе, как посредством технических процессов. Кроме того, элементы системы преобразований могут быть объединены лишь с использованием технических процессов.

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 и 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 технических процессах.

Модель технического процесса

Мы установили, что технический процесс (ТР) является элементом системы преобразований (рис. 3.1.). Его модель строится на отношениях в системе преобразований (рис. 4.1). Обобщенный технический процесс определяет преобразование операнда без точного указания того, «чем», «кто», «когда» и «где» его выполняет.

Описание любого технического процесса должно содержать ответы на следующие вопросы:

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

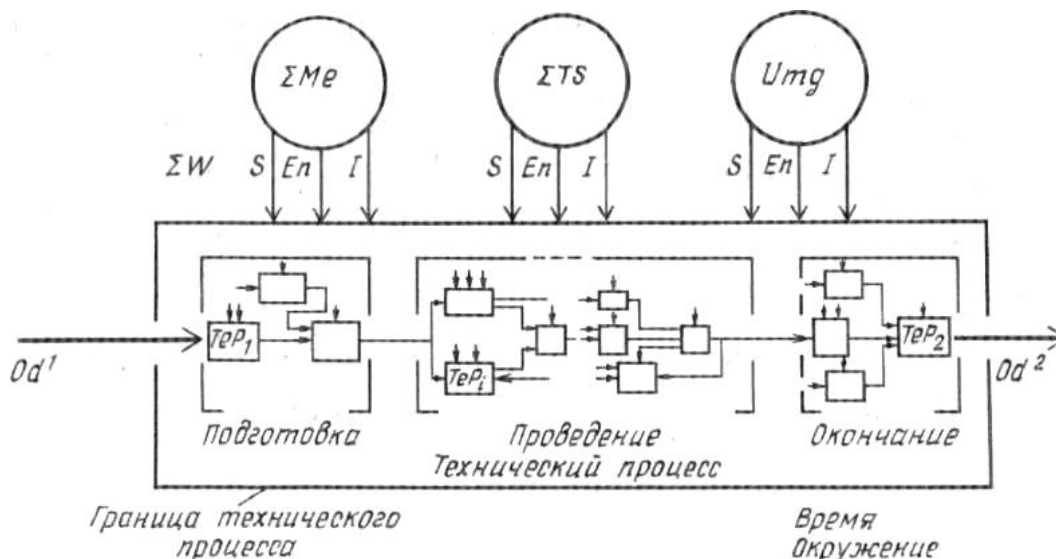


Рис. 4.1. Структура модели технического процесса

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?

В каждом конкретном случае информация такого рода вводится непосредственно в графическое изображение технического процесса, и тогда эти связи выступают еще отчетливее.

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

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

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

Операнды технического процесса

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

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

2. *Материя.* В техническом процессе изменяются основные свойства (например, химический процесс) или форма, размеры местоположение и т. д.

3. *Энергия.* В техническом 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 техническом процессе изменяются форма, количество, качество, а также местоположение информации.

Состояние операнда уже определялось как «вектор» его свойств. В математической форме его можно записать следующим образом:

$$Od^1 = \begin{pmatrix} E_1^1 \\ E_2^1 \\ \vdots \\ E_n^1 \end{pmatrix}; \quad Od^2 = \begin{pmatrix} E_1^2 \\ E_2^2 \\ \vdots \\ E_n^2 \end{pmatrix},$$

где подстрочные индексы при E обозначают свойства операнда, а надстрочные - меру этих свойств.

Структура технического 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 операций O в рамках совокупного технического процесса.

Операцией мы называем элементарный процесс, соответствующий одному рабочему действию. Операция технического 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.

На рис. 4.2 приведен пример технического процесса из трех операций с изменением двух свойств E_1 и E_2 . Свойство изменяются шагами по ΔE_1 в подоперациях TeO_1 , при этом операнд подвергается воздействию ΔW . Преобразование $E_2^1 \rightarrow E_2^2$ протекает непрерывно в третьей операции без изменения свойства E_1 . Во второй операции (транспортировка) свойства E_1 и E_2 не меняются.

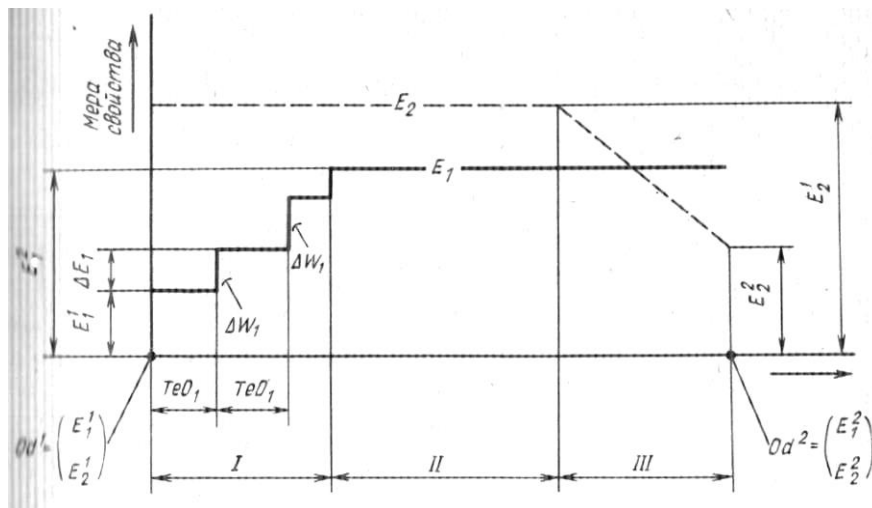


Рис . 4.2. Технический процесс из трех операций.

I операция I (обточка); II — операция 2 (транспортировка); III—операция 3 (нагрев).

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. 4.3.

При описанном расчленении технического процесса на составные части может возникнуть следующий вопрос: существует ли такой способ расчленения, при котором структура процесса может быть образована из меньшего множества базовых операций, которые могут повторяться? Ответ на него известен, например, в технологии материалов, где такими базовыми операциями являются, например, размельчение, сепарация, агломерация, транспортировка, окисление, восстановление или полимеризация К другой группе базовых операций относятся изменение физического состояния, формы, местоположения и хранение.

Следующий важный вопрос касается вариантов структуры. Конкретизируя соответствующее положение, сформулируем его так: преобразования системы типа «процесс» могут быть реализованы различными структурами (т. е. технологиями).

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.

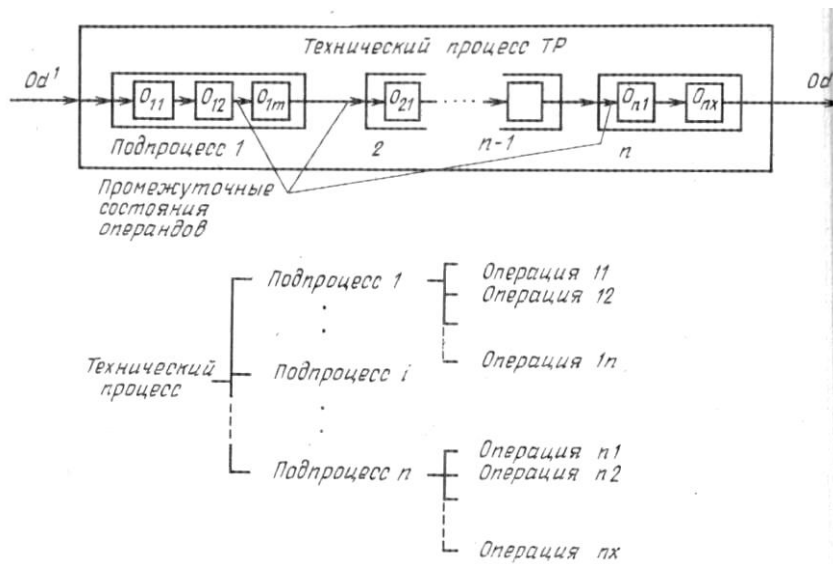


Рис. 4.3. Структура технического процесса.

