

РОЖДЕНИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ИДЕЙ

Г. БУШ

4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВУ

В основе всех эффективных подходов поиска решения изобретательских задач в настоящее время лежит философский диалектический метод. Изобретатели применяли диалектику задолго до того, как были сформулированы ее законы. Они эмпирически наталкивались на те или иные диалектические приемы и решения, не подозревая при этом, что пользуются диалектикой в качестве методологии теории изобретательства. Однако сознательное применение марксистско-диалектического метода в продуктивном мышлении изобретателя дает неопределимое преимущество. Стихийная мысль без сознательного применения научного метода нередко сбивается с правильного пути, что приводит к ошибкам.

В понятиях диалектического материализма мир представляет собой совокупность движущихся, изменяющихся, развивающихся систем. «Вся доступная нам природа, — писал Ф. Энгельс в «Диалектике природы» — образует некую систему, некую совокупную связь тел, причем мы понимаем здесь под словом тело все материальные реальности, начиная от звезды и кончая атомом и даже частицей эфира, поскольку признается реальность последнего. В том обстоятельстве, что эти тела находятся во взаимной связи, уже заключено то, что они воздействуют друг на друга, и это их взаимное воздействие друг на друга и есть именно движение» [3].

Так как мир представляет собой иерархически организованную совокупность систем различной сложности, то естественно, что для изобретательской деятельности, как процесса революционного преобразования мира предметом изучения и преобразования может являться именно конкретная система, выделенная из этой совокупности. Поэтому важнейшим современным подходом к изобретательской деятельности является системный подход.

Понятие системы — целостного образования, состоящего из закономерно связанных между собой элементов, — обладает качественными характеристиками, не сводящимися к сумме качественных характеристик составных элементов. Системы могут быть описаны с помощью математических или графических моделей на разных уровнях абстрактного описания: символическом (лингвистическом), теоретико-множественном, абстрактно-алгебраическом, топологическом, логико-математическом, информационном, динамическом, эвристическом. Разные уровни абстрактного описания систем имеют свойственные им ограничения, специфические возможности. Главными направлениями, изучения проблем системного подхода в настоящее время являются:

- формирование языка и системы понятий для выражения основных идей и методов системного подхода;
- разработка оптимальных моделей для теоретического и экспериментального изучения свойств реальных систем;
- декомпозиция исходной системы на относительно обособленные части, для которых задачи системного анализа становятся обозримыми;
- сведение нескольких показателей в один, нескольких обособленных систем — в одну общую;

— разработка стратегии выбора способа оценки состояния системы и среды, создание программ оптимального воздействия для достижения намеченных целей.

Система определяется заданием системных объектов и связей между ними. Системные объекты — это вход, процесс, выход, обратная связь и ограничение.

Вход — это то, что предшествует процессу. Входами могут быть материальные объекты, энергия, информация. Во время протекания процесса входы изменяются. Конечный результат процесса называют выходом.

Под *процессом* понимаются виды деятельности, преобразующие входы и выходы, а под процессором — элемент системы, в котором происходит этот процесс.

Вход, выход и процесс системы являются ее главными элементами, позволяющими описывать систему.

Систему, в зависимости от цели анализа, можно рассматривать в обоих направлениях — как от входа к выходу, так и от выхода ко входу.

Связь определяет последовательность процессов — выход данного процесса является входом другого определенного процесса. Общая теория систем утверждает, что любой объект может быть описан в терминах системных объектов, свойств и связей между ними.

Системы, по терминологии А. Ньюэлла и Г. Саймона, разделяются на хорошо организованные и плохо организованные, диффузные [74]. Со времен И. Ньютона до начала XX в. наука занималась исключительно хорошо организованными системами, решением задач с хорошей структурой, в которых можно было выделить явления или процессы одной физической природы, зависящие от небольшого количества переменных. Лишь в начале XX в. были предприняты первые шаги к изучению плохо организованных, диффузных систем, систем большого масштаба, систем со многими переменными, значение которых большей частью неизвестно. Любая изобретательская задача является задачей с плохо организованной структурой. Для решения таких задач зачастую строятся упрощенные модели систем. Однако хорошие результаты работы с такими моделями и положительное подтверждение применения моделей не являются достаточным подтверждением их пригодности во всех случаях.

