

А.Д. Московченко, В.П. Алексеев

**ФИЛОСОФСКО-
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ
ГРУППОВОГО ПРОЕКТНОГО
ОБУЧЕНИЯ**



ТОМСК 2007

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

А.Д. Московченко, В.П. Алексеев

**ФИЛОСОФСКО-
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ
ГРУППОВОГО ПРОЕКТНОГО
ОБУЧЕНИЯ**

2007

УДК 1:001+167

ББК 15.181

М82

Рецензент: д. ф.-м. н., профессор, Е. Л. Попов

Технический редактор: аспирант Кузнецов А.В.

Московченко А.Д., Алексеев В.П.

М82 Философско-методологические основы организации группового проектного обучения. Монография для студентов, магистров, аспирантов, преподавателей технических ВУЗов, участвующих в реализации инновационной программы по организации группового проектного обучения. - Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. - 118 с.

ISBN 5-86889-278-X

Монография содержит общие методологические требования и методические указания к организации группового проектного обучения, а также обширный список литературы.

В процессе подготовки использованы монографии, учебники, учебные пособия и дидактические материалы, опубликованные авторами в российских изданиях. Основой для пособия послужил опыт организации группового проектного обучения на кафедре «Конструирование и производство радиоэлектронной аппаратуры» и теоретико-методологические разработки в области инженерно-технического образования на кафедре философии ТУСУРа.

Данная монография предназначена для организации группового проектного обучения студентов инженерных специальностей радиоэлектронного профиля.

© Московченко А.Д.,
Алексеев В.П., 2007

© Кафедра философии
Томского
государственного
университета систем
управления и
радиоэлектроники, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. Философско-методологические проблемы группового проектного обучения.....	11
1.1. Методологическая многоуровневая системная программа структурирования философско-научного знания (принципы, содержание).....	11
1.2. Методологические принципы формирования творческой личности инженера в XXI веке.....	22
1.3. Смысл и стратегия инженерно-технического образования.....	25
1.4. Фундаментальное и технологическое знание в инженерно-техническом образовании XXI века.....	32
1.5. Идея автотрофности и проблемы высшего технического образования.....	39
1.6. Автотрофная формула изобретения.....	45
1.7. Логика Н. А. Васильева и проблемы инженерно-технического инновационного образования.....	52
2. Системный анализ в групповом проектном обучении при проектировании радиоэлектронных систем (РЭС).....	60
2.1. Определение и свойства систем РЭС.....	60
2.2. Моделирование систем РЭС.....	78
2.2.1. Классификация моделей.....	78
3. Основные этапы группового проектного обучения при проектировании РЭС по конкретной проблеме.....	89
3.1. Фиксация проблемы.....	89

3.1.1. Определение потребности в разрабатываемом изделии.....	90
3.1.2. Анализ состояния рынка.....	91
3.1.3. Прогнозирование объемов производства.....	92
3.1.4. Поиск аналогов и прототипа.....	92
3.1.5. Критика прототипа и формулировка проблемы.....	94
3.2. Участники проблемной ситуации и анализ их интересов.....	95
3.2.1. Список участников проблемной ситуации.....	95
3.2.2. Анализ адекватности требований заказчика. Определение источников финансирования.....	96
3.2.3. Анализ возможностей разработчика.....	97
3.2.4. Анализ возможностей изготовителя.....	97
3.2.5. Анализ возможностей потребителя.....	98
3.2.6. Анализ возможностей службы сбыта и сервиса.....	98
3.2.7. Анализ возможностей службы утилизации.....	99
3.2.8. Анализ современного состояния и пути решения проблемы проектирования изделия с учетом интересов прошлого поколения.....	99
3.2.9. Анализ возможных последствий решения проблемы проектирования изделия на экологическую ситуацию.....	100
3.2.10. Анализ последствий решения проблемы проектирования на интересы будущего поколения.....	101
3.3. Формирование проблемного массива.....	101
3.3.1. Матрица проблемного массива.....	101

3.3.2. Анализ противоречий и поиск компромиссов...	102
3.4. Формирование конфигуратора.....	103
3.5. Целевыявление.....	105
3.5.1. Формирование массива критериев и показателей решения проблемы.....	105
3.5.2. Формирование дерева целей.....	107
3.6. Исследование проблемы проектирования и пути ее решения.....	109
3.7. Генерация идеи решения проблемы проектирования.....	110
Заключение.....	112
Литература.....	114.

ВВЕДЕНИЕ

Системно-методологический многофункциональный подход к изучению философии науки предполагает системную сеть принципов, носящих аксиоматический характер. Суть его заключается в том, что философия науки рассматривается с различных взаимодополнительных методологических позиций, образующих в итоге целостное научно-методологическое знание.

При изучении сложных, взаимосвязанных друг с другом проблем используется *системный анализ*, получивший широкое применение в различных сферах научной деятельности человека, и в частности, в логике, математике, общей теории систем, в результате чего сформировались такие науки, как металогика и метаматематика. Металогика исследует системы положений и понятий формальной логики, разрабатывает вопросы теории доказательств, определимости понятий, истины в формализованных языках. Метаматематика занимается изучением различных свойств формальных систем и исчислений.

Так как системный анализ носит общий, междисциплинарный характер, т.е. касается образования, развития, функционирования, синтеза любых систем, то некоторые методологи считают, что системный анализ заменяет философию, является новой всеобщей методологией науки. Такое восприятие системного анализа неверно, так как сводит функцию философского знания лишь к методологии научного исследования. Во всех науках существуют философские основания, используются философские категории, но это не повод принятия

основания теории за саму теорию. Системный анализ, с одной стороны, позволяет применять ряд общеполитических положений к решению частных задач, а с другой – обогащает саму философию развитием конкретных наук. Чем дальше развивается системный анализ, тем совершеннее развивается его язык, тем он дальше удаляется от своей первоначальной философской основы. Таким образом, отождествление системного анализа с диалектическим методом, с философией неправомерно и может привести к мировоззренческим и методологическим ошибкам.

Системный анализ используется для исследования таких сложных систем, как экономика отдельной отрасли, промышленного предприятия, объединения. Наиболее важным является применение системного анализа в проектировании радиоэлектронных средств (РЭС), поскольку он позволяет создавать оптимальные конструкции новых изделий. Процесс анализа является неотъемлемой частью алгоритма проектирования, эксплуатации или исследования систем любого типа и любого уровня.

Отметим *основные идеи*, характерные для системного анализа:

- исследователя и проектировщика с позиции системного анализа, прежде всего, интересует описание места и роли каждого элемента в системе в целом;
- системный анализ, как правило, выделяет наличие различных уровней системного технического объекта (ТО) и их соподчиненность. Это вызывает необходимость описания взаимосвязи между ними. Наиболее часто встречающаяся форма

реализации взаимосвязи – это управление процессом проектирования, производства и эксплуатации, а в ряде случаев и утилизации использованных ТО. Поэтому проблема управления возникает практически в любом системном исследовании.

Заметим, что в промышленно развитых странах системный аналитик является основным специалистом в создании новых поколений технических систем (ТС).

Системный анализ в процессе проектирования ТО складывается из основных четырех этапов:

1. Постановка задачи.
2. Структуризация изучаемой системы.
3. Моделирование изучаемой системы.
4. Анализ результатов моделирования.

В каждом конкретном случае, при проектировании какого-либо класса ТО приведенная последовательность системного анализа может быть дополнена или несколько видоизменена. В частности, при проектировании такого класса ТО как радиоэлектронная аппаратура применяется системная технология инженерного проектирования РЭС, разработанная авторами пособия и применяемая ими в учебном процессе [1]. В отличие от классического системного анализа системная технология инженерного проектирования предполагает не только анализ результатов исследования, но и генерацию новых технических решений (синтетический этап).

Из истории техники известно, что очень часто ученые и изобретатели для создания нового использовали малопродуктивный метод «проб и ошибок». Бессистемно

перебирая большое количество возможных (мыслимых) вариантов, они находили (иногда!) нужное решение. Метод «проб и ошибок» достаточно убедительно отвергал Ф.Бэкон и его последователи. На рубеже XIX – XX веков было разработано около ста различных, более эффективных методов и методик активизации творческих способностей.

История человечества показывает, что в целом период реализации творческих идей имеет ярко выраженную тенденцию к сокращению. Действительно, если от печатных досок до изобретения книгопечатания (1440 г.) прошло «лишь» шесть веков и затем до создания печатной машинки четыре века, то, например, транзистор, изобретенный в 1948 г., был реализован в 1953 г. В эпоху современной научно-технической революции потребность в новых технических решениях высокого уровня существенно возросла и продолжает увеличиваться, что постоянно повышает требования к производительности, эффективности и качеству творческого труда.