Совокупное воздействие (№) для осуществления преобразования ($Od^1 \rightarrow Od^2$) состоит из частичных воздействий (TeW), изменяющих определенное свойство, например $E^1_i \rightarrow E^2_i$. Можно написать

$$E^1_i - E^2_i = f(\text{TeW}_i)$$

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 Ef , 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. Речь идет о совокупности показателей. Они разделены на три категории: технические, экономические и плановые показатели.

Формальная процедура сравнения и оценки технического процесса аналогична оценке системы типа «объект». В качестве примера в табл. 4.2 приведена укрупненная оценка типа «плюс — минус» для процесса передачи энергии. Альтернативой этому была бы оценка по баллам, возможно, с собственными критериями по каждому показателю.

Здесь необходимо обратить внимание на социальные и экономические последствия решений, связанных с техническим процессом. Решения такого рода оказывают влияние на стоимость товаров, занятость людей, экономическую ситуацию и ряд других важных социально-экономических факторов.

Таблица 4.1. Показатели технических процессов

Показатели	Технические	Экономические	Плановые
Операнд Вход Выход	Материал, размеры, форма состояние поверхности давление, температура и другие параметры	Цена Затраты	количество Срок Поставщик
Технология	Спецификация операций Последовательность операций	Затраты	Время работы Оператор Рабочее место
Оператор-ра- бочий	Специальные знания Опыт Личные свойства	Заработная плата	„Часы работы Количество рабочих
Техническая система	Функциональные свойства Эксплуатационные свойства Эстетические свойства Эргономические свойства Манипуляционные свойства и др.	Цена Эксплуатационные расходы	Срок поставки Количество Поставщик
Специальная информация	Перечень типов информации Источники информации	Затраты	Срок Работник Рабочее место
Условия окружения	Физические: Расположение потребность в пространстве температура влажность освещение шум	Затраты	Срок Оператор Рабочее место
	Психологические: рабочая обстановка	Производительность труда	
	Социальные: общественные условия	Экономическая си- туация	

Таблица 4.2. Оценка технических процессов (на примере передачи энергии)

Передача энергии	Механической	Гидравлической	Электрической
Большое расстояние	—	+	++
Удобство управления процессом	—	+	+
Безопасность	Одинаково		
Экономичность	+	—	—
Доступность компонентов	—	+	++
Приспособляемость	—	+	++
Стоимость	—	—	+

Примечание: — невозможно; + возможно; ++предпочтительно.

Классификация технических процессов

Классификацию технических процессов можно проводить с различных точек зрения. Пример такой классификации приведен в табл. 4.3. Объединив типы операндов со способами изменения, преобразования структуры, формы, пространственных (транспортировка) и временных (хранение) координат, получим основные виды технических процессов, представленные в табл. 4.4.

Таблица 4.3. 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 ручного действия Способ управления и регулирования	Ручной труд Использование силы животных Механизированный процесс С участием человека Автоматизированный процесс
Явления, на которых	Физические Электрические Химические Комбинированные	Сложность процессов Соотношение между входом и выходом	Операции Подпроцессы Сложные процессы Объединение количества входов больше количества выходов Разделения: количество входов меньше количества выходов
основываются рабочие действия Рабочее действие	Транспортировка Сортировка Измельчение Обработка Сборка	Характер протекания преобразования	Непрерывный процесс Дискретный (прерывающийся) процесс

Таблица 4.4. Основные виды технических процессов

Типы операндов		Преобразование			
		структуры	формы	пространственных координат	временных координат
Материя S	Обобщенный процесс	Перерабатывать	Обрабатывать	Транспортировать	Хранить
	Пример	Железная руда → сталь	Заготовка → деталь	Цемент на складе → на стройплощадке	Продукты в холодильнике
Энергия En	Обобщенный процесс	Превращать	Трансформировать	Транспортировать	Накапливать
	Пример	Гидравлическая → электрическая	50000 → 220 В	Электростанция → потребитель	Электрическая энергия в аккумуляторе
Информация l	Обобщенный процесс	Преобразовывать	Изменять форму	Передавать	Накапливать
	Пример	Графическая → цифровая	Текст немецкий → русский	Радиопередача → слушатель	Запись на магнитной ленте
Человек Me	Обобщенный процесс	Изменять существо	Изменять форму	Транспортировать	Содержать
	Пример	Рука → протез	Болен → здоров	Путешествие	Ожидание врача

Выводы

Обсуждение технических процессов, проведенное в этой главе, можно обобщить в следующих выводах. Отметим, что выводы гл. 3 также в полной мере распространяются на технические процессы.

1. Технические процессы — это особый вид процессов преобразований. 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 участвуют ни преобразуемый операнд, ни выполняющая его роль техническая система, допускаются только как исключение (из прагматических соображений).

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.

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

МОДУЛЬ 1

Лекция 5,6. *Техническая система. Функциональная структура, органоструктура и конструктивная схема технической системы.*

7. Сущность технической системы.
 8. Назначение технической системы.
 9. Структура и состояние технической системы.
 10. Модель технической системы.
 11. Функциональная структура технической системы.
 12. Техническая функция.
 13. Классификация технических функций.
 14. Органоструктура технической системы.
 15. Исполнительный орган и их отношения.
 16. Классификация исполнительных органов.
 17. Виды органоструктур.
 18. Конструктивная схема.
 19. Конструктивный элемент и их отношения.
 20. Классификация конструктивных элементов.
 21. Окружение технической системы.
- Выводы.**

Наиболее важными элементами системы преобразований (наряду с людьми и реальным окружением) являются технические системы TS , выполняющие (рисунок 3.1) необходимые воздействия на операнды $Oи$, в результате чего осуществляются требуемые преобразования. Таким образом, технические системы являются средством реализации преобразований.

Техника проявляет себя через изделия, подобно тому как искусство реализуется в художественных произведениях. Количество и многообразие изделий, создаваемых в различных отраслях техники, практически неисчислимо, что в значительной мере обуславливается машинными системами — изделиями машиностроения. Необозримое множество машин, приборов, оружия, транспортных средств, устройств, инструментов (как бы они ни назывались) может служить человеку либо вредить ему, либо вовсе не использоваться в зависимости от того, как человек обращается с ними.

Здесь мы попробуем упорядочить это разнообразие и сформулировать точки зрения, с позиций которых можно различать технические системы (особенно машинные системы), а также установить общие закономерности, справедливые для этого кажущегося необозримым множества технических систем. Удовлетворительного решения этой проблемы, несмотря на то что оно кажется само собой разумеющимся, в науке пока еще не найдено.

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-механистическом 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.

Людам свойственно стремиться к осуществлению желаемых событий и достижению своих целей. С точки зрения причинности определенное действие стремятся совершить именно 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 о их назначении.

Назначение технической системы

Рассматривая вопрос о *назначении* технической системы, вернемся к модели системы преобразований (рисунок 3.1). 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. Хансен и ряд других авторов техническую функцию системы определяют как способность «преобразовывать входные величины в требуемые выходные величины», тогда как задачи технической системы правильнее характеризовать целевыми функциями. Целевая функция находится с технической функцией в отношении «цель — средство». При конструкторских работах это различие замаскировано, особенно для технических систем низких уровней сложности, что зачастую сильно затрудняет понимание этих систем. Рополь при исследовании технических систем использует понятия телеологической (целевой) и дескриптивной (технической) функций. При дальнейшем изложении во избежание недоразумений понятие целевой функции использоваться не будет; «внешние» задачи системы мы будем определять ее назначением. Для обозначения «внутренних» задач системы будет сохранено понятие «техническая функция», так как оно уже достаточно прочно укоренилось в практике. Назначение технической системы можно представить через систему ее воздействий. Поэтому назначение технической системы часто называют ее совокупной функцией, что, хотя и подходит для некоторых технических систем, однако, вообще говоря, ошибочно. Позднее мы вернемся к этой проблеме.