В современной литературе по вопросам системного подхода даются разветвленные классификации типов стабильных, функциональных и динамических систем. Стабильные системы (мост, цистерна) могут быть разбиты на подсистемы, связанные друг с другом особыми отношениями, совокупность которых образует техническую структуру системы. Функциональные системы (часы, двигатель внутреннего сгорания) работают в режиме повторяющихся циклов, и этим определяется взаимодействие между их компонентами. Взаимодействие и взаимное расположение подсистем и элементов циклически или непрерывно меняются, но их состав и число остаются неизменными. В динамических системах (ракета, тростник) изменяются не только содержание отношений и типы взаимодействия между подсистемами и элементами, но и они сами качественно и количественно преобразуются: одни элементы исчезают, другие — возникают и развиваются.

Известны классификации систем и по другим критериям. Например, системы по происхождению можно разделить на естественные и искусственные. Искусственные системы содержат элементы, сделанные людьми. Во всякой искусственной системе существуют три различных подпроцесса: основной процесс преобразует

вход и выход; обратная связь обеспечивает соответствие между фактическим и желаемым выходом путем изменения входа, процесс ограничения обеспечивает соответствие между выходом системы и требованиями к нему как входу в последующую систему, являющуюся потребителем этого входа.

Если имеется различие между желаемым и существующим выходом, возникает проблемная ситуация. Существующий выход обеспечивается существующей системой, а желаемый выход — желаемой системой. Если система техническая, то разница между желаемой и существующей системой есть техническая проблема, формулировка которой порождает техническую задачу, Условие задачи представляет известное, а требование задачи — желаемую систему. Решение задачи есть конструирование желаемой системы, преобразование существующей системы в желаемую. Применяя системный подход к решению изобретательских задач, необходимо учесть следующее:

- постановка изобретательской задачи, как правило, осуществляется с учетом преимущественно главных элементов системы — входа, выхода и процесса (процессора);
- первоначальное генерирование идей осуществляется лишь с учетом достижения цели, остальные ограничения накладываются после генерирования идей;
- критериями оценки вариантов решения являются цель, достаточные внутренние и внешние ограничения системы;
- каждая управляемая техническая система должна иметь обратную связь и содержать фильтр, обеспечивающий условия достаточности действия системы;
- каждая техническая система должна иметь измеритель деятельности системы;
- для каждой системы существует среда, оказывающая влияние на эффективность деятельности системы и накладывающая дополнительные внешние ограничения;

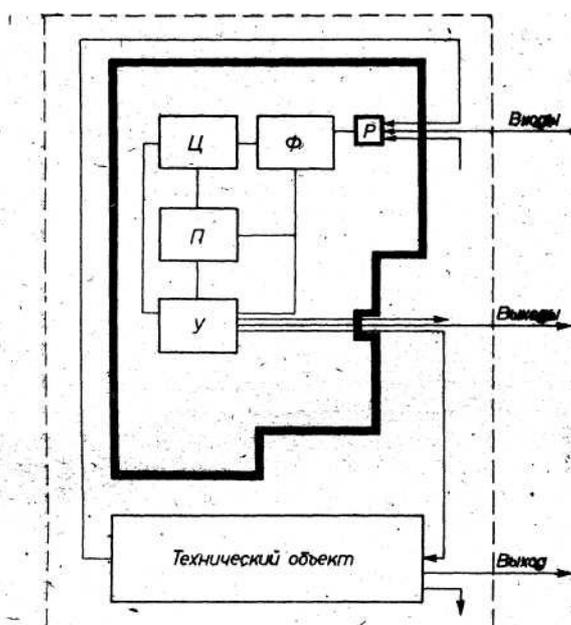


Рис. 6. Модель системы «человек — технический объект — среда»:
 р - рецепторы, Ф — фильтр, Ц — цель, П — память, У — алгоритм управления