При рациональной организации инженерного образования неизбежно возникает вопрос о методологии преподавания учебных дисциплин и о практике применения этой методологии. Во всем цивилизованном мире в XXI веке для успешного инновационного развития экономики используются методы, позволяющие максимально приблизить процесс товарного производства потребительских изделий к системе инженерного образования. Одним из возможных вариантов такого приближения является внедрение в систему обучения будущих инженеров технологической цепочки: групповое проектное обучение

студентов по конкретным и реальным «бизнес темам», практическая деятельность проектных групп в студенческом бизнес-инкубаторе, доработка проектов в технологическом бизнес-инкубаторе, активная работа в технико-внедренческой зоне.

В данной монографии делается первая попытка философско-методологического обоснования указанной выше цепочки и даются конкретные рекомендации по организации группового проектного обучения с позиций системного подхода.

1. ФИЛОСОФСКО-МЕТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРУППОВОГО ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ

1. 1. Методологическая многоуровневая системная программа структурирования философско-научного знания (принципы, содержание)

Нами предложена методологическая исследовательская программа структурирования философско-научного знания, которая позволяет синтезировать научно- обоснованную систему подготовки специалистов в области инженерии по методике группового проектного обучения. Особенность её заключается в том, что она носит многоуровневый системно-иерархический характер. Можно выделить не менее *семи* различных методологических аспектов философско-научного знания, каждый из которых требует специального рассмотрения. Полное же представление о философии науки складывается в результате методологического синтеза предложенных принципов.

Прежде всего встает вопрос о *культурологическом* понимании философско-научного знания. Культурологический принцип обязывает брать во внимание всю совокупность форм человеческой культуры при рассмотрении перспектив и тенденций развития философии науки, которая в XX веке стала развитой дисциплиной. Громадное влияние науки на жизнь и деятельность людей заставило философов и культурологов обратить пристальное внимание на саму науку и сделать её предметом изучения. Что такое наука? Чем отличается научное

знание от мифа или религиозной веры? В чем ценность науки? Как она развивается? Какими методами пользуются учеными? Попытки найти ответы на эти и другие вопросы, связанные с пониманием науки как особой сферы культурологической деятельности, привели к возникновению новой дисциплины – философии науки, которая вполне сформировалась в XX веке на стыке трех областей: самой науки, её истории и философии.

Во второй половине XX века задачи философии науки значительно усложнились. Наряду с наукой стали быстро развиваться такие формы культуры, как образование, инженерия, медицина, техника и технология. Философия науки стала принимать все более разветвленный характер, вовлекая в сферу своих интересов все многообразие культурологических форм, даже таких «ненаучных», как политика, искусство, паранаука, эзотерика и обыденный опыт. Требуется своего разрешения универсально-эволюционное культурологическое представление философско-научного знания. Видимо, наряду с философией науки необходима культурология науки, которая рассматривала бы проблемы науки с точки зрения культуры в целом. Осмысление человеческой культуры как системно-целостного образования, функционирующего и развивающегося по своим законам, и места науки в этом образовании – важнейшая задача философов и культурологов науки.

В рамках культурологического подхода необходимо выделять планетерно-георегиональный аспект. Наряду с общечеловеческой культурой есть особенная, регионально-географическая – прежде всего, западная, восточная, русская и

т.д. С этих позиций имеет смысл говорить о *геокультурологическом* принципе рассмотрения философии науки. Геокультурологический подход настаивает на принципиальном отличии западной философии науки от восточной. С этих позиций необходимо специально рассматривать философские и культурологические концепции развития и структурирования научного знания в творчестве: 1) западноевропейских философов науки, 2) русских космистов, 3) советских философов науки. Для философии науки необходим анализ глобальных научно-технических революций за науки необходим анализ глобальных научно-технических революций за последние сто лет через призму социально-культурологических факторов. Произошло коренное преобразование основных научных понятий, концепций, теорий в естественных и общественных науках. В этом плане велика роль русской космологической мысли, которая с системно-космических и культурологических позиций рассмотрела философию и науку, высказав при этом гениальную стратегическую идею «Автотрофного будущего человечества». Культурологический и геокультурологический подходы позволяют подойти к решению глобальных проблем современности, предложить конструктивные научно-обоснованные модели мирового развития. В связи с этим возрастает роль гуманитарного контроля в науке и высоких технологиях.

Особенное значение в современных условиях приобретает диалог научно-технических культур Запада, Востока и России. Философско-научная общественность уделяет недостаточно

внимания философии науки в Японии, Китае, Индии. Плохо осмысленным остается развитие философии науки в африканских и мусульманских странах. Необходим компаративистский анализ философии и науки в различных странах и регионах. Философская компаративистика, выделяя типы научно-технического мышления и типы менталитета, использует аналогии и параллели, диалог и полилог. Выявляется тот факт, что научно-философская самобытность оказывается неотъемлемым свойством развитой культуры, проявляющейся в диалогическом понимании другого. Процесс взаимодействия научно-философских культур, когда дается голос другому, максимально расширяет культурное пространство и извлекает присущие им специфические смыслы. Увеличение числа связей делает философско-научную культуру стойкой и способной к усвоению инноваций.

Культурологическая программа структурирования философско-научного знания основывается на научном знании природы и научного знания основывается на научном знании природы и общества. Это *третий* аспект (принцип) рассмотрения философии науки – *онтологический*. В XX веке в науке и технике произошли кардинальные изменения. Были сделаны величайшие фундаментальные и технологические открытия, которые привели к тому, что биосфера стремительно стала заменяться техносферой. Технологические знания, которые ранее представлялись как прикладные отрасли фундаментальных наук, стали обретать собственную теорию. Особенно это характерно для технического знания. Таким образом, наряду с фундаментальными науками формируются и интенсивно развиваются науки технологические,

тесно связанные с фундаментальной наукой, образованием и общественным производством. Если фундаментальные науки описывают естественные процессы (природные и социальные), то технологические науки – процессы искусственные, созданные человеком. Системно-методологический переворот в науке, который связан с переходом от фундаментально-прикладного к фундаментально-технологическому, оказал огромное влияние на изменение предмета исследования философии науки. Встает проблема интеграции фундаментального и технологического знания. Интегрирование научного знания и создание на этой основе единого (гармоничного) фундаментально-технологического знания будет протекать (на наш взгляд) на автотрофных началах.

Автотрофность как самоорганизующийся механизм перехода природных и социальных систем из низкоорганизованных состояний в высокоорганизованные выступает в качестве важнейшего методологического интеграционного принципа, объединяющего воедино фундаментальное и технологическое научное знание. Будем надеяться, что философия науки в XXI веке приобретет новое, созвучное эпохе звучание – *биоавтотрофнокосмологическое*. В связи с этим становятся актуальными: 1) проблема соотношения теоретических и эмпирических исследований в развитии фундаментальных и биотехнологических наук; 2) проблема целостности технического, биотехнологического и инженерного знания. Философия науки должна обратить пристальное внимание к проблемам геной и клеточной инженерии,

клонирования. Можно предположить, что системотехническое и социотехническое проектирование и конструирование в XXI веке будет протекать на биоавтотрофнокосмологической основе. При этом нельзя забывать, что научное знание, будучи по сути биоавтотрофнокосмологическим, всегда проживается в той или иной культурной традиции. Другими словами, онтологическая составляющая философии науки должна быть насыщена конкретно-историческим культурологическим фоном. Философия науки на Западе и на Востоке, а также в России будет по-разному интегрировать биоавтотрофнокосмологические результаты человеческой деятельности.

В основе деления наук на фундаментальные и технологические лежит глубинное онтологическое противостояние естественного и искусственного. Проблема «естественного и искусственного», поставленная в максимально обобщенной форме, приобретает действительно философско-научное звучание и дает возможность подвести под многообразное научное знание объективную основу. Двигаясь в направлении максимального расширения поля «естественного и искусственного», мы приходим к весьма нетривиальным моментам в теории познания. Здесь выявляется *четвертый* аспект (принцип) рассмотрения философии науки – *гносеологический*.

В гносеологическом плане проблема естественного и искусственного приобретает характер взаимоотношения между фундаментальным и нефундаментальным (технологическим) знанием. При этом фундаментальное знание может

рассматриваться с технологических позиций, а технологическое знание – с фундаментальных. То есть, одно и то же явление (природное или социальное) может рассматриваться с двояких методологических позиций: фундаментальных и технологических. Вследствие этого природа современного научного знания существенно усложняется, приобретая двояко-противоречивый, взаимоисключающий и вместе с тем взаимодополнительный характер. Конструктивный анализ фундаментально-технологического знания требует иной неаристотелевой логики (в частности, логики Н. Васильева). Воображаемая логика Н. Васильева должна быть понята и осмыслена с позиций современной философии науки, что приводит к существенным переменам последней.

