

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 378.147 : 303.732

СИСТЕМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОИСКА НОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ В ХОДЕ УЧЕБНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ВУЗЕ

В.П. Алексеев, Д.И. Буханец

Международный инновационный университет, г. Сочи

Статья посвящена вопросам системной организации поиска новых инженерных решений студентами технических специальностей ВУЗов в ходе проектирования. Авторы предлагают изменить типовые подходы к проектной деятельности в период практик и дипломирования. В предлагаемой технологии применяются системный подход и методы научно-технического творчества.

***Ключевые слова:** технология, системность, системный анализ, проблемная ситуация, прикладной системный анализ.*

Постановка задачи

При выполнении выпускных квалификационных работ (ВКР) технического профиля и при проектной деятельности на производственной практике у студентов возникает проблема обеспечить техническую новизну проектируемых объектов (изделий, технологий, программ) в условиях бурного научно-технического прогресса и жесткой конкуренции производителей. Для решения этой проблемы каждому автору ВКР необходимо системно подойти к изучению состояния своей области проектирования, правильно сформулировать целевые задачи и учесть поставленные ограничения, выбрать оптимальные технические решения, обосновать их и подготовить комплект конструкторско-технологической документации. Для рационального достижения указанных задач нами предлагается технология, основанная на методологии прикладного системного анализа ЮНЕСКО [1], широко применяемой системными аналитиками ведущих стран мира и доработанной нами для решения задач проектирования и организации группового проектного обучения (ГПО) [2].

Суть предлагаемой технологии

Проектирование является высшим видом творческой деятельности [1, с. 4] и сложным процессом, организовать который можно только с использованием системного подхода и методов системного анализа [3]. Нами предлагается при выполнении ВКР и подготовке пояснительной записки использовать семь следующих этапов.

1. Фиксация проблемы

На этом этапе выявляется потребность в разрабатываемом объекте (называемом в дальнейшем «объектом») и письменно формулируется проблема проектирования. Потребность определяется на основе обнаружения следующих факторов: наличие аналогов и прототипа, имеющих в сфере реализации по приемлемой цене; удовлетворение аналогом или прототипом требуемой функции; анализ состояния рынка и прогнозирование объёмов производства; степень морального старения аналогов и прототипа; наличие возможности наращивания объёмов производства объекта.

Аналоги и прототип находятся в процессе информационного исследования различных видов литературных источников, в том числе монографий, учебников и учебных пособий, статей, патентов и материалов Интернета. Аналоги могут иметь различные принципы действия, и их может быть несколько. Желательно привести внешний вид и основные характеристики аналогов. Прототип – это один из аналогов, который лучше всего удовлетворяет требуемую потребность. Иногда правильно выбранный прототип отменяет проблему проектирования, так как имеющийся серийно выпускаемый объект экономически более целесообразен в использовании, чем разработка и внедрение в производство нового. **Новое изделие всегда менее надёжно и долговечно!**

В итоге по данному этапу необходимо привести детальное описание прототипа и обосновать необходимость дальнейшей разработки.

Важным моментом данного этапа является критика прототипа со всех сторон и выявление главного недостатка с позиций технических характеристик, схемных, конструктивных, технологических решений. Основные и второстепенные недостатки являются основой для выбора главного и являются ограничениями в целевой функции проблемы.

Формулировка проблемы должна состоять из одного предложения типа «Проблема проектирования состоит в том, чтобы создать объект, отличающийся от прототипа...(далее указывается отличие объекта)...при сохранении...(указываются значения не ухудшаемых параметров или признаков).

2. Участники проблемной ситуации и анализ их интересов

Для того чтобы спроектировать новый объект, не породив новых проблем, необходимо выявить всех участников проблемной ситуации. Напомним, что системно решить проблему – это улучшить состояние неудовлетворённых участников проблемной ситуации, не ухудшив состояние остальных, имеющих реальное отношение к решаемой проблеме [2, с.114]. В общем случае в число участников проблемной ситуации могут входить: заказчик; разработчики (системотехники,

схемотехники, конструкторы); изготовители (технологи); специалисты по маркетингу и торговой реализации объекта; финансисты (спонсоры); специалисты по эксплуатации; потребители (клиенты); специалисты по утилизации объекта после достижения срока службы; безмолвные участники (прошлое поколение, окружающая среда, будущее поколение).

Интересы безмолвных участников могут выражать эксперты – историки науки и техники, экологи, специалисты по научно-техническому прогнозированию.

После составления списка участников проблемной ситуации проводится анализ возможностей каждого из участников с позиций сформулированной ранее проблемы. При этом учитываются кадровые, профессиональные, творческие, технические, финансовые, временные возможности.