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. Подобный способ рассмотрения известен и понятен большинству людей, так как почти каждый, по крайней мере однажды, пытался самостоятельно провести ремонт велосипеда, водопроводного крана или выключателя и при этом был вынужден разобрать ремонтируемый объект. *Структура* представляет собой как бы «рентгеновский снимок» объекта. В конструкторском деле обычно она характеризуется чертежом и спецификацией (рисунок 5.1). Структура объекта при этом 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 своего 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. 5.1 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 проектируемая им система. Там, где недостаточно одного воображения, полезны эксперименты на модели.

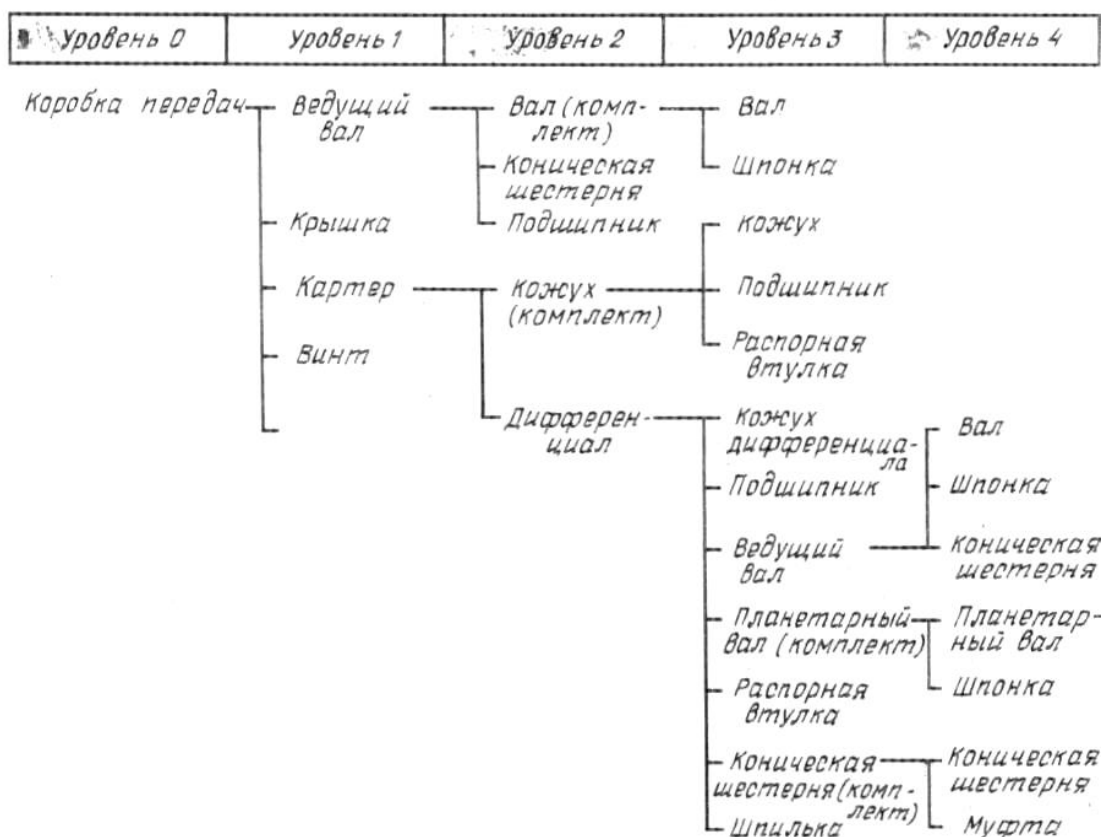
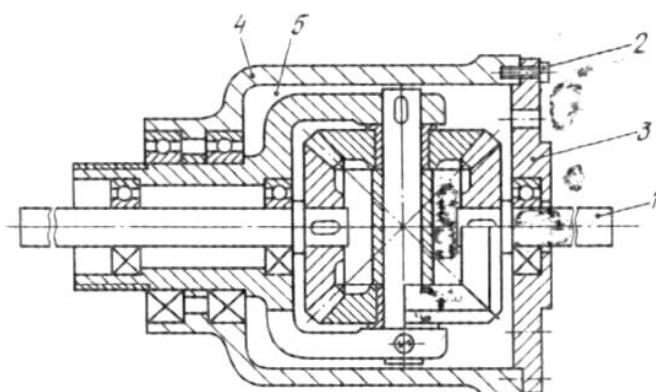


Рисунок 5.1. Коробка передач и ее спецификация согласно стандарту ФРГ VSM80.

Таблица 5.1. Состояния технических систем

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

Модель технической системы

Теперь целесообразно формализовать рассуждения предыдущего раздела с целью получения общей модели, связывающей модели системы преобразований (рисунок 3. 1) и технического процесса (рисунок 4. 1) и отражающей сущность технической системы (рисунок 5.2). 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 (по принципу «воздействие — реакция»). Эту ситуацию иллюстрирует рисунок 5.3, *a* (случай «черного ящика»).

Теперь рассмотрим вопрос: каким образом осуществляется запланированное воздействие на операнд? Возможны несколько вариантов ответа, а именно, воздействия могут быть осуществлены, если:

1) имеются определенные входные воздействия (людей, технических систем или реального окружения), которые можно рассматривать как входы технической системы, и

2а) с помощью технической системы выполняются определенные функции, причем эти функции зависят от отношений вход — выход и от выбранного способа действия, или

2б) имеются определенные технические средства (исполнительные органы) и их отношения, выполняющие функции п. 2а и соответствующие отношения, или

2в) имеются определенные конструктивные элементы и их отношения, реализующие органы п. 2б с их отношениями.