Кантовская постановка гносеологической проблемы о трансцендентальном субъекте нашла свое современное воплощение в *биоэпистемологии*, где эволюционная эпистемология представляет собой экстраполяцию биологических и общенаучных концепций эволюции за пределы естествознания (биологии), на область изучения гносеологии. Данное гносеологическое направление, представленное в трудах У. Матурана и Г. Фоллмера, требует существенного развития в автотрофном направлении. Нам представляется, что генезис познавательных структур может быть удовлетворительно описан только в рамках биоавтотрофнокосмологического направления, но это требует коренного пересмотра гносеологических структур. Проблема создания космической гносеологии была поставлена в трудах великих русских космистов – Н. Фёдорова, Н. Васильева,

К. Циолковского, В. Вернадского и др. Поэтому необходимо разделять земную философию науки и философию науки космическую, отдавая приоритет последней. Земная (планетарная) философия науки приобретает смысл и ценность только с точки зрения философии науки космической. Все это заставляет посмотреть на гносеологические проблемы с более широких, космических позиций. Ведь познающему субъекту приходится проецировать и реконструировать информационные данные чувствительных человеческих органов не только с учетом информации, идущей от самой планеты Земля, её биосферы и техносферы, а также информации, излучаемой человеческим организмом, но и с учетом влияния астрофизических объектов. Это намного усложняет постановку и решение гносеологических проблем, но вместе с тем позволяет системно-целостно подходить к анализу того или иного явления.

Современная гносеология пытается решить вопрос о соответствии (согласовании) субъективных познавательных структур с реальными природными структурами – земными и космическими. Для этого философия науки вынуждена выстраивать сложную систему научно-гносеологических реконструкций. Главное здесь – освободиться от ограниченности (антропоморфичности) наших чувствований и интеллектуальных представлений. Космическая гносеология предлагает реальный механизм проецирования и реконструкции информации, полученной не только от человека, но и от любой другой космической системы. Мы убеждены, что гносеология (биоавтотрофнокосмологическая) в XXI веке будет связана с

осмыслением системно-иерархических рядов эволюционирующих «космических наблюдателей», среди которых определенное место будет отведено человеку. «Понимание» системно-иерархического космического ряда гносеологических структур является важнейшим способом успешной ориентации человека в быстроменяющемся мире.

Проблема ценности философско-научного знания выводит на герменевтическую составляющую философии науки. В этом случае затрагивается *пятый* аспект (принцип) рассмотрения философии науки – *герменевтический*. Основная проблема: взаимосвязь целого и части в философии науки, с учетом приоритетности целостного понимания научного знания. В этом плане актуальны классификация, систематизация и периодизация научного и технико-технологического знания. Необходима глобальная фундаментальная (естественноисторическая) периодизация науки, техники и технологии через призму человека будущего. Герменевтическая философия науки должна быть направлена на раскрытие логики развертывания научно-технического знания. Тем более что классическая, неклассическая и постнеклассическая философия науки дадут нам разные формы, виды логического развертывания. Современная философия науки требует расширения статуса герменевтики и формирования герменевтики *единого человеческого знания*, интегрального синтеза философского, научного, технического, художественного, инженерного и обыденного знания. Герменевтическая философия науки ставит проблему ответственности философов и ученых за сохранение

культуры, жизни, природы, развития духовной культуры общества, прежде всего, самореализации личности в гармонии с эволюцией Вселенной.

Философско-научное понимание должно осуществляться посредством многомерности и многоструктурности изложения философско-научного материала. Это потребует весьма сложной работы по научной реконструкции универсальной истории человечества и созданию действительно научной истории (хронологии) науки.

Философия науки призвана осуществлять системную организацию научного знания, т.е. придание ему единого содержания и единой цели. Вместе с тем современная философия науки лишена целеполагания, стратегического видения проблем философии, науки и культуры в целом. Именно поэтому культура и философия науки переживают катастрофическое состояние. Междисциплинарная и геокulturологическая философская и научная разобщенность негативно влияют на процессы образования и воспитания молодого поколения. Необходима единая общечеловеческая цель, которой будут подчиняться цели науки. Особенно актуальными становятся вопросы, связанные с разработкой глобальных научно-технических прогнозов, моделей, сценариев мирового развития. Здесь начинает проявляться *шестой* аспект (принцип) рассмотрения философии науки – *концептуальный*. Нам приходится снова подчеркивать уникальную роль в современной культуре русской космической мысли. Ученые и философы России приложили много усилий для разработки концептуальной философии науки. Это работы Н.

Федорова, В. Муравьева, К. Циолковского, А. Богданова, В. Вернадского. Особенно следует отметить идею Вернадского о «Автотрофном будущем человечества». Осмысление идеи автотрофности философско-научного знания может привести к целостному преобразованию и духовному обновлению мира, созданию на этой основе единого космического человечества.

Вплоть до настоящего времени философия науки (главным образом западноевропейская) развивалась без учета человеческих интересов и потребностей. Исключение составляет русская философия науки, где связующим методологическим центром выступает человек, человек будущего (В. Соловьев, Н. Бердяев). Шестой, концептуальный, аспект неразрывно связан с завершающим, *седьмым*, аспектом – *антропологическим*. Необходима разработка антропологической философии науки. Каким будет человек будущего? Как будет меняться его строй мышления? Сумеет ли человек трансформировать свой логический фундамент в сторону нравственных интересов и потребностей? Сумеет ли человек в отдаленном будущем сохранить в себе «человеческое»? Возникает множество вопросов, на которые должна ответить философия науки XXI века.

Мир оказался перед угрозой тотального единообразия всей мировой культуры. Культура отдельных регионов, не имея подчас сил и возможностей противостоять европейско-американскому влиянию, просто растворяется в «общемировом культурном достоянии» и лишается своего своеобразия или инаковости. Философия науки третьего тысячелетия вплотную

подошла к выработке новой «парадигмы» планетарно-космического мировосприятия, мирооценки, миро - и косморазмерности человека и человекоразмерности космического мира, что непосредственно связано с потребностями в новой логике и методологии науки.

Таким образом, методологическая исследовательская программа структурирования философского научного знания позволяет выявить семь основных принципов системно-методологического и многофункционального подходов к изучению философии науки, формирующих в итоге целостное научно-философское знание.

1.2. Методологические принципы формирования творческой личности инженера в XXI веке

Инновационная экономика нуждается в инновационно ориентированном инженерно-техническом образовании. Вместе с тем в обществе до сих пор не выработалась общепризнанная точка зрения, что такое – инженер? Какими качествами он должен обладать, чтобы соответствовать реалиям XXI века? Современные специалисты считают, что главное инновационное качество, которое должно быть сформировано у российского инженера – это способность создания на основе фундаментальных научных результатов и инженерно-технических разработок нововведений, существенно изменяющих жизнь людей. Разработанная методологическая исследовательская программа позволяет

выявить интегративные инновационные качества творческой личности инженера в XXI веке.

1. *Культурологические качества.* Инженер-культуролог глобального масштаба. Вектор инженерно-образовательного движения: от сиюминутных (сервисных) технико-технологических интересов к духовно-культурологическим потребностям «автотрофного человечества будущего» (В.И. Вернадский). В этом плане инженеру необходима инновационная культура, позволяющая трансформировать инженерно-технические разработки для решения глобальных культурологических задач. Кафедры и учебные курсы: «Инженерная планетарная культурология», «Автотрофная инженерия в культурологическом охвате» и т.д.

2. *Геокультурологические качества.* Инженер-патриот, который органически сочетает достижения инженерной культуры Запада и Востока, выстраивает свою логическую траекторию на основе национальных особенностей своей страны. Необходима Национальная (российская) доктрина инженерного образования, учитывающая не только ближние, но и дальние (на десятилетия вперед) технико-технологические и культурологические цели. Кафедры и учебные курсы: «Геополитические и геоэкономические проблемы инженерии настоящего и будущего» и т.д.

3. *Онтологические качества.* Инженер-космист, который проектирует и конструирует техносферические миры по биоавтотрофнокосмологическим законам - автономности,

оптимальности и гармонизации. Основная проблема: совмещение естественного и искусственного миров, и на этой основе тотальная фундаментализация и технологизация инженерного образовательного знания. Необходим инженер биоавтотрофнокосмологического масштаба, способный смотреть на технико-технологические системы, как на развивающиеся предметно-естественно-исторические системы. Кафедры и курсы: «Фундаментальное и технологическое в инженерно-техническом образовании»; «Эволюция и закономерности развития техники, технологии и техносферы в целом»; и т.д.

