

К построению методологии анализа и синтеза патентоспособных объектов техники

И.Р. Шегельман

Петрозаводский государственный университет

Поиск эффективных методом анализа и синтеза объектов технологии и техники ведется в различных странах. Из отработанных методов, приведенные в работах Г. С. Альтшуллера, Е. П. Балашова, П. М. Мазуркина, Н. К. Моисеевой, В. М. Одрина, А. И. Половинкина и др., в России наиболее известны функционально-стоимостной анализ, теория (алгоритм) решения изобретательских задач, морфологический анализ, автоматизация поискового конструирования, эволюционный синтез систем, моделирование (математическое, физическое, логическое и др.), «мозговой штурм».

Наш опыт показал, что существенно усилить результативность анализа и синтеза объектов техники способно сочетание функционально-структурного и технологического анализа. Такой подход основан на том, что огромное влияние технологии как науки и ее важная роль для производства и других сфер деятельности были оценены достаточно давно: «Технология вскрывает активное отношение человека к природе, непосредственный процесс производства его жизни, а вместе с тем и его общественных условий жизни и проистекающих из них духовных представлений» (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 23, с. 383). Академик А. М. Уголев, концентрируя внимание на сходстве технологических процессов в производственных и биологических системах, отмечал что: «Эти процессы в обоих случаях состоят из операций, следующих одна за другой в определенных последовательных количественных соотношениях и контролируемых с помощью обратных связей, преимущественно за счет отрицательной связи между конечным продуктом и чувствительным к нему входным устройством. ... С точки зрения технологической необходимо описать процесс, охарактеризовать отдельные его операции, оценить значение различных устройств, систем и блоков в осуществлении каждой из операций и процесса в целом» [2]. Технологические отношения по своей сути это отношения между человеком, средствами труда и предметом труда в осуществляемом им производственном (или ином) процессе, которые появляются и организуются с учетом имеющихся ограничений (внешней среды, экологических, экономических и других требований).

Методология анализа и синтеза патентоспособных объектов техники, сочетающая достоинства как функционально-структурного, так и технологического анализа – функционально-технологический анализ (ФТА) [3], [4], [5], рассматривает создание нового технического решения как нахождение нового объекта (способа, машины, устройства), обладающего лучшими, по сравнению с известным объектом, характеристиками (более производительного, менее материалоемкого, лучше сохраняющего лесную среду и т. др.). Следовательно, в процессе разработки новых технических решений осуществляется прогнозирование направлений развития неизвестных технических систем, при котором, как известно необходимо соблюдать следующие методические принципы, используемые при прогнозировании:

- системности, требующий рассматривать объект прогнозирования как систему взаимосвязанных между собой характеристик объекта и среды;
- природной специфичности, предполагающий обязательный учет особенностей объекта прогнозирования;
- рациональности, требующий учета всех внешних и внутренних факторов как способствующих, так и ограничивающих возможности совершенствования объекта.

При прогнозе технические решения с учетом цикличности развития техники [7] делятся на три группы, обеспечивающие [3], [4], [5]:

- обеспечивающие создание новых поколений машин и оборудования и качественный скачок в развитии техники – базовые решения;
- создание новых моделей, основанных на базовом техническом решении, и способствующие элементарному скачку в развитии техники;
- совершенствование отдельных узлов, агрегатов и параметров технических систем и эволюции машин и оборудования.

Технические решения первой группы обладают высоким потенциалом и способствуют появлению новых поколений техники. Их потенциал в сфере эксплуатации реализуется с использованием решений второй и третьей групп. Новые решения должны соответствовать целям и критериям совершенствования и обеспечивать положительный эффект, а не быть новой комбинацией, не представляющей практического применения.

ФТА включает следующие взаимосвязанные этапы [3], [4], [5]:

- получение задания (осознание потребности) в совершенствовании (замене) объекта техники или технологии;
- определение (уточнение) основной цели работы;
- функционально-технологический анализ;
- декомпозиция цели (целей) путем определения направлений, методов и технических решений для изменения совершенствуемого (заменяемого) объекта техники или технологии;
- формирование и оценка вариантов технического решения;
- выбор критериев оценки технического решения;
- исследование технического решения на моделях (логических, математических, физических);
- выбор лучшего (лучших) варианта(ов), доработка и оформление вариантов технического решения;
- разработка рекомендаций по проверке, реализации лучшего (лучших) варианта(ов).