- каждая изобретательская задача должна рассматриваться как система в ее связях с другими задачами;
- при постановке и решении изобретательских задач важно определить причинные факторы, от которых зависит решение задачи, и новые проблемы, порождаемые решением задачи;
- в процессе решения целесообразно сопоставить промежуточные и окончательные результаты с выходными данными по цепи обратной связи, что позволяет процесс решения превратить в итеративный процесс постепенного улучшения решения;
- внедрение решения задачи

должно рассматриваться как составная часть процесса технического творчества, продолжение решения задачи, сопоставление результатов внедрения с решением, что позволяет упростить и улучшить само решение;

- изобретательские задачи следует рассматривать в системе «человек — технический объект — среда». Именно эти компоненты являются главными как в процессе возникновения технической задачи, в процессе ее решения, так и в процессе реализации и эксплуатации: технического объекта. Система «человек — технический объект — среда» является предельно сложной. Ее рассмотрение возможно путем использования упрощенной модели (рис. 6). В принятых системных представлениях абстрагируясь от второстепенных для наших целей факторов, подсистему «человек», понимаемую как динамическую анатомическую структуру, поведение которой целенаправлено и адаптивно, можно представить как содержащую следующие подсистемы: рецепторы для восприятия раздражений из внешней и внутренней среды; фильтр-анализатор, отсеивающий и трансформирующий раздражения; цель — отражение возможностей деятельности личности; память — знания и опыт, алгоритм управления — процедура управления творческой деятельностью; методы поиска. Технический объект представляет собой функциональную структуру, упорядоченное множество конструктивных элементов, взаимодействующее с человеком и средой. Среда — это комплекс природных и технических объектов, окружение человека и технического объекта. Часть среды упорядочена, необходима для функционирования системы «человек — технический объект — среда», размещена в соответствии с требованиями системы, другая часть — не упорядочена, тормозит функционирование системы. Все компоненты системы имеют известные и скрытые, явно не выявленные свойства.

Для оптимизации рассматриваемой системы с целью обеспечения технического прогресса можно использовать следующие основные подходы:

а) усовершенствование работы рецепторов, которое обеспечивается, с одной стороны, увеличением количества информации, воспринимаемой рецепторами (освоение опыта и знаний человечества, патентная литература), с другой — расширением диапазона действия рецепторов, путем применения технических средств (измерительные средства, исследовательское оборудование);

б) усовершенствование работы фильтра, имеющее особое значение в техническом творчестве. У каждого человека есть свой фильтр, свой субъективный способ отражения действительности, зависящий от его миропонимания, отношения к воспринимаемому, интересов, стремлений, желаний, потребностей, предубеждений, образующих гносеологические, психологические, информационные и другие барьеры восприятия, вследствие чего снижается творческий потенциал личности. В методике технического творчества в настоящее время известна серия приемов, советов и рекомендаций по устранению барьеров творчества и вредного влияния фильтра-анализатора;

в) усовершенствование целей изобретателя, еще не достаточно используемое в изобретательской практике, так как неопытные изобретатели часто понимают цель как данную, неизменную, не допускающую изменения. Перспективные пути активизации и оптимизации изобретательской деятельности лежат не только и не столько в решении уже кем-то подготовленных, записанных в темниках задач, в достижении жестко определенных целей, сколько в их самостоятельном

формировании, трансформировании, перестройке и видоизменении на всех этапах творческого процесса. Для оптимизации целеполагания в методике изобретательства применяются разные приемы, начиная от дробления задачи на подзадачи, выдвижения подцелей, поэтапного формирования целей до полного диалектического их отрицания;

г) усовершенствование памяти, повышение ее продуктивности и избирательности путем воспитания устойчивых интересов и повышения направленности личности, увеличения уровня общей культуры, усиления волевых качеств и направленной эмоциональной реакции, а также посредством развития пластичности мозга, активной тренировки в области генерирования ассоциаций, запоминания, узнавания и воспроизведения восприятий, понятий, идей;

д) усовершенствование управления процессом поиска идей путем целеустремленного отбора и применения оптимальных процедур, программ и приемов генерирования, оценки и конкретизации изобретательских идей, осуществляемого в настоящее время разнообразными приемами, многие из которых в изобретательской практике оказались весьма эффективными. Наиболее эффективные приемы рассматриваются в настоящей работе или были опубликованы автором этих строк ранее [16—21].