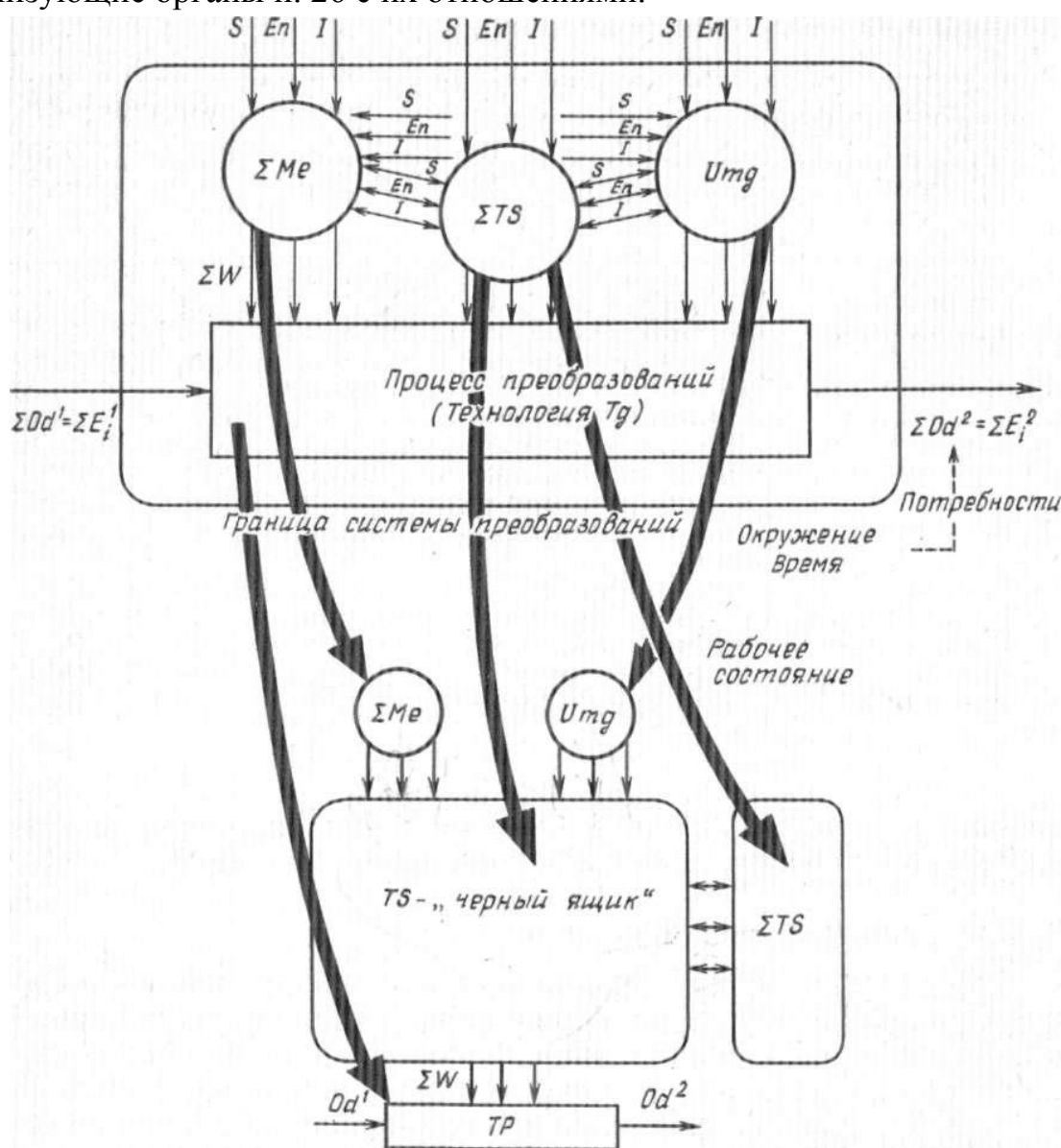


Рисунок 5.2. Получение модели технической системы из модели системы преобразований

Отметим, что варианты п. 2а—2в соответствуют технической системе на различных уровнях абстрагирования, а именно:

2а — на уровне *функциональной структуры* (рисунок 5.3,б);

2б — на уровне *органоструктуры* (рисунок 5.3,в);

2в — на уровне *конструктивной схемы* (рисунок 5.3,г).

Для того чтобы эти определенные лишь предварительно понятия стали яснее, на примере простой технической системы — тисков — рассмотрим различные типы структур, дополнив их общей моделью. Тем читателям, которым приведенные понятия абстрактных структур непривычны, следует начать с хорошо известной конструктивной схемы, а затем вернуться к абстрактным структурам.

Возможности символического представления системы не исчерпываются этими тремя структурами. Теоретически можно представить любое количество таких структур. Причина того, что наряду с конструктивной схемой обычно используются еще две абстрактные структуры, лежит в методологии конструирования. Функциональная структура довольно широко известна из литературы.

Взаимосвязи между рассматриваемыми структурами системы легко понять, используя отношение «цель — средство». С этой точки зрения назначение технической системы (как цель) обеспечивается определенной функциональной структурой (как средством); эта функциональная структура (как цель) может быть реализована различными органоструктурами (как средством); органоструктуры (как цель) могут быть реализованы различными конструктивными схемами.

В следующих разделах мы перейдем к более подробному рассмотрению упомянутых выше структур технических систем и их отношений.

№ п/п (рисунок 5.3, б)	Функция	Исполнительный орган (рисунок 5.3, в)
1	Создать ограничение в виде неподвижной поверхности	РВ
2	Создать ограничение в виде подвижной поверхности	ВВ
3	Подвести подвижную зажимную поверхность к неподвижной (отношение между функциями 1 и 2)	ВВ↔РР
4	Установить деталь	УО
5	Превратить вращательное движение винта в поступательное движение рабочих поверхностей	SM
6	Создать усилие	SM
7	Зажать деталь	SO
8	Зафиксировать ручку тисков	SM
9	Проверить надежность зажима и фиксации	VO

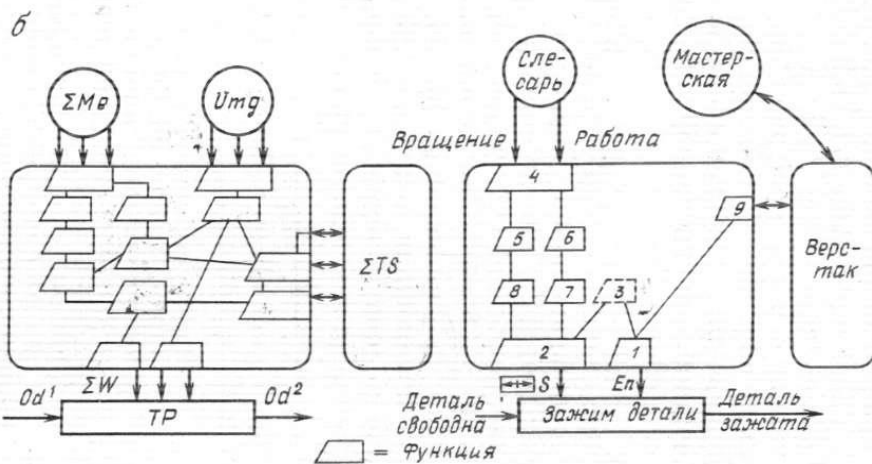
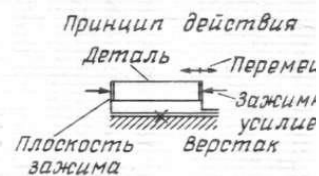
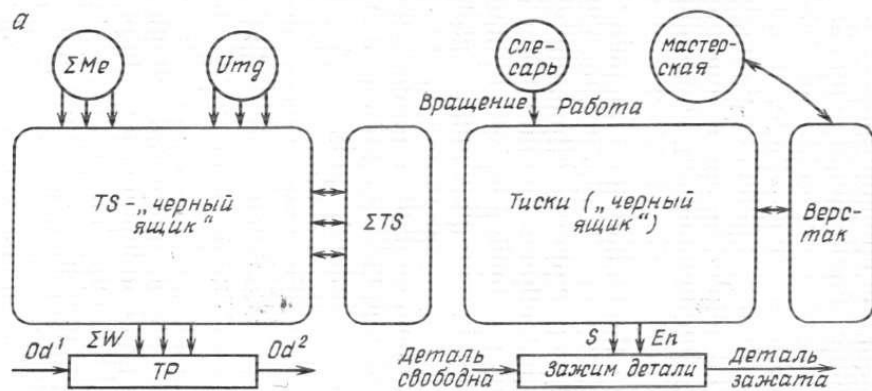
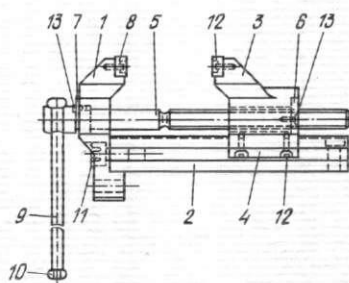
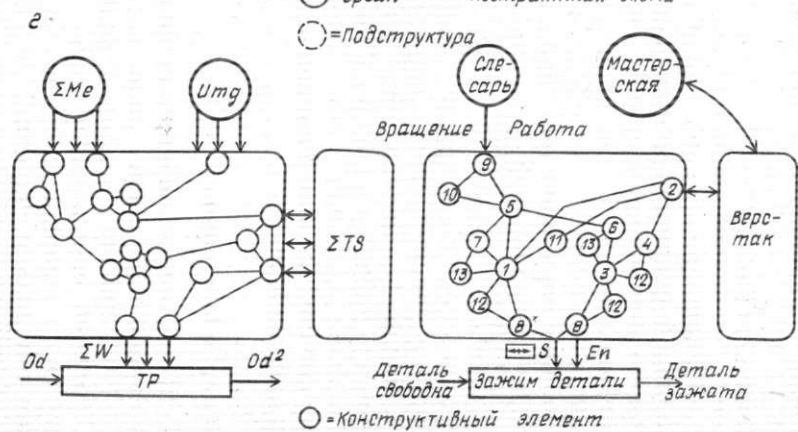
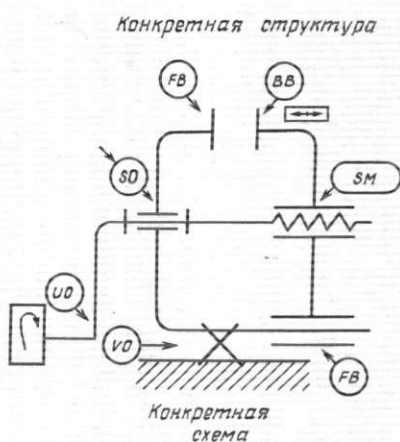
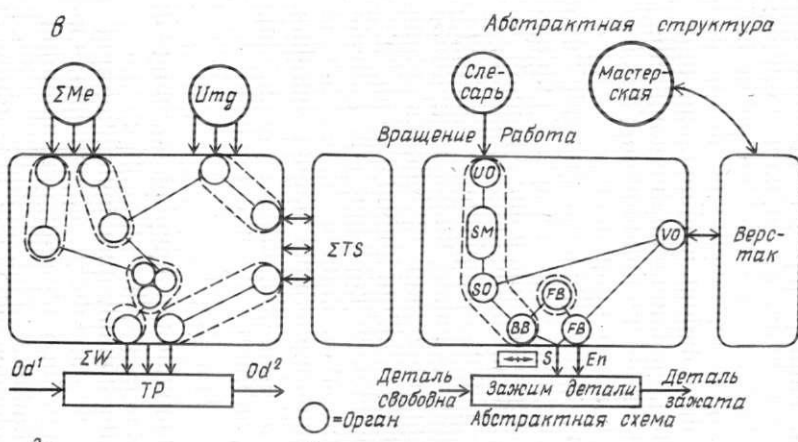