На первом этапе создания нового решения осуществляется постановка конкретной задачи или получение задания, в котором эта задача сформулирована.

Цель решения задачи уточняется и формализуется с учетом закономерностей развития технической системы, т. к. по справедливой оценке Р. Шеннона: «постановка задачи есть непрерывный процесс, пронизывающий ход всего исследования. Это исследование постоянно порождает новую информацию об ограничениях, задачах и возможных альтернативных вариантах. Такая информация должна периодически использоваться в целях обновления формулировки и постановки задач».

При анализе рассматривают и оценивают:

- процесс функционирования технической системы и имеющиеся ограничения к этому процессу;
- взаимосвязи элементов технической системы;
- альтернативные варианты выполнения операций (технологических приемов);
- влияющие (воспринимаемые) воздействия характеристики внешней среды, ее связи с технической системой;
- свойства предмета труда и характер их преобразования;
- требования к конечной продукции;
- резервы развития системы;
- целесообразность изменения процесса, исключения нежелательных факторов, введения, усиления функций; возможность изменения параметров процесса или внешней среды;
- направления поиска информации.

При построении «дерева целей» основная цель последовательно расчленяется на локальные цели, подцели, задачи и т. д. Это позволяет представить «дерево целей» в виде иерархической совокупности основной и локальных целей и задач, определяющих выбор

направлений, методов и средств технической системы. Каждая цель нижнего уровня иерархии направлена на достижение цели следующего, более высокого уровня иерархии.

В основу построения «дерева целей» положен следующий принцип: «дерево целей» должно обеспечивать разработку целевых установок и направленный переход от основной цели к совокупности конкретных решений и технических заданий, соответствующих вытекающим из основной цели критериям эффективности.

При декомпозиции целей используются функциональные, структурные и технологические модели, характеризующие рассматриваемый объект и процесс его функционирования. Наглядным является представление «деревьев» в виде матриц, включающих основные и альтернативные варианты на каждом уровне.

При построении «дерева целей» техническую систему исследуют (анализируют, изучают) в различных системах и системных качествах, расширяя область поиска технических решений. Включение при этом технической системы в новые связи, отношения изменяет направленность мышления, вызывая новые ассоциации и мысленное генерирование новых технических решений.

Как показал опыт [3] построение «дерева целей» позволяет уже на стадии построения находить отдельные пути совершенствования объектов техники, выявлять возможные ограничения к созданию рациональных решений и требований к этим решениям; получать дополнительную информацию, используемую для уточнения целей, поиска и выбора дополняющих друг друга и альтернативных вариантов заданий и решений.

На основе детального ФТА изучают факторы, характеризующие несовершенство технической системы, ее элементов или процесса их функционирования, нежелательные эффекты, потери времени, недостаточные параметры (качество работы, производительность, экономичность, ресурсосбережение, энергоемкость, мощность, экологичность и др.), т. е. «узкие места» и резервы развития анализируемых объектов техники и технологий. Как показал опыт, на стадии анализа и синтеза успешно используются современные методы математического моделирования.

Типичные причины наличия и возникновения резервов вызваны:

- упущениями, допущенными при проектировании технических систем (ошибками и неточностями в расчетах, неравнопрочностью элементов конструкции, недостаточной технологичностью изготовления, необоснованным резервированием прочности и надежности посредством излишнего упрочения конструкции, введения излишнего количества связей, элементов и т. п.);
- компромиссами, допущенными при создании технических систем и неполным использованием заложенного в них потенциала;
- несоответствием технической системы возросшим требованиям (экономическими, экологическими, лесоводственными, социальными и др.) к процессу или результатам работы;
- профессиональной ограниченностью разработчиков, психологической инерцией, не позволяющей учитывать перспективные направления смежных областей наук и инженерных знаний, неподготовленностью к восприятию новых идей (этот вид резервов вызван консервативностью, шаблонностью мышления и действий);
- недостаточной изученностью процессов работы, наличием неизвестных сторон процессов и явлений при функционировании технических систем, недостаточным использованием сведений об особенностях возникающих процессов и явлений, отсутствием в период создания базовых систем необходимых достижений науки и техники;
- неправильно сформулированной целью (целями, задачами) функционирования системы и ее составных элементов, устареванием идей, заложенных в базовых системах, несоответствием их современному уровню науки и техники;
- противоречиями, имеющимися или возникающими в технической системе;

- углублением познания, достижениями научно-технического прогресса, новыми идеями и техническими решениями.