3. Формирование проблемного массива

Проблемный массив – это список участников проблемной ситуации с указанием проблем каждого участника при решении сформулированной проблемы. Его лучше всего представить в виде таблицы, в которой против каждого участника приводится список возникших при проектировании проблем с выделением главной проблемы. Таковую таблицу мы назвали матрицей проблемного массива. Пример матрицы проблемного массива приведён ниже.

Таблица 1. Матрица проблемного массива

<i>Участники проблемной ситуации</i>	<i>Проблемы участников</i>
1	1.1. Главная 1.2. Основные 1.3. Второстепенные
2	1.1. Главная 1.2. Основные 1.3. Второстепенные

Выявление проблем участников проблемной ситуации может быть проведено экспертным методом, особенно это касается безмолвных участников. Заметим, что в XXI в. особенно возрастает роль учёта интересов окружающей среды – природы при проектировании новых технических объектов. Завершает рассматриваемый этап анализ противоречий и поиск компромиссов, который позволяет «уладить» неизбежно возникшие противоречия между участниками проблемной ситуации в процессе создания проектируемого объекта.

4. Формирование конфигуратора

Для того чтобы успешно решить проблему проектирования объекта ВКР, необходимо детально изучить его возможные физические

принципы действия (ФПД), особенности аналогов и прототипа, описать проблему проектирования. Для этого могут быть использованы различные языки: профессиональный (по характеру проблемы); математический; алгоритмический; финансовый; технический (язык чертежа, схемы); информационный и т.п.

Конфигуратором называется минимально необходимое число языков для описания поставленной проблемы. По сути, конфигуратор – это знания и умения, полученные автором проекта из различных информационных источников. Таким образом, под конфигуратором в дальнейшем будем понимать список информационных источников, необходимых для описания проблемы проектирования. Для выполнения ВКР конфигуратор должен содержать не менее 50 наименований монографий, учебных пособий, статей, патентов, материалов Интернета. После формирования конфигурацию нужно изучить с позиций решаемой проблемы.

5. Целевыявление

В системном анализе главенствует принцип «Нет цели – нет решения проблемы!». Дальнейшее продвижение в проектировании объекта требует составления технического задания (ТЗ) на ВКР. ТЗ является обобщённой описательной интегральной моделью проектируемого объекта. Для ВКР естественно-научного или гуманитарного профиля ТЗ может называться заданием на ВКР или заданием на проведение исследований. На начальных стадиях проектирования ТЗ носит идеализированный характер, в конце проектирования оно может быть уточнено в прагматическом направлении с учётом научно-технологических реалий. ТЗ имеет формализованный вид в соответствии с ведомственными, корпоративными или государственными нормами. Для составления ТЗ необходимо сформировать массив критериев, описывающих качество объекта, и задать значения показателей, входящих в критерии. Задание значений показателей может быть методом прогнозируемых экспертных оценок, методом назначений или аналитическим (расчётным) методом. Для типовых потребительских объектов существуют ГОСТы на значения показателей, причём для повышения качества таких изделий применяется опережающая стандартизация. В общем случае для большинства технических объектов существуют следующие четыре группы критериев:

- функциональные критерии, характеризующие тактико-технические показатели;
- технологические критерии, связанные с возможностью и простотой изготовления;
- экономические критерии, связанные с материальными, энергетическими финансовыми ресурсами;

- антропогенные критерии, связанные с эргономикой, экологией и безопасностью жизнедеятельности.

Конкретные значения показателей критериев выбираются исходя из особенностей объекта и проблемы проектирования. Методической основой для выбора показателей является массив показателей аналогов и прототипа.

Итогом данного этапа является дерево целей, примерный вид которого приведён на рис. 1 и ТЗ по предписанной форме. Значения показателей объекта, проставленные в дереве целей, переносятся в ТЗ. Заметим, что в этом случае ТЗ является научно обоснованным, так как его составлению предшествовали четыре предыдущих системных этапа. В практике инженерной деятельности бывают случаи, когда поспешное, несистемное составление ТЗ приводит к необоснованному заданию показателей технического объекта. Обеспечение этих значений показателей ведёт к большим затратам материальных и временных ресурсов, но результат проектирования получается либо морально устаревшим к началу серийного производства, либо заданные показатели оказываются ненужными или недостижимыми на данный момент развития науки и техники.

Выбор показателей дерева целей может осуществляться следующими методами:

- прогнозированием на основе информационного исследования;
- аналитическим, на основе математического моделирования тенденций развития объекта и расчёта показателей объекта по модели;
- заданием на основе интуиции, опыта проектирования, изготовления, эксплуатации аналогичных объектов.

Лучшим способом правильного и объективного задания значений показателей проектируемого объекта является сбор информации о потребительских свойствах продукции, рекламациях, надёжности, долговечности, ремонтпригодности, утилизации, осуществляемой специальными службами предприятий. Заметим, что часто один неудачно заданный показатель влечёт за собой большие материальные и временные затраты и малый потребительский спрос.