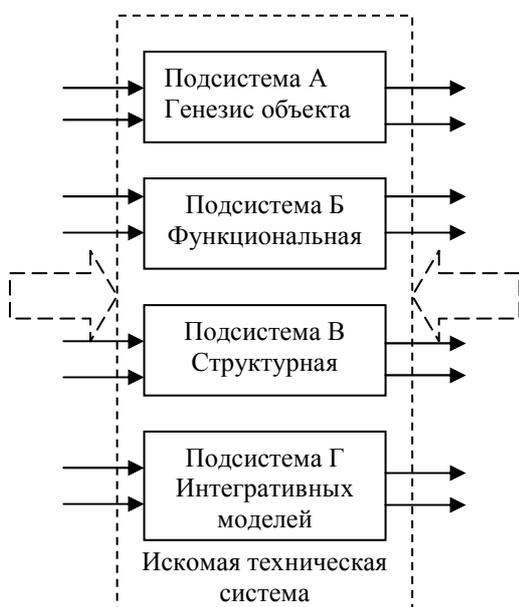


Рис. 7. Системное представление искомого технического объекта.

Методология системного подхода, особенно в области технического творчества, еще недостаточно разработана. В. С. Тюхтин системный подход сводит к «системно-структурному» [46], П. К. Анохин — к «структурно-функциональному» [8], М. И. Сетров — к «функционально-организационному» [40]. Более осмысленно к этому вопросу подходит В. Г. Афанасьев, который утверждает, что системный подход сам является системой, состоящей из подсистем ряда аспектов: «системно-компонентного», «системно-структурного», «системно-функционального», «системно-исторического», «системно-коммуникационного» [9]. М. С. Каган придерживается мнения, что адекватное представление о сложной системе требует сопряжения трех плоскостей ее исследования — предметной, функциональной и исторической [26], которые являются необходимыми и достаточными компонентами системного подхода как целого. С такой моделью представления систем на уровне философской методологии можно согласиться. Однако системный подход существует на разных методологических уровнях: философской методологии (идеи системности, целостности, структурности, универсальности и многообразия форм связи органически присущи методу диалектического материализма), общенаучных методов и форм исследования, конкретно-научной методологии, системной методике и системотехнике. На уровне системной методике в области поисков решения изобретательских задач практически наиболее часто применяется следующее системное представление: система «технический объект» состоит из подсистемы генезиса объекта в историческом плане, начиная от зари изобретательства, функциональной и структурной подсистем. Эти подсистемы путем синтеза образуют подсистему интегративных моделей, анализ и оценка которых приводит к нахождению искомого оптимального объекта (рис. 7). Каждый из типов системных представлений накопил несколько

предметной, функциональной и исторической [26], которые являются необходимыми и достаточными компонентами системного подхода как целого. С такой моделью представления систем на уровне философской методологии можно согласиться. Однако системный подход существует на разных методологических уровнях: философской методологии (идеи системности, целостности, структурности, универсальности и многообразия форм связи органически присущи методу диалектического материализма), общенаучных методов и форм исследования, конкретно-научной методологии, системной методике и системотехнике. На уровне системной методике в области поисков решения изобретательских задач практически наиболее часто применяется следующее системное представление: система «технический объект» состоит из подсистемы генезиса объекта в историческом плане, начиная от зари изобретательства, функциональной и структурной подсистем. Эти подсистемы путем синтеза образуют подсистему интегративных моделей, анализ и оценка которых приводит к нахождению искомого оптимального объекта (рис. 7). Каждый из типов системных представлений накопил несколько

приемов, пригодных для применения на том или другом этапе процесса создания изобретения. Некоторые приемы обладают в большей или меньшей степени универсальными свойствами. Их можно применять при разных концепциях использования. Остановимся на кратком рассмотрении практики применения некоторых простых приемов.

4.1. Системы «черных ящиков»

В кибернетике широко применяется метод «черного ящика». Под «черным ящиком» понимается система, в которой внешнему наблюдению доступны входные и выходные величины, а внутреннее устройство системы неизвестно. Существо метода заключается в том, что при решении задачи абстрагируются от поисков прямого определения недоступной наблюдению и изучению внутренней структуры «черного ящика», а выводы о поведении системы пытаются получить косвенным путем — наблюдая изменения выходных величин вследствие изменения входных.