4. *Гносеологические качества.* Инженер-исследователь с педагогической ориентацией, что предполагает творческое самообучение в течение всей жизни с использованием творческих достижений планетарных личностей. Это предполагает переход от классического инженерного образования к «инновационному» (неклассическому и постнеклассическому). Необходим инженер, владеющий не только формальной логикой, но и логикой неаристотелевского типа биоавтотрофнокосмологической направленности. Высшая инженерная школа инновационного типа должна формировать инновационное мышление. Кафедры и учебные курсы: «Логика и методология инженерного мышления»; «Инженерная деятельность и инженерное творчество»; «Моделирование как базовая технология инженерной деятельности» и т.д.

5. *Герменевтические качества.* Инженер-герменевт, владеющий глобально-эволюционными историко-хронологическими проблемами, связанными с реконструкцией

всего массива человеческих знаний о технике, технологии, инженерии, образовании. Основная проблема: упорядочение, классификация, систематизация всего массива инженерного знания, в том числе образовательного, и на этой основе полномасштабная оценка планетарной инженерно-технологической деятельности. Кафедры и учебные курсы: «Инженерная герменевтика»; «Универсальная классификация инженерно-образовательного знания» и т.д.

6. *Концептуальные качества.* Инженер-методолог, осуществляющий стратегическое инновационное управление инженерно-технической деятельностью с точки зрения глобальных интересов своей страны. Это способность интегрировать перспективные знания естественных, гуманитарных и технических дисциплин, владеть глубинными философскими, общенаучными и специальными технологиями деятельности. Это способность обеспечить реальное воплощение инженерных идей в национально-государственную политику. Кафедры и учебные курсы: «Концептуальная власть и инженерия» и т.д.

7. *Этико-эстетические качества.* Инженер-гуманист, выстраивающий техносферический мир по законам справедливости и красоты. Необходим инженер, органически вмещающий всечеловеческую отзывчивость, совесть, когда сопереживание и соучастие станет главенствующим мотивом инженерно-созидательной деятельности. Но это станет возможным только на основе овладения автотрофным видением мира.

Инженер – глобальная фигура современности. Овладение вышеперечисленными качествами поможет избежать природных и социальных катастроф, даст возможность человеку стать действительно *человеком*.

1.3. СМЫСЛ И СТРАТЕГИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В XX веке произошло событие космопланетарного масштаба. Впервые в истории человеческой цивилизации естественная биосфера стала стремительно превращаться в техносферу, в искусственный бесприродный технологический мир. За сто лет человечество плавно и незаметно оказалось в совершенно ином мире. Этот мир настолько необычен, что культурологические и антропологические последствия данного технологического переворота еще не скоро будут осмыслены. При этом проектировщиком и конструктором техносферы выступает инженер; следовательно, главный фигурой современности становится инженер, а инженерно-техническое образование выходит на передний план мирового образовательного процесса.

Более двух веков назад И. Кант поставил перед собой вопросы, которые имеет смысл поставить перед инженерией и инженерно-педагогической общественностью XXI века: 1) что я могу знать и, соответственно, чего я знать принципиально не могу; 2) что я должен делать и, соответственно, чего я не должен делать ни при каких обстоятельствах; 3) на что я могу надеяться и, соответственно, на что будущему инженеру надеяться не

приходится. Несомненно, что эти вопросы имеют отношение не только к инженерии и инженерно-техническому образованию, но в данной статье пойдет речь преимущественно об инженерии будущего.

1. Что должен знать современный инженер?

Кризис инженерии и образования напрямую связан с кризисом культуры в целом. Культурная деятельность человечества все более принимает паразитарные (гетеротрофные) формы; это проявляется прежде всего в том, что на передний план выходят сервисно-технологические потребности человеческой жизнедеятельности в ущерб духовным. Тотальная сервисная техносферизация порождает человека сервисно-технологического, которому нет дела до окружающей природно-биосферной среды. Необходимо вернуть человеку естественно-целостное представление о мире, а это возможно только в том случае, если инженерно-техническое образование сможет совершить переход от профессионально-утилитарных интересов к глобально-культурологическому, носящему космический характер. По сути, инженерия должна посмотреть на себя и свою деятельность со стороны, с более высокой, космической точки зрения. Это позволит инженерии дать системную и полномасштабную оценку своей планетарной технологической деятельности. Способен ли на это современный инженер? Другими словами, способен ли инженер трансформироваться в глобального культуролога и космиста? Чтобы такая культурологическая и космическая трансформация произошла, необходимо коренным образом реформировать существующие учебные планы и программы

инженерно-технического образования. Придется перечислять педагогов инженерного профиля. Тем более что в мировой инженерно-педагогической практике уже происходят такого рода изменения и есть инженеры планетарного масштаба. Например, если ограничиться только отечественными именами современности, то можно назвать П. Капицу, Б. Кудрина, В. Налимова, Г. Альтшуллера... В этом ключе можно сформулировать стратегическую цель подготовки инженеров: инженеров-мыслителей космического масштаба, которые будут способны дать всеобъемлющую оценку планетарно-технологической деятельности. Именно такая позиция позволит описать границы инженерного разума и все последствия перехода в трансцендентальный технологический мир. Ведь это ненормально, когда вначале проектируем и конструируем, а затем пытаемся размышлять. Основатель русского космизма Н.Ф. Федоров подчеркивал еще в XIX веке, что опасно и безнравственно проводить «мысль без дела» (гуманитария) и «дело без мысли» (инженерия). Мысль должна предварять проектно-регулирующую деятельность. Выход здесь только один: в широчайшей, системной фундаментализации инженерно-технического образования, когда науки (и учебные дисциплины) о природе и обществе будут слиты в единый ноосфернообразовательный блок.

2. Что должен делать современный инженер?

Этот вопрос связан с технологией и технологическим знанием. Технологию в целом можно определить как способ и средство достижения цели. Средства представляют собой

определенную совокупность технических устройств, от самых простых орудий труда до сложнейших автоматически управляемых техносферических систем. Это многообразная техника – конечная цель инженерно-технической деятельности. На технику инженерия обращает главное внимание, и в инженерно-образовательной практике принимает предметно-технический содержательный характер. Доминирует до сих пор *принцип предметной подготовки инженеров*, который выстраивается на запоминании огромного количества технических фактов. Но развивающееся общественное техническое производство обращает все большее внимание на технологическую (способы и методы) сторону инженерной деятельности. Предметное поле инженерии очень быстро меняется, и инженерно-образовательный процесс в вузе не успевает за этими изменениями. Выход в этой ситуации, по нашему мнению [3], только один: *предметный принцип подготовки необходимо дополнить функционально-технологической составляющей*. Будущего инженера в процессе обучения в вузе необходимо готовить в предметном поле деятельности, вооружая его фундаментальными функционально-технологическими знаниями. Способы и методы инженерной деятельности изменяются не так быстро, как предметы, средства труда, технико-технологическая оснастка. Поэтому учет функционально-технологической составляющей в подготовке инженера неизбежно приведет к необходимой профессиональной мобильности, к более быстрой его адаптации к постоянно меняющимся культурологическим и производственным условиям.

Функциональная технология инженерии – это, по сути, *системная методология* инженерной деятельности. Практика показывает, что освоение инженерных методологических знаний, тем более связанных с глубинной философской методологией – дело трудное, требующее длительного времени создания специально разработанных технологий обучения. В учебных планах инженерных вузов до сих пор нет дисциплин, напрямую связанных с *методологической* проектно-конструкторской деятельностью. А ведь это для инженерии самое важное знание. Инженерия в общем и целом не умеет превращать (трансформировать) знание в методологию. Если предметное знание – это лишь сведения о конкретном техническом явлении, то методологическое знание направлено на массовое его использование. Выдающиеся ученые и инженеры постоянно подчеркивали важность методов и методологии. Именно системная инженерная методология позволяет провести полномасштабную оценку результатов инженерной деятельности, и этим даст возможность избежать негативных последствий.

Современный инженер плохо представляет себе тот предметный (техничко-технологический) мир, который ему предстоит изменять и совершенствовать. Отсутствие системного предметного мышления связано со слабой методологической подготовкой. Инженер нуждается в «новом мышлении», которое заключается прежде всего в целостном видении мира как предметном, так и функциональном. Инженер должен следовать кантовскому призыву – как можно больше расширять свой «горизонт знаний», расширять до космических пределов.