Рис. 5.3. Модели технической темы.
 а — техническая система как «чер-
 б — функциональная структура;
 структура; г — конструктивная с



Функциональная структура технической системы

В этом разделе технические системы рассматриваются с точки зрения выполняемых ими функций. Функциональная структура определяется как упорядоченная совокупность функций и отношений между ними. Функциональная структура строится применительно к рабочему состоянию системы.

Техническая функция

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

Отношения между функциями

Имеются в виду связи, взаимозависимости между отдельными функциями. Показанная на рисунке 5.3 функциональная структура тисков может быть представлена в словесной форме следующим образом: энергия вращательного движения передается ручке (функция 4), энергия преобразуется с увеличением силы (6), вращение преобразуется в поступательное движение (5), а поступательное движение вместе с силой передается тискам (2). В результате получается функциональное описание способа действия технической системы.

Классификация технических функций

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 в 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. Пример иерархии технических функций по степени их абстрактности показан на рисунке 5.4.

Отметим, что степень абстрактности связана со степенью сложности технической функции. Необходимость разложения функции на подфункции, т. е. на функции с меньшей степенью сложности, появляется на определенных уровнях абстрагирования. В нашем случае она возникает, когда установлен способ действия (рабочий принцип) системы. Конструкторы, знакомые с методологией конструирования, увидят здесь аналогию с морфологической матрицей, когда переход от функции к носителю функции (исполнительному органу) осуществляется через способ действия. Остальные

признаки при этом не рассматривают, считая их на этом уровне проектирования второстепенными.

3. *Назначение функции.* Рабочей функции, выполняющей прямое назначение технической системы на основе выбранного способа действия, обычно сопутствует ряд других функций, обеспечивающих или облегчающих ее осуществление. К таким функциям относятся вспомогательные функции подготовки, обслуживания, управления, регулирования и согласования.

Наряду с тремя рассмотренными характеристиками функций мы дадим определение еще нескольким часто используемым понятиям, связанным с функциями.

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 обобщенных 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.

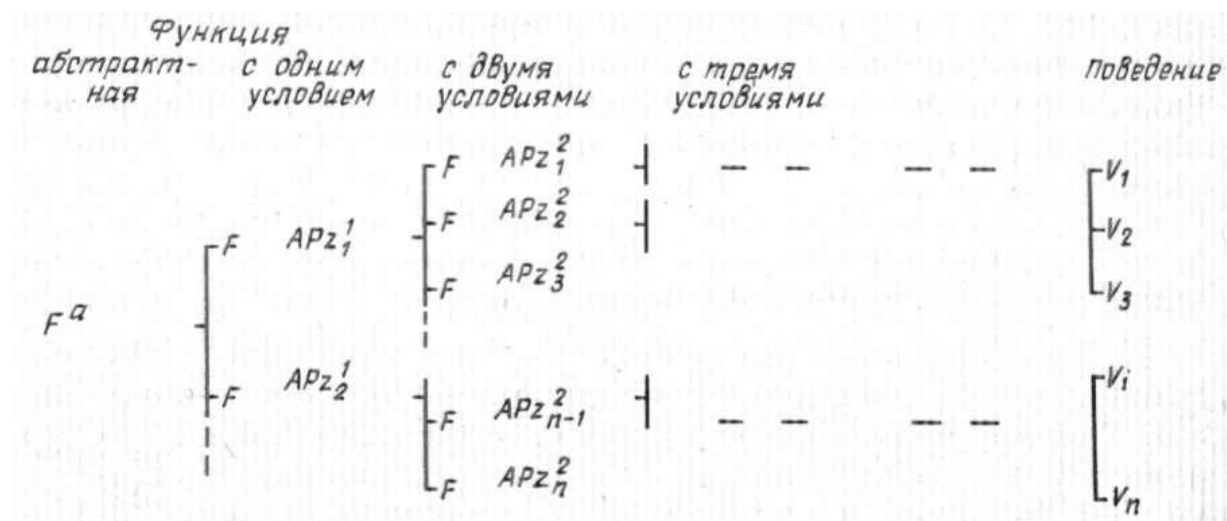


Рисунок 5.4. Степень абстрактности функций технических систем.

Функции, определенные в пп. 4—7, являются составными элементами функциональной структуры. Элементарные функции определяются тем соображением, что в технической системе могут существовать только материальные,

энергетические и информационные потоки. Пример функциональной структуры представлен на рисунке 5.5.

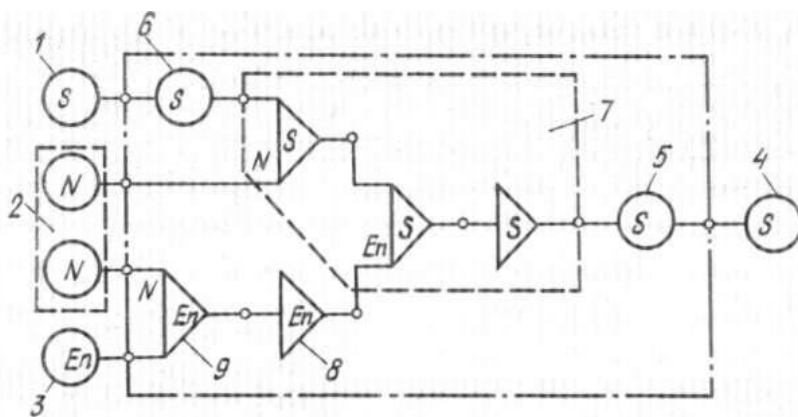


Рисунок 5.5. Функциональная структура типа электрической схемы (кофемолка)

Органоструктура технической системы

Органоструктура — это абстрактная модель технической системы, содержащая технические средства (исполнительные органы) и отношения, реализующие способы действия определенного класса. На стадии разработки органоструктуры вопрос о конструктивной реализации технической системы не рассматривается. Органоструктура разрабатывается и изображается применительно к рабочему состоянию технической системы; она содержит по меньшей мере две структуры — структуру цепочек действия и структуру связей.

Исполнительный орган

Исполнительным органом называется подсистема, которая реализует определенную внутреннюю функцию технической системы. Исполнительный орган иногда называют также носителем функции или функциональной единицей. Понятие органа в технике заимствовано из биологии. Его можно найти уже у Рёло и Лейера, однако ими оно используется в более широком смысле.