Рис. 1. Примерный вид дерева целей для технического объекта

6. Исследование проблемы проектирования и путей её решения

Исследование проблемы в конечном итоге выливается в детальное изучение проектируемого объекта, рассмотрение возможных вариантов ФПД, конструктивной функциональной структуры (КФС), внешнего вида и цветовой гаммы объекта. При проектировании социальных и общественных объектов составляется структурная схема системы и задаются её функции. Программные объекты определяются структурной схемой алгоритма и программой. В процессе исследования проблемы решается вопрос, можно ли достичь показателей объекта, заданных в дереве целей, и с помощью каких решений.

Исследование может быть проведено информационным, теоретическим, экспериментальным, экспериментально-теоретическим, теоретико-экспериментальным методами или методом планирования эксперимента [3]. В процессе исследований возможно применение имитационного моделирования или вычислительного эксперимента. Изучается проектируемый объект, декомпозируются его составные части. Анализ проводится по уровням «надсистема» – «система» – «подсистема» – «элемент». Выявляются главная, основные, второстепенные, вредные функции каждой составной части. Такой анализ поможет на следующем этапе провести синтез нового объекта для решения поставленной проблемы. Информационное исследование или обзор литературных источников является минимально необходимым. Если такое исследование не сформирует у автора проекта конфигуратор, проводятся исследования указанными выше методами.

7. Генерация идеи решения проблемы проектирования

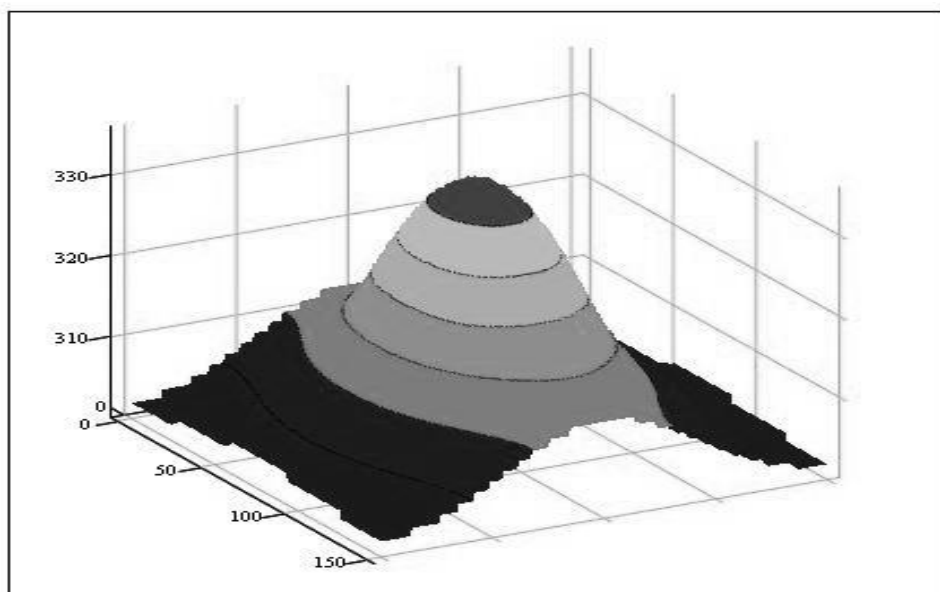
Для принятия новых технических решений по проблеме проектирования могут быть использованы следующие методы: мозговые атаки; морфологический анализ; функционально-стоимостной анализ; метод эвристических приёмов; теория решения изобретательских задач; «изобретающие» программы; аналитические методы, моделирование [1].

На этом этапе генерируются идеи по решению проблемы проектирования и выбирается лучший вариант, наиболее соответствующий дереву целей.