Основатель русского космизма Н. Федоров считал, что необходимо «взглянуть на мир как на целое», «обозреть все, что над ним и кругом его, и выход из этого обозрения целого и частей сделать средством жизни» [1, с. 511]. Обществу необходим не просто инженер знающий, но инженер разумный, воспринимающий природное и социальное как целостное явление, более того, страдающий, переживающий за эту целостность, за все, происходящее в мире. Вскрывая глубинные противоречия техносферического мира, инженер должен разрешать их в категориях нравственности, совести, человеческого достоинства. По сути, необходим, говоря словами Н. Федорова, «нравственный переворот», который должен «переориентировать человека, изменить его душевный склад, приемы мышления, общественную организацию» [5, с. 93].

Традиционная (классическая) философия инженерного образования уже не отвечает современным научным и философским представлениям о мире и сталкивается с непреодолимыми трудностями, пытаясь увязать познавательные и нравственные аспекты образования. В этих условиях (господства традиционных гетеротрофных моделей образования) никакая гуманитаризация образования, в том числе техническая, не будет иметь успеха. Ведь ставится задача подготовить очередного покорителя природы, и тогда все так называемые «гуманитарные рассуждения» в лучшем случае повисают в воздухе, в худшем – порождают очередную утопию. Особенно это характерно для инженерно-технического образования. Если перед инженером стоит задача спроектировать и сконструировать технологическую

систему, абсолютно индифферентную к природным системам, то о какой гуманитаризации образования может идти речь?

Подлинная гуманитаризация образования возможна только на путях автотрофности, поскольку автотрофное видение мира предполагает, во-первых, пристальное и бережное внимание к природным (прежде всего, природно-биологическим) механизмам, во-вторых, создание на этой основе социально-техносферических механизмов, отвечающих космологическим потребностям (автономности, оптимальности, гармоничности).

На что может надеяться современный инженер?
Перемены последних десятилетий во всех областях человеческой жизнедеятельности, прежде всего связанных с созданием техносферы, требуют проектирования и конструирования новой инженерной образовательной системы с учетом перспективных изменений в технике и технологии, которые произойдут в XXI веке. Какой инженер будет востребован в XXI веке?

Инженер обязан будет проектировать и конструировать сложные техносферические системы, органически включенные в природно-биосферно-космические системы.

Это потребует фундаментальной подготовки в области естество - и обществознания. Из естественных наук особое значение приобретают нанотехнология, биоинженерия и микроэлектромеханика. В области общественных наук выйдут на передний план дисциплины, связанные с изучением закономерностей биотехно - и ноосферы. Инженерия должна особенно внимание обратить на антропобиоэнергоинформатику в

связи с всеобъемлющим переходом человечества на автотрофный образ жизни. Инженерное проектирование будет связано с проектированием новых (автотрофных) социальных и природных реальностей, в том числе самого человека.

Таким образом, современный инженер должен получить фундаментальную и технологическую подготовку через призму космологических ориентиров (автономности, оптимальности и гармоничности). Только в этом случае мы сможем уверенно сказать: «Инженер – это звучит гордо».

1.4. Фундаментальное и технологическое знание в инженерно-техническом образовании XXI века

XXI век – это век интеграции (согласования) науки, технологии, образования. Особенную важность приобретает инженерно-техническое образовательное знание, которое должно согласовать различные векторы образования, науки и технологии в единый образовательно-технологический организм, связанный с проектированием и конструированием техносферических систем будущего. Это предполагает усиление фундаментальной и технологической составляющей при подготовке инженера [1, с. 154-192]. При этом возникают вопросы: что же необходимо понимать под фундаментальной и технологической подготовкой современного инженера?

В обществе (в том числе в официальной науке) до сих пор доминирует представление о фундаментальных и прикладных

науках. Фундаментальные науки выявляют в «чистом виде» закономерности природы и общества, а прикладные ищут способы применения на практике того, что познано теоретическими науками. Суть концепции в следующем: фундаментальные науки – это науки теоретические, прикладные же «науки» лишены собственного теоретико-познавательного смысла и сводятся к определенным технологическим рецептам внедрения результатов фундаментальных наук в производство, в практику. В таком случае существуют не два класса наук (фундаментальные и прикладные), а один – класс фундаментальных наук. Именно в таком ключе проводил в свое время классификацию наук акад. Б.М. Кедров. Наряду с фундаментальными науками он выделял «науки прикладные», лишенные собственного предмета исследования. Например, математика (прикладные отрасли математики), физика (прикладные отрасли физики) и т.д. Более того, в класс прикладных «наук» включены и такие науки, которые с большой натяжкой можно отнести к прикладным отраслям естество - и обществознания. Это науки технические, сельскохозяйственные, медицинские и другие, которые по характеру являются междисциплинарными и тесно связаны с общественным производством [2, с. 40].

Вышеизложенный взгляд на фундаментальное и прикладное знание доминировал в XX веке. Но за последние полвека в науке, в технологии, образовании произошли кардинальные изменения. Были сделаны величайшие фундаментальные и технологические открытия. Биосфера стремительно стала замещаться техносферой. Это привело к

рассогласованию между фундаментальной наукой, технологией и образованием. Технологические знания, которые ранее представлялись как прикладные отрасли фундаментальных наук, стали обретать собственную теорию. Особенно это характерно для технического знания. Образовательные системы наряду с фундаментальной составляющей все более наращивали технологическую. Технологическое развитие общества идет по пути глубокой интеграции науки, производства и образования [3; 4].

Таким образом, наряду с фундаментальными науками формируются и интенсивно развиваются науки технологические, тесно связанные с фундаментальной наукой, образованием и общественным производством. Если фундаментальные науки описывают естественные процессы (природные и социальные), то технологические науки - процессы искусственные, созданные человеком. Системно-методологический переворот в науке, который связан с переходом от фундаментально-прикладного к фундаментально-технологическому, оказал огромное влияние на образование. Этот переворот связан главным образом с осмыслением мира естественного и мира искусственного, согласованием этих миров.

Общепринятое представление о структуре наук (деление на фундаментальные и прикладные) основано на гносеологических предпосылках конца XIX - начала XX веков и к настоящему времени безнадежно устарело. Автор настоящей статьи ещё в начале 80-х годов прошлого столетия предлагал перейти к более адекватной дихотомии «фундаментальное-

технологическое» [5]. В основе деления наук на фундаментальные и технологические лежит глубинное онтологическое противостояние естественного и искусственного, что позволяет раскрывать диалектику онтологического, гносеологического и образовательного в современной высшей школе. При этом как фундаментальные, так и технологические науки будут иметь свои поисковые и прикладные исследования [3, с. 54-67, 154-173].

Предложенная нами фундаментально-технологическая структура научного знания позволяет с системно-методологических позиций оценить интеграцию российской высшей школы в единое европейское образовательное пространство (так называемый «Болонский процесс»), предполагающее введение двухциклового обучения в высшей школе, подготовку бакалавров на первой ступени и магистров – на второй [6; 7]. С этих позиций, бакалавр – это знающий специалист, он должен иметь представление о естественных закономерностях развития как природно-биосферных, так и техносферических явлений. На этом уровне главное сформировать целостно-фундаментальное представление о мире. Обобщенные программы фундаментальных курсов естество – и обществознания позволят ему определиться в любой профессиональной деятельности и по желанию продолжить дальнейшее образование в магистратуре. Основная проблема здесь: насытить фундаментальные курсы технолого-прикладными знаниями и умениями, т.е. придать фундаментально-университетскому образованию рыночно-практическую направленность. Европейская система подготовки бакалавров, как правило, носит ограниченный характер и не

выходит за рамки подготовки выпускника нашего техникума. Другими словами, фундаментальная тотальность нужна не только европейскому бакалавру, но и нашему, российскому. Просто нашему бакалавру, в силу особенностей исторического развития (усиленная фундаментальная подготовка), это будет сделать проще.

Магистр же должен не только знать, но и уметь. Но это не технолого-прикладные (предметно-материальные) умения бакалавра, а тотальные умения, предполагающие развитую интеллектуально-мыслительную, исследовательскую деятельность, направленную на инновационную деятельность. А для этого он должен иметь полное представление не только о фундаментальном, но и о способах и методах инженерной инновационной деятельности. Тотальная технологичность на основе фундаментальной подготовки позволит получить всесторонне развитого профессионала-инженера, инженера-мыслителя космического масштаба, способного дать всеобъемлющую оценку планетарно-технологической деятельности. Магистр должен научиться превращать (трансформировать) фундаментальное знание в глубинную методологию. То есть, если инженер-бакалавр – это инженер-предметник, то инженер-магистр – это инженер-методолог, исследующий, проектирующий и конструирующий биотехнологические системы в соответствии с биоавтотрофнокосмологическими закономерностями (автономности, оптимальности и гармоничности). Это важное обстоятельство не учитывается как европейской высшей школой,

так и нашей, российской. Тотальная фундаментальность и технологичность позволяет «выйти из пространства знаний в пространство деятельности и жизненных смыслов» [6, с. 35]. Европейская система подготовки магистров ограничивается в основном исследовательско-менеджерскими качествами, российскому же дипломированному специалисту не хватает солидной методолого-технологической и мировоззренческой подготовки.