Аналогично функциям и конструктивным элементам исполнительный орган может быть определен на различных уровнях абстрактности. Очень абстрактно этот термин может быть использован для обозначения группы носителей функции (например, опора), а более конкретно — для обозначения, например, винта в конструктивной схеме тисков. Соответственно может существенно различаться и графическое представление таких органов, оставаясь тем не менее символическим.

Отношения исполнительных органов

Основным типом отношений исполнительных органов являются связи: выход одного органа одновременно является входом следующего в цепочке действий. Связи между исполнительными органами могут быть различными. Указанные отношения проявляются уже в абстрактной структуре, а в изображении способа действия они

представляют собой конкретные связи исполнительных органов. В принципиальной схеме органоструктуры должны быть определены, хотя бы приближенно, пространственные связи технической системы.

Классификация исполнительных органов

Насколько близки понятия исполнительных органов и функций, настолько же аналогичны способы их классификации и точки зрения, с которых они рассматриваются.

1. *Сложность.* В зависимости от степени сложности исполнительных органов различают такие понятия, как структура и подструктура (группа) исполнительных органов, исполнительный орган и под орган.

2. *Степень абстрактности.* Аналогично функциональной структуре исполнительный орган может быть определен как абстрактная или конкретная функциональная единица.

3. *Назначение.* Исполнительные органы могут выполнять функции преобразования, передачи энергии, управления или связи (согласования).

4. *Положение.* В зависимости от положения исполнительного органа относительно границы технической системы различают граничный исполнительный орган (рецептор или эффектор) и внутренний исполнительный орган.

Органоструктура преобразований

Отдельные исполнительные органы можно объединить по их отношению к преобразованиям и получить структуру более высокого уровня — органоструктуру преобразований (рисунок 5.6), подобную совокупности функций технической системы.

Виды органоструктур

Органоструктурное представление вызовет определенные затруднения у тех конструкторов, которые привыкли расчленять машинную систему на конструктивные элементы, так как членение органоструктур отличается от привычного: например, болт и гайка, пара зубчатых колес с валами и опорами в органоструктурах не рассматриваются как отдельные детали, а связываются в структурные единицы. Имеются некоторые специальные области, в которых понятие исполнительного органа является довольно привычным.

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. При этом количество критериев оценки по сравнению с теми, которые выбирались и использовались при рассмотрении функциональных аспектов, резко возрастает.

Конструктивная схема представляет собой описание технической системы конструктивными элементами; она должна содержать упорядоченную совокупность конструктивных элементов и их отношений. Конструктивные схемы системы разрабатываются для рабочего состояния, а также для состояний «разборки» и «сборки» (деталировочные и компоновочные чертежи).

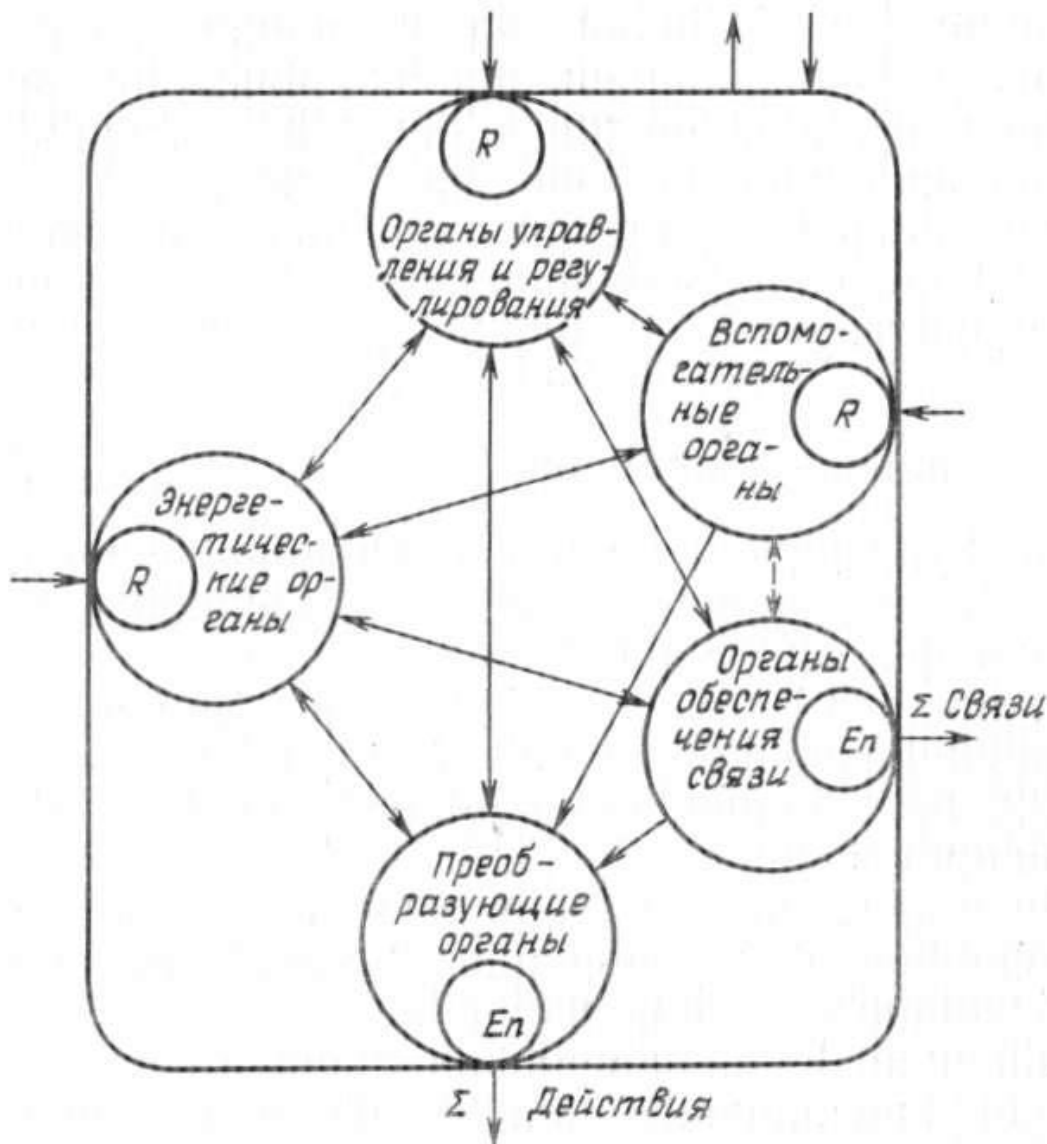


Рисунок 5.6. Органоструктура преобразований.

Конструктивный элемент

Конструктивная схема системы строится из конструктивных элементов. Конструктивный элемент может иметь любую степень сложности в зависимости от уровня сложности системы, степени абстрактности ее представления и происхождения 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 рисунку 5.1; так, спецификация коробки передач предусматривает четыре уровня структуры объекта.

Описание стандартизованных конструктивных элементов регламентируется. Например, стандартное обозначение винта в ФРГ может выглядеть следующим образом: M10X40, DIN912. Изготавливаемые конструктивные элементы характеризуют их конструктивными свойствами — формой, материалом, размерами, допусками и качеством поверхности.

Отношения между конструктивными элементами

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

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

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

Классификация конструктивных элементов

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

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

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

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

4. *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.