Метод «черного ящика» успешно применяется для решения ряда изобретательских задач. Практическое применение метода осуществляется следующим образом. Определяют вход — исходные данные, и выход — желаемый конечный результат, достигаемый решением задачи.

Затем проводят анализ выходов. Практическое применение метода рассмотрим на примере.

Задача. Разработать способ и конструкцию системы предупредительной сигнализации о возникновении пожара в здании.

Исходные данные для постановки задачи: вход — огонь, выход — предупредительный сигнал о возникновении пожара. Ограничения — получение сигнала на расстоянии 5 км от здания в течение нескольких секунд после возникновения пожара. Система должна действовать непрерывно, ежедневно 24 ч, обладать высокой надежностью, отличаться простотой обслуживания и быть пригодной для внедрения в уже построенных зданиях.

После получения исходных данных строится «черный ящик» изобретательской задачи. Отмечаются известные входы и выходы, желательные выходы. Предполагается, что всегда существуют и другие неизвестные, без тщательного анализа не очевидные выходы (рис. 8).

Далее проводится тщательный анализ возможностей, каким путем вход (огонь) и его энергетические преобразования могли бы наилучшим: способом привести к желаемому выходу (предупредительному сигналу). Во время анализа целесообразно поставить серию вопросов, на которые даются ответы. Такими вопросами в этом примере могут быть:

а) какие известные выходы порождают вход?

Возникновение огня в данном случае влечет за собой появление тепла, света, дыма, углекислого газа;

б) может ли какой-нибудь из перечисленных выходов непосредственно служить в качестве желательного светового или звукового предупредительного сигнала?

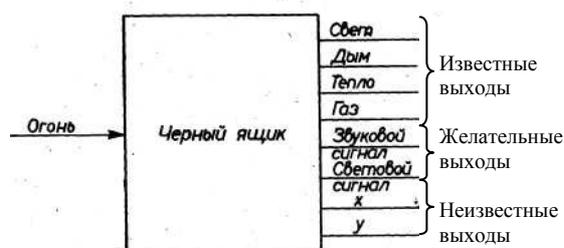


Рис. 8. «Черный ящик» — модель задачи конструирования предупредительной сигнализации о возникновении пожара

предупредительного сигнала?

Характерные признаки огня — свет, дым, тепло могут непосредственно служить предупредительным сигналом, однако только после того, как огонь разгорится. В первые секунды после возникновения огня его признаки будут недостаточно заметными и, следовательно, непригодными в качестве непосредственного сигнала;

в) какие еще не отмеченные выходы порождают вход, какие, например, физические и химические явления связаны с появлением данных выходов — возникновением тепла, света, дыма, углекислого газа?

Составляется перечень физических и химических изменений, вызываемых теплом: расширение металлов, жидкостей и газов, плавление металлов, изменение разных химикатов и т. д. Учитывается также появление света, дыма и углекислого газа с протеканием химических реакций и физических изменений, которые вносятся в список;

г) какие из перечисленных изменений могут быть использованы для достижения желаемых выходов?

Анализом выявляется, что, например, сплавы с температурой плавления ниже точки кипения воды могут быть успешно применены для создания предупредительного сигнала о возникновении огня. Такие же предупредительные устройства могут быть также созданы на принципе использования расширения металлов и жидкостей, например, применением биметаллических пластин. Желаемой цели можно достигнуть путем использования чувствительных к свету веществ и материалов. На появление дыма реагируют многие химические составы.

После определения вариантов, обеспечивающих получение желаемого выхода,

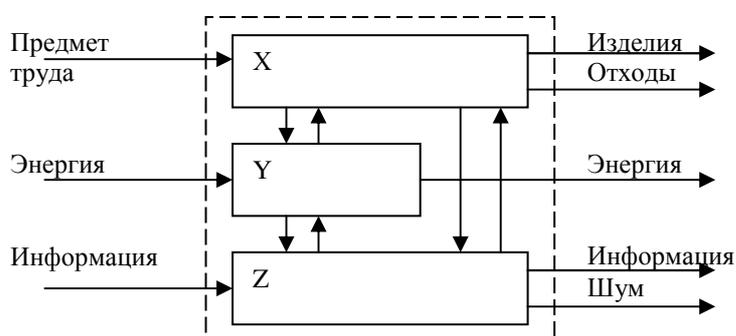


Рис 9. Система «черных ящиков», преобразующая предмет' труда, энергию и информацию.