Подготовка инженеров-методологов аксиологического плана – это проблема планетарного масштаба. Например, современное атомное энергетическое производство переживает во всем мире глубочайший кризис. Это связано прежде всего с проблемой захоронения радиоактивных отходов. Искусственная радиоактивность, порожденная энергетическими реакторами, созданными человеком, не сопрягается с радиоактивностью естественной среды. Проблема захоронения (уничтожения) радиоактивных отходов до сих пор удовлетворительно не решена, что перерастает в громадную геополитическую и экологическую проблему. Очевидно, что решение проблемы надо искать не в предметно-техническом плане (поиск новых типов реакторов, не связанных с окружающей средой), а в системно-методологическом, с выходом на планетарно-биосферные процессы в целом. Единственно правильное решение в области реакторостроения, как подчеркивают инженеры-методологи, связано с созданием поколения реакторов, обладающих *естественной безопасностью*. Другими словами, надёжность реакторов достигается не за счет технико-технологического

укрепления или изменения тех или иных конструктивных узлов, а должна быть заложена в природе самого реактора. Он должен работать на таких физико-химических и инженерных решениях, чтобы выход «за пределы естественного» был в принципе невозможен при любых экстремальных условиях [3, с. 132-135]. Таким образом, физиков-атомщиков необходимо знакомить не только со всем многообразием инженерных атомных технологий во всем мире (инженерно-предметное знание), но и с атомными процессами, происходящими в природе, биосфере и техносфере в целом (тотальное инженерно-фундаментально-технологическое знание). А это принципиально иная стратегия подготовки специалистов атомно-энергетического производства. Стратегия инженерно-космологического порядка. Необходим системно-методологический переворот, который должен переориентировать инженерно-техническое образование в космологическом направлении. Любой инженер (независимо от специальности) должен проектировать и конструировать сложные техносферические системы, органически включенные в природно-биосферно-космические системы. В этом, на наш взгляд, суть инновационного инженерного университетского образования глобального масштаба.

Двухцикловая подготовка бакалавров и магистров технического профиля требует глубокого философско-методологического переосмысления с учетом настоящих и будущих реалий как в России, так и за рубежом. Практика показывает, что освоение инженерных методологических знаний, тем более связанных с глубинной философской методологией,

дело чрезвычайно трудное, требующее изменения сознания и мышления как инженерно-педагогических работников, так и инженеров, непосредственно связанных с общественным производством. Необходимы учебные дисциплины, напрямую связанные с системно-методологической, проектно-конструкторской деятельностью. Но такие дисциплины до сих пор не сложились. А ведь для инженерии (для подготовки бакалавров и магистров) это самое важное, что было показано нами на примере атомного энергетического производства.

Фундаментально-технологическая направленность инженерного образования позволяет выстраивать стратегию перехода технического университета в «Университет единой культуры, который будет во взаимосвязи исследовать естественный и искусственный миры и готовить специалистов, способных создавать искусственный мир, гармонически взаимодействующий с природой, человеком, обществом»

1.5. Идея автотрофности и проблемы высшего технического образования

В начале третьего тысячелетия зарубежными и отечественными учеными предложены различные модели реформирования высшего технического образования. Вместе с тем, эти модели 1) не учитывают особенностей инженерно-технической подготовки в России 2) в них отсутствует биокосмологический фактор развития. Нами предложена биоавтотрофнокосмологическая концепция высшего технического

образования [7], которая отличается следующими преимуществами: 1) стратегически космологической направленностью человеческой деятельности; 2) учетом русского национального менталитета, 3) системной интегративностью проявлений всех сторон образовательной деятельности (3; 8; 9).

Нужна новая модель развития высшего технического образования, которая отвечала бы выше перечисленным преимуществам (требованиям будущего). Важно отметить, что автотрофность как идея (концепция, стратегия, принцип) выступает в качестве высшей ноосферно-техносферической цели, которая не только объединит все человечество, но сумеет решить стоящие перед ними глобальные проблемы.

Автотрофность как методологический принцип раскрывается в ряде атрибутивных характеристик, важнейшей из которых является гармоничность существования природных и социальных систем. По отношению к инженерно-техническому учебно-образовательному знанию автотрофность (гармоничность) означает биокосмологическую направленность инженерно-технического знания. Биологический блок дисциплин, рассмотренный с космологических позиций, должен стать во главу угла фундаментально-инженерного и инженерно-прикладного учебного знания. Еще полвека назад В.И. Вернадский высказал мысль о том, что «биологические науки должны стать наравне с физическими и химическими среди наук, охватывающих ноосферу» [10, 183]. Обращаясь к будущему инженерно-техническому комплексу знаний, следует высказаться еще решительнее: биокосмологические учебные дисциплины должны

стать не наравне, а во главу угла всякого инженерно-технического знания. И это исключительное положение биокосмологического знания диктуется стратегическими целями высшего технического образования, неразрывно связанными с автотрофностью будущего человечества.

Действительно, как совместить в единое целое учебные курсы генетической и структурно-функциональной направленности? Только с помощью блока биокосмологических учебных дисциплин. Биокосмологическое знание является тем интегративным узелком, вокруг которого соберется все многообразие дисциплин инженерно-технического профиля. В современном биологическом знании в снятом виде содержатся все предбиологические (генетические и структурно-функциональные) формы и виды, а также намечены постбиологические эволюционные направления, вплоть до появления человека космического (автотрофного). Биокосмологическое знание связывает воедино знание о косном и живом веществе, о механизмах «перехода» неживого в живое вещество под влиянием космических излучений.

Следует отметить, что дисциплины бионического и биотехнологического профиля постепенно начинают входить в структуру современного инженерно-технического знания. Но все это делается бессистемно, без понимания стратегических космологических целей инженерно-технического образования, связанных с подготовкой космоинженеров, проектирующих и конструирующих космотехносферические построения будущего. Автотрофная (биокосмологическая) направленность инженерно-

технического образования потребует пересмотра традиционных дисциплин, ориентированных на традиционные гетеротрофные технологии. Так, учебные курсы генетической направленности примут следующий вид: биоастрофизические, биокосмопланетарные, биокосмосоциальные; учебные курсы структурно-функциональной направленности: биокосмофилософские, биокосмо-математические, биокосмотермодинамические, биокосмомеханические, биокосмофизикохимические и биокосмокибернетические.

Что же лежит в основе генетической и структурно-функциональной составляющих научно-технологического знания? Высказывается предположение о Едином космологическом коде, изначально заданном и содержащемся в электромагнитном спектре.

Автотрофность (гармоничность) предполагает и автотрофность (оптимальность) функционирования инженерно-технических знаний. Под этим подразумевается прежде всего цикличность, повторяемость учебных дисциплин от курса к курсу. Но повторяемость не механическую, а с учетом усложнения и обогащения учебного материала. Автотрофность (оптимальность) потребует представления фундаментально-инженерных и инженерно-прикладных курсов в виде циклического нарастания (и уплотнения) учебной информации от первого до последнего курса. Предметные и функциональные циклы дисциплин должны быть увязаны между собой в один, всеобъемлющий цикл, который даст возможность наглядно-графически представить все многообразие современного и будущего инженерно-технического знания.

И, наконец, автотрофность (гармоничность) позволит наладить деловые личностные отношения между фундаменталистами и технологистами. Автотрофность как важнейшая составляющая русского космизма явится тем общим делом, которое, во-первых, объединит фундаменталистов и технологистов, поскольку возникают точки соприкосновения (биокосмологический аспект одинаково интересен тем и другим), во-вторых, общие биокосмологические интересы неразрывно связаны со стратегическими целями не только инженерно-технического образования, но и образования в целом.

Смысл университетского образования заключается в том, чтобы все многообразие учебных и научных дисциплин объединялось единым фундаментальным началом. В новом тысячелетии, как нам представляется, в качестве такого объединяющего начала должны выступить дисциплины биоавтотрофнокосмологического плана. Это и будет тем концептуальным ядром технического университетского образования, которое позволит поднять систему образования на принципиально новый уровень. Под эту концепцию должны выстраиваться соответствующие инженерно-технические образовательные технологии (назовем их «автотрофными образовательными технологиями»), раскрывающие логику становления и развития инженерно-технического учебного знания.

Инженер XXI века – это космоинженер, проектирующий и конструирующий космотехносферические системы по законам автотрофности (автономность, оптимальность и гармоничность). Это в полной мере относится к инженерным образовательным

технологиям.