Окружение технической системы

Как видно из рисунка 5.3, в непосредственном окружении рассматриваемой технической системы всегда имеются следующие системы, находящиеся во взаимозависимости или взаимодействии (см. рисунок 3.1):

- технический процесс с операндами, которые являются объектами воздействия технической системы;

- человек-оператор (группа людей), находящийся в непосредственной связи с технической системой и участвующий в техническом процессе или управляющий технической системой;

- технические системы, которые каким-либо образом влияют на преобразование операндов в техническом процессе;

- реальное окружение, т. е. та часть общего окружения, которая находится в непосредственной связи с рассматриваемой технической системой. К реальному окружению относится также геосфера, связи с которой должны существовать всегда. Законы природы также входят в реальное окружение, т. е. техническая система находится в сфере действия этих законов. Принадлежность отдельных компонентов к окружению технической системы, когда это не очевидно, следует определять на основе соответствующей системы преобразований и особенно технического процесса. Окружение технической системы также зависит от определения системы преобразований. Любая техническая система принадлежит к нескольким системам преобразований и в зависимости от этого может рассматриваться в различных окружениях. Более того, окружение изменяется в процессе развития технической системы (см. таблицу 5.1 и гл. 10). Собственно говоря, виды окружения и определяют работоспособность системы.

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. таблицу 5.2).

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.

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.

МОДУЛЬ 1

Лекция 7,8. *Классификация технических систем.*

22.Классификация технических систем по признакам.

23.Классификация технических систем по функциям.

24.Классификация технических систем по принципу действия.

25.Классификация технических систем по уровню сложности.

26.Классификация технических систем по средству изготовления.

27.Классификация технических систем по степени конструктивной сложности.

28.Классификация технических систем по типу производства.

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

Выводы

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. В табл. 7.1 приведены примеры технических систем, используемых в важнейших отраслях экономики, и показано все их многообразие.

Классификация технических систем по различным определяющим признакам вносит достаточно стройный порядок в их обширное множество и позволяет лучше ориентироваться. Как следствие этого появляется возможность изучения передового опыта, что позволяет подчас обнаружить между довольно далекими техническими системами интересные, доселе скрытые отношения. Перечислим для начала те аспекты, которые принимаются во внимание при проведении классификации (систематизации) технических систем, и приведем характерные примеры.

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;

Таблица 7.1. Примеры технических систем в различных отраслях экономики

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
Химическая промышленность	Очистка и переработка нефти Производство красителей Производство пластмасс	Резервуар Реактор Колонна
Фармацевтическая промышленность	Производство медикаментов	Пресс, каландр
Металлообрабатывающая промышленность	Обработка давлением Обработка резанием Термообработка Литье Сборка	Пресс, молот Станок Печь Формовочная машина Конвейер
Строительная промышленность	Строительство оснований и фундаментов Строительство надземных сооружений Земляные работы Гидротехническое строительство Производство стройматериалов	Экскаватор Подъемный кран Скрепер Бетономешалка Формовочный пресс
Транспорт	Железнодорожное сообщение Судоходство Воздушное сообщение	Локомотив, вагон Пароход Самолет
Текстильная промышленность	Производство текстиля Изготовление готового ¹ платья	Прядильная машина, ткацкий станок Швейная машина
Пищевая промышленность	Производство муки Производство пищевых жиров Переработка молока	Мукомольная мельница Пресс Центрифуга
Медицина	Диагностика Терапия	Рентгеновский аппарат Протез
Типографское и конторское дело	Печатание Конторские нужды	Печатная машина Пишущая машинка, счетная машина
Сельское и лесное хозяйство	Обработка земли Уборка урожая Заготовка древесины	Трактор с плугом Комбайн Электропила
Распределение, торговля	Самообслуживание Упаковка	Контрольная касса Упаковочная машина

- 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»;
- по месту в техническом процессе, по эксплуатационным свойствам, внешнему виду, технико-экономическим характеристикам и т. п.

Ясно, что одна и та же техническая система может принадлежать одновременно к нескольким классам.

Ниже более подробно будут рассмотрены те принципы классификации технических систем, которые, с точки зрения проектировщика и конструктора, являются особо важными.

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 также 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 также можно рассматривать как технические системы. Их классификацию целесообразно проводить по функции, так как конструктор, производственник 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 основной при заимствовании существующих технических систем, унификации, типизации и стандартизации элементов и групп. Классификация по этим принципам позволяет экономить рабочее время конструктора.

Провести полную конструктивно-функциональную классификацию элементов и узлов, используемых в различных отраслях техники, чрезвычайно трудно в силу их многообразия. Тем не менее важно вести такого рода работу, опираясь по возможности на общие принципы. На любом предприятии используется множество элементов и узлов, выполняющих в различных отраслях техники одну определенную функцию, таких, как крепежные детали, редукторы, соединительные муфты, измерительные, регулирующие и сигнальные приборы, гидравлические и пневматические приборы и их части, специализированные электротехнические устройства и т. п. Если попытаться составить из всех этих разнообразных конструктивных элементов одну общую номенклатуру, она получилась бы необозримой.

При разработке классификации элементов, узлов и систем следует помнить о том, что условные обозначения не должны быть слишком сложными, в противном случае их будет трудно запоминать и расшифровывать. Рекомендуется использовать трех-, максимум четырехзначную маркировку. Классификация по конструктивно-функциональному принципу значительно упрощается, если обозначения технических систем и их элементов в чертежах давать в соответствии с их рабочей функцией (а не внешним видом); так, например, кольцевидные прокладки целесообразно называть «прокладка», а не «кольцо».

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 топливах; 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 методической работы конструктора.

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 разделять на подсистемы.

Табл. 7.2 дает общее представление о классификации технических систем по уровню сложности, а на рис. 7.1 показан пример связей в технической системе, определяемых уровнями сложности составляющих ее частей. 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).

Таблица 7.2. 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 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 только принципиальные решения).

На основании сборочного чертежа отдельные уровни сложности можно рассматривать так же, как совокупности 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.