На основе анализа базовых объектов техники определяют:

- отклонения процесса или результатов работы от требований к ним;
- причины невыполнения принципов природной специфичности;
- соответствие процесса и результатов функционирования целям и задачам;
- соответствие целей и задач сформулированным проблемам и современному уровню развития науки и техники;
- противоречия, имеющиеся или возникающие в системе;
- новые пути и направления развития системы, достижения смежных областей наук и инженерных знаний;
- пути полного использования заложенного в базовые системы потенциала;
- пути устранения недостатков, допущенных при разработке технической системы;
- нешаблонные возможности реализации новых идей.

В результате анализа углубляют знания, исследуют процессы и явления, возникающие при работе, оценивают возможности использования сведений о процессах функционирования систем. При этом определяют:

- причины (пути) устранения недостатков и повышения полноты использования потенциала технической системы;
- «узкие места» и резервы развития технических систем;
- функции, элементы, дающие отрицательный эффект;
- возможность переноса функций, элементов в пространстве и во времени;
- целесообразность введения новых функций (элементов);
- возможность их совмещения или разделения, дробления или укрупнения технической системы, перехода к новой системе и др.

В процессе создания технических решений положительно показали себя морфологические модели (матрицы), обобщающие альтернативные варианты свойств и характеристик. Важным условием решения изобретательских задач является умение строить обобщающие модели, исключив из них несущественные для решения проблемы свойства, характеристики, параметры. Наглядными представителями таких моделей являются модели типа «черный» ящик, схематичные изображения объектов и др.

На аналитико-синтетической стадии разрабатывают технологические и технические решения: разводя (перераспределяя, сводя) операции или технические системы, предмет труда во времени (пространстве); изменяя принцип выполнения операций; вводя (исключая) операции; изменяя характер взаимодействия и связи технической системы с внешней средой; изменяя входные (выходные) воздействия (вид продукции) и др. ФТА позволяет успешно осуществлять коллективное обсуждение, создавать благоприятные условия для использования коллективного творческого потенциала специалистов. При коллективном творчестве положительно показали себя метод творческой дискуссии, «мозговой штурм». Во многих отраслях коллективное творчество реализуется в рамках функционально-стоимостного анализа.

Сформировав описательный (графический) облик и определив глубину проработки технического решения, исключают вначале заведомо, затем более слабые варианты, основываясь на опыте и интуиции. Глубину проработки решения определяют экспертно и затем теоретически и (или) экспериментально исследуют его на моделях (графических, физических, математических), после чего разрабатывают рекомендации об освоении (внедрении).

Коллективная экспертная оценка, осуществляемая на основе обсуждения технических решений экспертами, творческими коллективами, научно-техническими, учеными советами и др., является важнейшим условием выбора рациональных решений. Целесообразность реализации решений определяется путем оценки его соответствия: социальной потребности, перспективности и потенциальным возможностям развития и

технической осуществимости, эффективности, экологичности, надежности, патентоспособности, затратам на реализацию и т. д.

Для оценки новых решений выбираются различные критерии. Критерии эффективности могут быть дополняющими друг друга или альтернативными, когда достижение одного показателя приводит к ухудшению другого (например, увеличение вылета манипулятора может привести к ухудшению устойчивости машины). В этом случае выбирают компромиссные решения или продолжают поиск путей устранения возникающих противоречий.

Выбирают лучшие варианты на основе оценки соответствия технического (технологического) решения целям и критериям эффективности: соответствия цели, соответствия социальным, технологическим, техническим потребностям, технической осуществимости, перспективности, экологической безопасности, экономической эффективности и др.

По результатам оценки принимаются решения: 1 – техническое решение эффективно: 1.1 – углубить проработку решения; 1.2. – доработать решение; 1.3 – рекомендовать его к дополнительной проверке, испытаниям, внедрению; 2 – техническое решение неэффективно: 2.1 – поиск продолжить; 2.2 – поиск прекратить.