Автотрофная (автономная) составляющая образовательного учебного знания связана с внутренней логикой развития учебных и научных знаний, когда, действуя автономно и даже вопреки очевидному (общепринятому), настаивает на доведении внутриучебных и внутринаучных детерминант до логического завершения. Так, в ряде вузов созданы фундаментальные отделения, но они включают в себя только кафедры естественно-математического профиля. Вместе с тем автотрофная (автономная) образовательная составляющая требует включения в состав фундаментального отделения кафедр философско-культурологического и социально-исторического плана. Только в этом случае сформируется действительно фундаментальное инженерно-техническое образование. Именно в этом ключе необходимо усиление (возрастание) фундаментализации высшего образования вообще.

Автотрофная (оптимальная) образовательная составляющая означает циклическую саморефлексию развивающегося учебного и научного знания, когда идет наращивание внутренней мощи знания, приводящего к перекристаллизации и «уплотнению» учебных и научных знаний в единое целое. Предметные и функциональные циклы учебных дисциплин должны быть увязаны между собой в один всеобъемлющий цикл, который даст возможность наглядно-графически представить все многообразие современного и будущего инженерно-технического знания. Нами в этом ключе выстроена стратегия изучения философии в инженерно-

техническом вузе будущего (от философского обобщения школьного материала до сдачи кандидатского экзамена по философии). Такие же стратегии могут быть спроектированы для всех фундаментальных дисциплин инженерно-технического вуза. Затем встанет задача системной стратегической компоновки (интеграции) частных фундаментальных стратегий в единое целое.

Автотрофная (гармоничная) образовательная составляющая раскрывает механизм совмещения фундаментальных учебно-научных знаний с технологическими знаниями. Это самая неразработанная часть инженерных образовательных технологий. Для этого необходимо формировать технологические отделения, которые бы «стянули» воедино все многообразие инженерно-профилирующих дисциплин. А это возможно только в русле Национальной доктрины как образования в целом, так и инженерного в частности. Разные модели и доктрины образования будут определять технологическую специфику подготовки инженеров в той или иной стране. Российское инженерное образование нуждается в собственной стратегии. Автотрофная составляющая (гармоничность) требует при проектировании техносферы отдавать приоритет естественному (естественноисторическому) природно-социальному знанию. Именно в этом плане инженерно-техническое образование приобретет необходимую фундаментальность и гуманистическую направленность.

Таким образом, проектирование автотрофных, образовательных технологий в техническом университете будет протекать по линии автономности, оптимальности и

гармоничности.

1.6. Автотрофная формула изобретения

Строгого определения понятия «изобретение» не существует. Вместе с тем критерии изобретения известны: 1) мировая новизна, 2) изобретательский уровень технического решения, 3) промышленная применимость [10, с. 95-102]. К выше названным критериям в последнее время стали добавлять инновационный критерий, направленный на сервисно-потребительскую значимость (применимость) изобретения [11]. В современных условиях тотальной глобализации и технологизации общественного производства, когда на первый план выходит проблема безопасности и выживания человечества, собственно технические и инновационные критерии оценки того или иного изобретения оказываются недостаточными. Техника и технология, все более включаясь в общекультурологические и цивилизационные процессы, требует для своей оценки дополнительных характеристик, связанных с экологической проблематикой. Другими словами, техническое изобретение (или комплекс изобретательских решений) должно быть оценено с точки зрения влияния на окружающую среду как природную, так и социальную. На это обращает внимание Б.И. Кудрин, выделяя в качестве внешних проявлений изобретательской деятельности «материалы, продукцию и отходы» [12, с. 7]. В этом случае имеет смысл говорить о техноценозах вообще [12, с. 11]. Это значительно расширяет критериальный план изобретательского

дела, осуществляя «переход в надсистему Целей, где первоначальная Цель становится частным случаем» [13, с. 216].

Изобретатель переходит на более высокий уровень – от технико-технического к технико-техносферическому. Техническая формула изобретения (новизна, изобретательский уровень, промышленная и инновационная применимость) расширяется за счет техноэволюционных характеристик, учитывающих системно-долговременное воздействие результатов изобретательской деятельности на окружающую среду. Назрела проблема перехода изобретательского дела на техносферический уровень, связанный с логикой и закономерностями техноценоза в целом.

Техносфера, в свою очередь, включена в природно-биосферные системы; поэтому встает более широкая проблема совмещения техносферического и природно-биосферического. Это уже планетарно-космический уровень, превращающий изобретательскую Цель в общечеловеческую и космическую. Изобретатель превращается в Мыслителя.

Нам представляется, что в эпоху все большего нарастания противостояния техносферического и природно-биосферического, в объект технического изобретения необходимо включать не только технико-технические и техносферические характеристики, но и характеристики планетарно-космического плана. Встает проблема органического совмещения искусственного и естественного.

Органическое включение техносферы в природно-биосферный план выводит нас на гениальную идею «автотрофности человечества», высказанную русской

космической мыслью, прежде всего трудами Н. Федорова и В. Вернадского [1; 14].

Главное в автотрофном представлении о мире: независимость человеческого существования от окружающего его живого вещества – растений и животных, непосредственный синтез пищи без посредничества организованных существ. Автотрофное человечество состоится только в том случае, если оно сумеет изменить форму питания и источники энергии, используемые в общественном производстве [14]. Изменить в сторону гармонизации естественного и искусственного, фундаментального и технологического. Это единственный способ радикально решить глобальные проблемы, прежде всего экологические. Несмотря на это, международные финансовые организации и корпорации наложили строжайший запрет на развитие революционных идей в области технического изобретательства (автотрофных по существу), искусственно сохраняя традиционно-паразитарные технологии, уничтожающие невозполнимые биосферные запасы Земли – нефть, газ, уголь и т.д. [15, с. 33-34]. Мировая изобретательская мысль занялась беспрецедентным совершенствованием сервисной техники, а не революционными прорывами, связанными с трансформацией солнечной и космической энергии, атомным и ядерным синтезом. Вместе с тем технологическое преобразование природной энергии в электрическую, управляемый атомный и ядерный синтез являются эволюционно-технологической основой перехода человечества на новый планетарно-космический этап своего развития – автотрофный.

Опираясь на работы русской комической школы, нами сформулированы отличительные черты автотрофной техники и технологии. Во-первых, автономность (независимость от живого вещества), во-вторых, оптимальность (технологичность с развитой обратной связью – цикличность), в-третьих, гармоничность (плавное вхождение искусственных технологий в природно-биосферные технологии) [9, с. 124, 137, 171-172].

Универсализм и глобальность идеи автотрофного человечества не позволяет напрямую связать её в качестве цели изобретения. А вот её производные (автономность, оптимальность и гармоничность), в качестве целеобразующих принципов можно включать и в состав формулы изобретения. Эксперту в своей работе приходится жонглировать тремя техническими критериями патентоспособности: новизной, изобретательским уровнем и применимостью. Кто знаком с формально-логическим термином «порочный круг» в структуре доказательства понимает, насколько непрочен фундамент под зданием экспертизы. Следующим аспектом экспертизы является уточнение цели изобретения, которая в неявном виде присутствует в критерии «применимость», и оценка вероятности её достижения с помощью способов и средств, изложенных в заявке. И, наконец, формула изобретения должна включать в себя экологические факторы (материал, продукция, отходы). А с учетом автотрофных характеристик (прежде всего, гармоничности) – включать в себя и изобретательское творчество природы. В этом случае необходимо определить весь спектр приемов, которыми она пользуется для снятия внутренних и внешних противоречий, создать патентный

фон природы по таким разделам, как Биосфера, Социосфера, Техносфера, классифицировать и кодифицировать его содержание по аналогии с техническим патентным фондом [13]. Не проделав этой кропотливой работы, приступать к материализации («обжелезивание» и доведение образца до серийного выпуска) автотрофной идеи русских космистов затруднительно. Патентный фонд Природы необходимо дополнить культурно-историческим патентным фондом, который включает в себя научно-техническую память человечества. Реконструкция прошлых изобретательских достижений поможет зафиксировать этапы рождения, жизни и смерти многих научно-технических изобретений и даже отметить случаи их «реинкарнации» на новом витке развития.

Таким образом, в объекте технического изобретения необходимо различать три уровня: 1) внутрисистемный, связанный с собственно техническими характеристиками изобретения (новизна, изобретательский уровень, применимость); 2) надсистемный, учитывающий логику и закономерности техноценоза в целом (материал, продукция, отходы); 3) планетарно-космический, позволяющий выйти на «автотрофное человечество будущего» (автономность, оптимальность и гармоничность).

Переход с одного уровня изобретательского дела на другой повышает значимость и применимость технического изобретения, а, главное, все более способствует духовным потребностям развивающегося человечества.