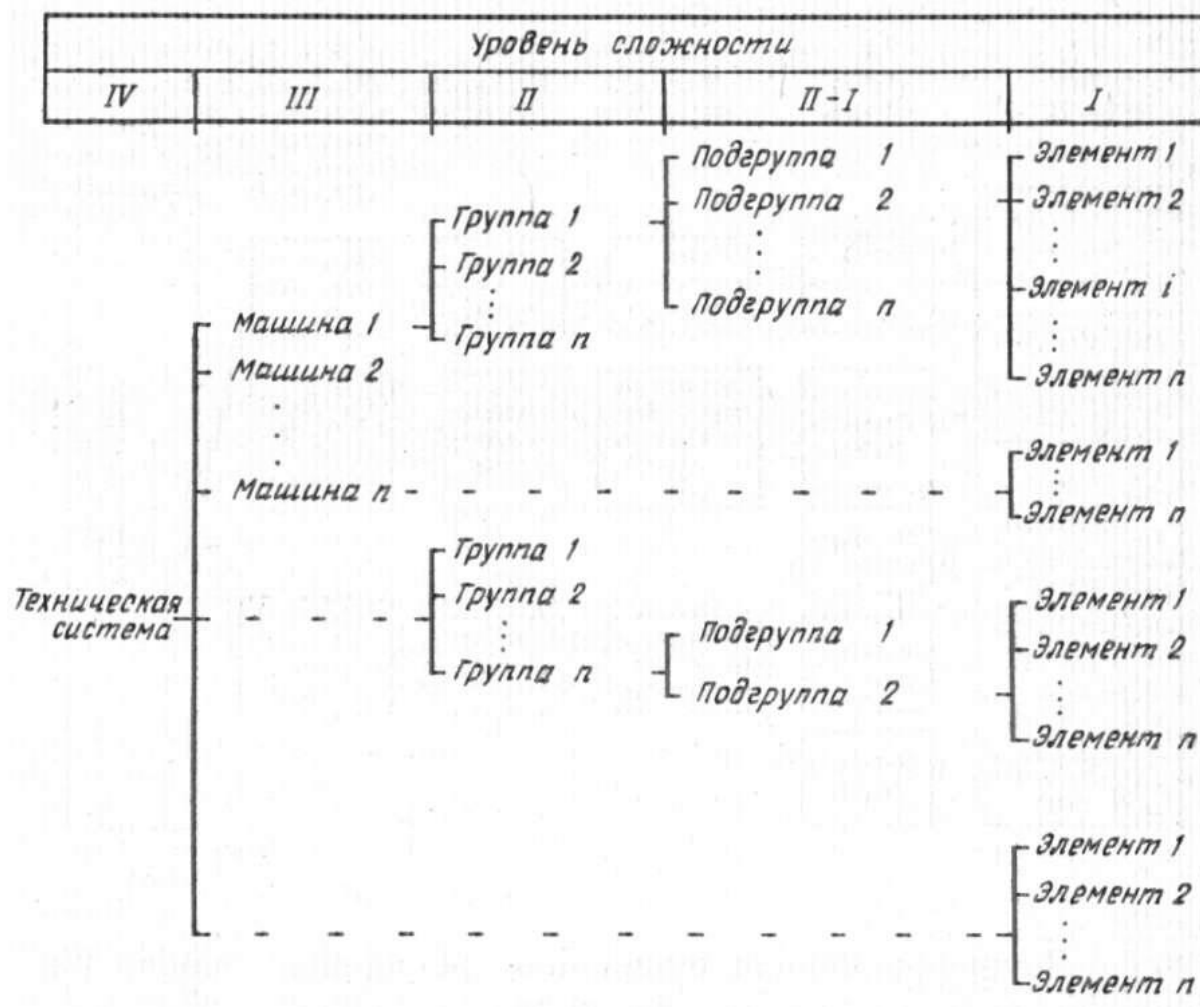


Рисунок 7.1. Связи уровней сложности технической системы.

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, фрезерные, 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 рабочих 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. 7.2 показан пример возможной классификации деталей машин по способу изготовления.

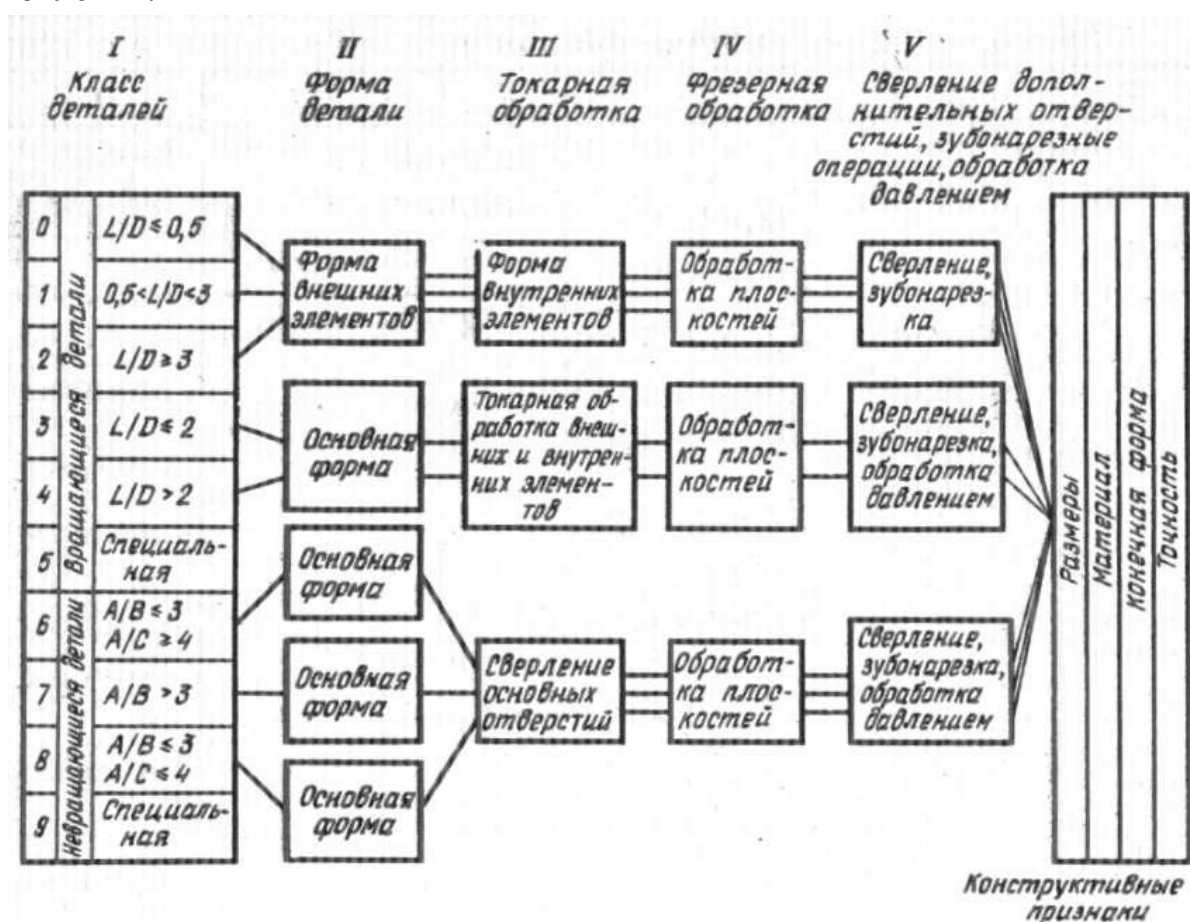


Рисунок 7.2. Пример классификации деталей машин по способу изготовления

Классификация технических систем по степени конструктивной сложности

Технические системы можно также классифицировать с точки зрения конструктивной сложности. В качестве примера в табл. 7.3 технические системы третьего уровня сложности (см. табл. 7.2) разделены на 6 категорий по степени их 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.

Таблица 7.3. Примеры классификации технических систем III уровня сложности по степени конструктивной сложности

Степень конструктивной сложности	Примеры
1	Небольшие резервуары, простые несущие конструкции, лотки, распределители, консоли
2	Более сложные и крупные резервуары, вентили, простые муфты
3	Пресс-масленка, прицепной вагон, ванны с подогревом, дистилляционные аппараты, регуляторы
4	Специальные вентиляционные установки, печи для отжига, лопастные насосы, шахтные подъемники
5	Газогенераторы, башенные краны, высоковольтные трансформаторы, поршневые насосы
6	Металлообрабатывающие автоматы, планетарные коробки передач, мощные генераторы электрического тока

Детали машин также можно классифицировать в зависимости от степени сложности их конструкции. Соответствующий пример классификации по этому принципу дан в табл. 7.4.

Таблица 7.4. 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, небольшой вал, болт, крепежная скоба
2	Простые детали с большим количеством контрольных размеров	Рычаг, шкив, простое штампованное 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
6	Очень сложные и большие детали	поковки средних размеров Каркасы, кожухи машин, сварные или литые станины
7	Особо сложные детали больших размеров и необычной формы с точным выдерживанием большого количества контрольных размеров	Лопастные турбины, большие поковки, прецизионные отливки сложной формы

Критериями оценки степени конструктивной сложности служат: степень оригинальности конструкции, сложность выполняемых функций, форм, структуры в целом; сложность расчетов; размеры, необходимые точность их выполнения и качество обработки; особые требования, предъявляемые к таким характеристикам, как масса, технологичность конструкции, затраты, требования к внешнему виду и т. п.

Классификация технических систем по типу 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 деталями и изделиями 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.

Прослеживается четкая тенденция ко все большему использованию унифицированных, серийно выпускаемых технических систем, особенно для выполнения различных функций низких уровней, например элементов соединения, измерения, регулирования, привода, распределения. С другой стороны, возрастает количество технических систем специального назначения. Современное производство не может обойтись без целого ряда вспомогательных средств, специализированных машин, автоматов и поточных линий, специального оборудования, т. е. без всего того, что обеспечивает выпуск дешевой унифицированной продукции в массовом количестве. Обе категории изделий предъявляют высокие требования к объему и качеству конструкторской работы.

Классификация технических систем по их месту в техническом процессе

При рассмотрении системы преобразований и ее элементов уже упоминалось, что не все технические системы могут непосредственно использоваться 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.

Выводы

Материалы 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.