их оценивают с точки зрения технической и экономической целесообразности, учитывая строгое соблюдение необходимых ограничений. Из рациональных вариантов выбирают один оптимальный. В некоторых случаях задачу решают путем одновременного применения нескольких вариантов. Так,

например, в рассматриваемом случае, предупредительная система должна обладать высокой надежностью, которой можно достичь резервированием нескольких элементов.

Наш пример, разумеется, не охватывает все возможные операции с входами и выходами в других случаях. Иногда представляется возможность изменять количество и признаки входов.

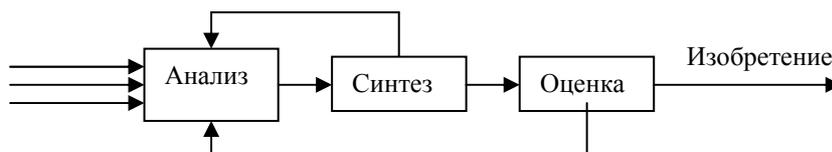


Рис. 10. Компоненты системного подхода в диалектике изобретательства. Объекты анализа и синтеза: общественные потребности и технические возможности, цели и средства, явления и сущность, научные факты, гипотезы и, предсказания.. Основные виды анализа: генетический и каузальный, ретроспективный и прогностический, количественный и качественный, функциональный и корреляционный, компонентный и структурный, факторный и дисперсионный, формальный и семантический, синхронный и диахронный.

В практике решения изобретательских задач далеко не всегда удается найти идею решения путем операций над входами и выходами определенного «черного ящика». Для увеличения количества информации целесообразно применять систему взаимосвязанных «черных ящиков». Входами и выходами «черных ящиков» (машины, процесса, вещества) могут быть предметы труда (сырье, материалы, полуфабрикаты), разного вида энергия и информация. Целесообразно провести анализ не только входов и выходов, но и взаимоотношений и взаимного влияния предмета труда, информации и энергии (рис. 9), а также взаимозависимостей конструкции, процесса и вещества.

Следует отметить, что системный анализ и синтез отнюдь не исчерпываются рассматриваемыми нами примерами простых его форм. Некоторое представление о более глубоком подходе дает схема, показанная на рис. 10, где даны наиболее часто применяемые при системном подходе виды аналитико-синтетических операций.

4.2. Системы функциональных блоков

В техническом развитии функции технических объектов можно считать первичными, определяющими структуру, конструкцию, форму и материал.

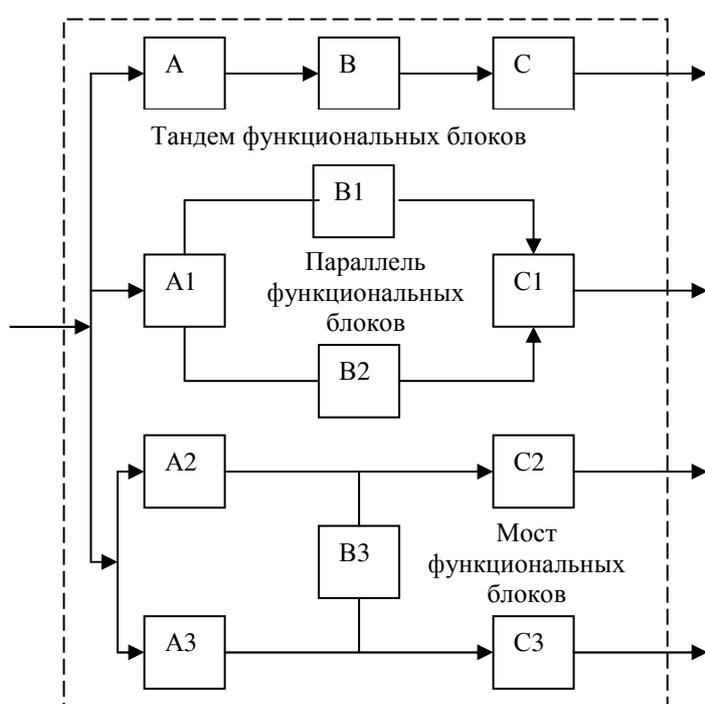


Рис.11. Стыковка функциональных блоков: тандем, параллель и мост.