В случае соответствия технического решения критериям оно может быть рекомендовано к проверке. Наличие альтернативных вариантов и критериев их оценки позволяет провести выбор лучшего варианта. Наиболее убедительными данными, свидетельствующими о целесообразности внедрения варианта, являются результаты исследований, доказательства на модели, технико-экономические расчеты.

При ФТА: подлежащая замене (совершенствованию) техническая система анализируется в процессе ее функционирования (потребления); процесс анализа объектов техники и технологий включает известный метод построения «дерева целей»; используется рациональная итеративная последовательность этапов анализа и синтеза систем; сочетание анализа и построение «дерева целей» активизирует потенциал умственной деятельности, изменяет направленность мышления, вызывая новые ассоциации и мысленное генерирование технологических и технических решений.

ФТА в качестве метода системного подхода выполняет эвристические функции, оставаясь не жестко связанной совокупностью познавательных действий и принципов, ориентирующих конкретные исследования. Это позволяет оценивать традиционные технологические процессы и системы машин для постановки и решения новых задач и активизирует творческое мышление, трактуемое А. В. Брушлинским, Б. М. Кедровым, С. Л. Рубинштейном, А. Ф. Эсауловым как «анализ через синтез». При этом анализ технической системы совершается через синтез, (соединение) ее с предметами (явлениями). При творческом мышлении элементы технической системы и внешней среды (предмета труда) вступают в новые связи, образуя элементы, отличающиеся от первоначальных. В результате этого в технической системе проявляются новые качества.

Принцип умственной деятельности человека, называемый «анализ через синтез», предопределен психологией, рассматривающей умственную деятельность «как все усложняющуюся грандиозную систему ассоциаций (связей), включающую в себя различные знания действительности, все время систематизируемые, динамически расширяемые и обобщаемые в соответствии с опытом отражения объективной реальности» [6].

Академик Б. М. Кедров отмечал необходимость «полного включения анализа в процесс синтеза, с тем, чтобы анализ не предшествовал синтезу, а способствовал ему, давая возможность все время держать перед глазами целое и каждый шаг аналитического характера проверять синтезом, а каждый шаг синтетического характера готовить анализом по ходу всего исследования» [1].

При ФТА совершенствуемая техническая система, процесс ее работы, внешняя среда, предмет труда исследуются глубже, в различных системах, а следовательно, и в

различных системных качествах. В результате этого полно используются важнейшие особенности «анализа через синтез», включение системы (внешней среды, предмета труда) в новые системы связей, отношений и переход от одной системы к другой, обеспечивают возникновение новых ассоциаций, изменяют направленность решений, в результате обеспечивается и прогнозирование новых технологических и технических решений. Результативность ФТА подтверждена созданием более 100 изобретений и патентов на полезные модели в области лесной промышленности, а также в других сферах деятельности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

Список литературы:

1. Кедров Б. М. О современной классификации наук: основные тенденции и ее эволюция / Б. М. Кедров // Диалектика в науках о природе и человеке: единство и многообразие мира, дифференциация и интеграция научного знания. – М.: Наука, 1983. – С. 5-45.
2. Уголев А. М. Естественные технологии биологических систем / А. М. Уголев. – Л.: Наука, 1987. – 317 с.
3. Шегельман И. Р. Создание и внедрение технических решений в лесной промышленности / И. Р. Шегельман. – Петрозаводск: Карелия, 1988. – 56 с.
4. Шегельман И. Р. Функционально-технологический анализ: метод формирования инновационных технических решений для лесной промышленности / И. Р. Шегельман. – Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2012. – 96 с.
5. Шегельман И. Р. Функционально-технологический анализ: Методология и приложения / И. Р. Шегельман. – М: ИПиИ, 2000. – 96 с.
6. Эсаулов А. Ф. Психология решения задач / А. Ф. Эсаулов. – М.: Высшая школа, 1972. – 216 с.
7. Яковец Ю. В. Проблемы освоения принципиально новой техники, основанной на открытиях и изобретениях / Ю. В. Яковец // Вопросы изобретательства. – 1983. – № 7. – С. 6-10.