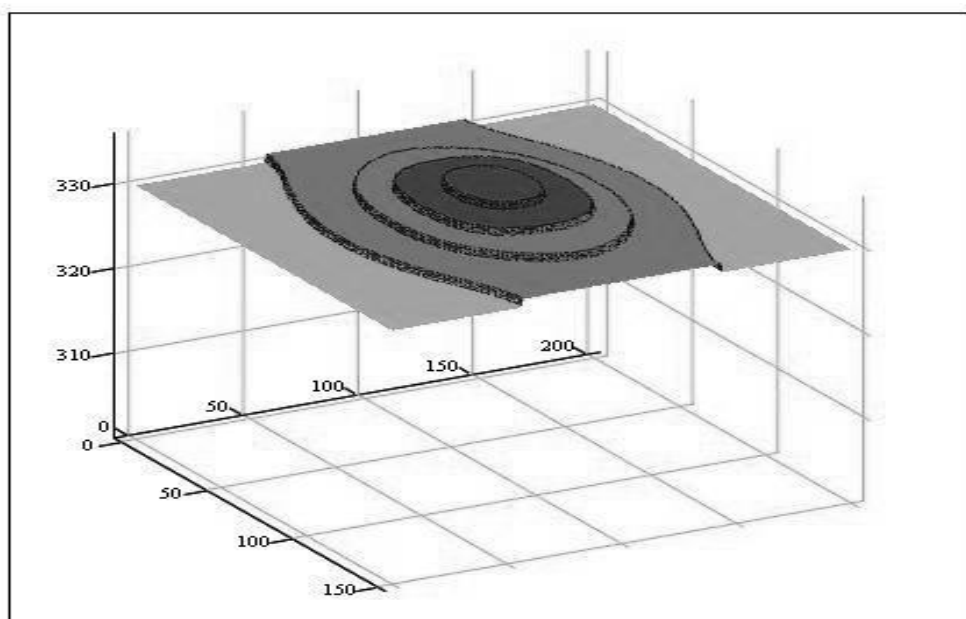
Прикладной системный анализ по рассмотренной технологии проводится в первом разделе пояснительной записки ВКР. Остальные разделы посвящены обоснованию проектных решений по выбранной идее и подтверждению показателей ТЗ по четырём критериям, а также описанию объекта проектирования и его составных частей. Важным разделом является патентное исследование, позволяющее определить патентоспособность и патентную чистоту проектных решений.

Описанная технология используется нами в практике дипломирования по ряду технических специальностей при подготовке специалистов и бакалавров в течение 15 лет. При её применении выпускники легко защищают свои работы, так как вся логика выполнения ВКР подчинена системному обоснованию, анализу и синтезу проектных решений. Уяснив указанную технологию, выпускники быстро осваиваются на производстве, становятся авторами технических решений на уровне изобретений и достигают быстрого карьерного роста. В инженерной профессиональной деятельности рассмотренная технология широко применяется нами на стадиях разработки «Техническое задание» и «Техническое предложение» при

выполнении опытно-конструкторских работ. Весьма существенным и важным моментом в рассматриваемой технологии является широкое использование средств вычислительной техники, мультимедиа и информационных технологий. При выборе новых технических решений нами используются изобретающие программы «Приёмы», «Эффекты» и «Стандарты». Для обоснования перспективных направлений проектирования на стадии разработки «Техническое предложение» мы применяем лицензированные программные продукты в виде пакетов прикладных программ (ППП) MatCAD, AutoCAD, SolidWorks, ANSYS, AltiumDesigner, Асоника и др. Эскизные варианты конструкций представляются с использованием 3-х мерной динамической графики. На этапе исследования проблемы применяются численные методы компьютерного моделирования электрических, тепловых, электромагнитных и механических связей в конструкциях с 3-мерным отображением. Пример приведён на рис. 2. Представлены результаты моделирования температурного поля термостабильной подложки для определения времени выхода на режим на этапе определения параметров гибридной интегральной схемы (ГИС).



а



б

Рис. 2. Пример моделирования температурного поля подложки ГИС
а – при достижении отметки термостатирования ($t = 54$ с);
б – в установившемся режиме ($t = 160$ с)

В итоге моделирования и оптимизации могут быть получены рациональные значения основных технических параметров нового образца, а также требования к производству, такие, как: технологическая трудоемкость, себестоимость, оптовая цена при заданном объеме производства и другие необходимые показатели.

Список литературы

1. Алексеев В.П., Озёркин Д.В. Системный анализ и методы научно-технического творчества: учеб. пособие. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2003. 304 с.
2. Московченко А.Д., Алексеев В.П., Методологические и методические основы формирования групп проектного обучения: монография. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2010. 134 с.
3. Алексеев В.П., Озёркин Д.В. Основы научных исследований и патентоведение: учеб пособие. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2003. 180 с.

SYSTEM TECHNOLOGY FOR THE SEARCH NEW ENGINEERING SOLUTIONS IN THE DESIGN

V.P. Alekseev, D.I. Buhanets

International Innovation University, Sochi

Article is devoted to the training of the system of final qualifying works on technical specialties. The authors suggest changing standard approaches to the project activity during the certification. The proposed technology is used a systematic approach and methods of scientific and technical creativity.

Keywords: *technology, systems, Graduate work, systems analysis, problem situation, Applied System Analysis.*

Об авторах:

АЛЕКСЕЕВ Валерий Павлович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информатики и технических наук, НОУ ВПО «Международный инновационный университет» (354000, г. Сочи, Центральный район, ул. Орджоникидзе, д. 10а), e-mail: alekseev.valeri@yandex.ru

БУХАНЕЦ Дмитрий Иванович – доктор технических наук, доцент кафедры информатики и технических наук, НОУ ВПО «Международный инновационный университет» (354000, г. Сочи, Центральный район, ул. Орджоникидзе, д. 10а), e-mail: dib2011@yandex.ru