По этой причине системно-функциональный анализ и синтез технических объектов, членение и объединение объектов в функциональные блоки и элементы имеет важнейшее значение. Технический объект часто целесообразно рассматривать как совокупность функциональных блоков, каждый из которых имеет свое назначение. Функции, как правило, должны выполняться в определенной последовательности. В автомобиле, например, двигатель выполняет функцию генерирования механической энергии, трансмиссии — силовой передачи вращающего момента от вала двигателя к ведущим колесам, ходовая часть — движителя и крепления кузова. Свое

четкое функциональное назначение имеют также рулевое управление, тормоза и другие функциональные блоки автомобиля. Двигатель, в свою очередь, содержит кривошипный механизм, газораспределительный механизм, систему охлаждения, систему смазки, систему питания, систему зажигания. Некоторые функции, например, сжатие, воспламенение, расширение газов, выполняются в определенной последовательности, другие, например, работа поршней в многоцилиндровом двигателе, выполняются параллельно. По этой причине при системном представлении функциональных блоков образуются тандемы функциональных блоков, параллели и мосты функциональных блоков (рис. 11). Эти образования, как и отдельные блоки, являются эквивалентными, если они предназначены для выполнения одинаковых функций (в определенных допускаемых пределах),

имеют одинаковые входы и выходы. Эквивалентные блоки можно взаимно заменять.

Построение диаграммы функциональных блоков весьма целесообразно в начале решения изобретательской задачи. На основе анализа функций зачастую можно найти новые оригинальные идеи. Кроме того, диаграммы функциональных блоков довольно часто поддаются упрощению и синтезу. Разумеется, желаемый выход при этом должен обеспечиваться.

Схемы функциональных блоков создаются в следующем порядке:

- определяют процедуры составления функциональных схем;
- выявляют, анализируют и классифицируют функции технической системы с их распределением путем оценки на необходимые, желательные, вредные и индифферентные с точки зрения достигаемых системой целей;
- определяют функциональные блоки;
- определяют входы и выходы блоков и источников для каждого входа;
- стыкуют блоки и этапы и взаимоувязывают их;
- упрощают и унифицируют элементарные схемы;
- контролируют взаимную согласованность элементов схем;
- укрупняют элементарные схемы путем их объединения в функциональные блоки, составляют общие схемы;
- анализируют стыковку встроенных схем, упорядочивают адреса на общей схеме;
- осмысливают схемы путем построения конструктивной, кинематической и других схем и совершенствуют решение.

Системный подход дает возможность рассматривать технику не в категориях отдельных изделий, а целостных систем, позволяющих решать как технические, так и социальные, экономические, финансовые, эстетические и другие проблемы.

Посредством системных исследований, получивших в последнее время бурное развитие, создана серия интеллектуальных программ, причем некоторые из них обладают большой универсальностью. В области методики технического творчества такие программы известны под названием систематических эвристик. Необходимость создания систематических эвристик доказывается концепцией о невозможности в наше время ускорять темпы решения творческих задач в области техники попытками разработки только частных методологических вопросов, поскольку разрозненность и частичность накопления методологических знаний в значительной мере затрудняют их применение.

Некоторые систематические эвристики получили практическое применение в поиске решения изобретательских задач. Наиболее совершенные из них созданы специалистами СССР [21, 35, 38, 44] и ГДР [12, 76]. Ведутся серьезные и перспективные исследования по усовершенствованию и практическому освоению этих эвристик. Большинство систематических эвристик используется также в режиме «человек — ЭВМ». Одной из разновидностей систематических эвристик является стратегия семикратного поиска, рассматриваемая в главе 6.