Автотрофный подход позволит полномасштабно оценить значимость того или иного технического изобретения. Это в

полной мере относится к перспективным технологическим поискам и изобретениям. Например, современная атомная энергетика в определенной мере отвечает двум важнейшим качествам (требованиям) автотрофности – автономности и оптимальности. Автономность существования и оптимальность функционирования атомно-энергетических установок связана с особенностью атомного топлива (эксплуатация косного вещества с высокой степенью компактности).

В настоящее время проектируются и находят промышленное применение так называемые «реакторы на быстрых нейтронах», в которых задействован замкнутый топливный цикл с выключением актиноидов и «трансмутацией долгоживущих». Внедрение реакторов такого типа позволит выполнить третье (важнейшее) условие автотрофности – гармоничность существования с окружающей средой. Это связано прежде всего с проблемой захоронения радиоактивных отходов. Искусственная радиоактивность, порожденная энергетическими реакторами, не сопрягается с радиоактивностью естественной среды. Поэтому происходит разрушение как реакторов, так и природно-биосферных систем. Очевидно, решение проблемы надо искать в другой плоскости, переводя изобретательскую задачу на второй, а затем и на третий уровень. Глобальная проблема: гармонически увязать воедино естественно-физические и искусственно-технологические атомные энергетические характеристики. В области реакторостроения в настоящее время поиск ведется в направлении создания поколения реакторов, обладающих естественной безопасностью. Другими словами,

надежность реакторов достигается не только за счет технико-технических и технико-технологических изобретательских решений, но и за счет учета планетарно-космического фактора, заложенного в природе самого реактора. Он должен работать на таких физико-химических и инженерно-изобретательских решениях, чтобы выход за пределы «естественного» был в принципе невозможен при любых экспериментальных условиях [9, с. 55-56; 16; 17].

Идея «автотрофности будущего человечества», высказанная русской космической мыслью, позволяет поднять изобретательское дело на уровень современных мировоззренческих и методологических требований, дать полномасштабную оценку того или иного технического изобретения.

1.7. Логика Н. А. Васильева и проблемы и инженерно-технического инновационного образования

Инновация проявляется в двух основных видах: фундаментальном и технологическом. Фундаментальная инновация связана с поиском новых знаний, значимых для инженерии и культуры в целом. Технологическая – придает этому знанию вид рыночного товара. Существует принципиальная разница между фундаментальной и технологической инновациями (разные языки, методы, методики). Особенно остро эту разницу чувствует инженер (проектировщик и конструктор), который

живет по обе стороны этих миров и преодолевает её на протяжении своей жизни неоднократно. Современная логика (и методология) должна помочь в возведении «мостов» между двумя видами инноваций и обеспечить инженера (и педагога) надежными картинами мира (предпочтительно на обоих языках) [3].

На наш взгляд, в качестве системно-инструментальной логики, объединяющей фундаментальное и технологическое инженерное знание, выступает логика Н.А. Васильева (1880-1940).

Н.А. Васильеву принадлежит всего несколько статей по логике, опубликованных в 1910-1912 гг. Спустя полвека его начинают ставить в ряд с Н. Лобачевским. Если последний положил начало неевклидовой геометрии, то Васильев является основателем неаристотелевой логики [18]. Революционный переворот в логике, сделанный Васильевым, заключается в том, что он различал эмпирическую («аристотелеву») логику, основанием которой является закон противоречия, и металогику (логику иных миров) – воображаемую логику, где закон противоречия отсутствует. Воображаемая логика строится на основе замены логических констант, которые имеют значимость только для актуального мира, на иные константы, благодаря чему создаются различные «воображаемые миры». Овладев логическим фундаментом, предложенным русским мыслителем, можно успешно решить ряд проблем, поставленных современным инженерно-техническим образованием. Особенно важным представляется глубинное онтологическое противостояние естественного и искусственного, и на этой основе –

противостояние фундаментального и технологического в современном инженерно-техническом образовании.

Васильев различал земную («аристотелеву») логику, основанием которой является закон противоречия, и логику космическую (иных миров), где закон противоречия отсутствует: «Закон противоречия, – отмечает он, – есть закон земной жизни; при его помощи мы хорошо разбирается в наших земных отношениях и мы не находим нигде противоречивых вещей. Но почему не предположить во Вселенной, беспредельной в пространстве, безграничной в своем разнообразии, такие миры, где бы реально существовали противоречивые вещи? ... Если бы в тех мирах противоречия был познающий ум, то он приспособил бы свою логику – формальную возможность суждения и вывода – к наличности противоречия в своем мире, как мы приспособили её к отсутствию противоречия в нашем мире» [18, с. 99]. Противоречия, изгоняемые из формальной (аристотелевой) логики и вводимые вновь в динамическую (гегелеву) логику, – отсутствуют в воображаемой логике Васильева. Противоречие предполагает двухмерность человеческого мышления, за границы которого оно не в состоянии выйти. Жесткая, двухмерная дискретность человеческого мышления порождает трудноразрешимые современные глобальные противоречия.

Особенно ярко несостоятельность двухмерной формальной и диалектической логики видна при рассмотрении диалектики «естественного и искусственного». Современная логика и методология науки, как правило, жестко противопоставляет «естественное» «искусственному» [3, с.7-9].

Максимально расширяя область естественного (это не только социальное, но и природное), мы приходим к весьма неправильным выводам в теории познания.

Во-первых, что природное естественно, не вызывает сомнений, но что природное искусственно, т.е. обладает саморегулирующим, технологическим началом, является для современного естествознания проблемой номер один. Во-вторых, что социальное искусственно, также не вызывает сомнений, но что социальное естественно, т.е. включено в более широкие природно-космические системы, является для современного обществознания также проблемой номер один.

Выходит, одно и то же явление (природное или социальное) можно рассматривать с двояких, прямо противоположных позиций: естественных и искусственных. Природное можно вообразить как явление искусственное, и, наоборот, социальное можно вообразить как явление естественное. Такой логический прием запрещен формальной логикой и не предусмотрен диалектической (гегелевой) логикой. Гегелевский панлогизм исключает методологическую рефлексию по поводу любых противоположных категорий, в том числе категорий «естественное и искусственное».

Осмысление природы как явления искусственного, технологического только начато. Как верно отметил А. Ивахненко: «Природа создала человека, и человек в силах рано или поздно повторить «творчество» природы искусственно» [19, с. 29]. Несомненно, технологический подход к природным явлениям – это своеобразный логико-методологический прием, дающий

возможность естественное (природное) представить (вообразить) как искусственное. Но за этим приемом скрывается глубокий онтологический смысл. Постигая логику природного (естественного), человек на первых порах наделяет природные качества творческими человеческими качествами, но, по мере проникновения в тайны природы, выявляет объективно-истинный саморегулирующий характер природных процессов. У природы существует своя логика и свой смысл, несводимые к человеческой логике и человеческому смыслу.

Постичь смысл (осмысленность), а значит, и технологичность природных образований – важная задача науки, техники и образования. Трудность разгадки тайн природы заключается в том, что грани между человечески-данным и природно-скрытым весьма размыта.

При этом не нужно противопоставлять (вплоть до изничтожения противного) природное как естественное и природное как искусственное. Обе методологические позиции необходимо одновременно «держать в голове», сопоставляя и сравнивая результаты. Весьма тонко по этому поводу высказался известный российский астрофизик Н.С. Кардашев: «Вероятно, на современном этапе наиболее целесообразно для объектов неизвестной природы одновременно держать в голове обе возможности – «естественное» объяснение объектов, возникших в результате эволюции безжизненной Вселенной, и объектов, которые можно было бы назвать «космическим чудом», которые могли бы возникнуть как следствие длительной эволюции разумной жизни во Вселенной. Обе концепции способны

генерировать эксперименты, ставя которые мы выясним, какое из предположений ближе к истине. Поэтому «презумпция» естественности каждого астрономического объекта кажется совершенно неприемлемой. Такая презумпция является насилием над творческой деятельностью» [20, с. 40]. Двойко-целостное (естественно-искусственное) восприятие того или иного объекта весьма непросто, и есть опасность абсолютизации естественного или искусственного взгляда на природный мир. В таком случае идет возвращение в лоно аристотелевой логики со всеми вытекающими последствиями. Способ совмещения естественного и искусственного на природное (да и на социальное) можно назвать интегральным, а новое научное отображение – интегральной научной картиной.

Совмещение естественного и искусственного в одну, единую, полную картину знания представляет собой методологический голографизм (термин «методологический голографизм» предложен нами); он таит в себе возможность колоссального уплотнения научной информации. Осуществление данной методологической задачи (когда один и тот же объект рассматривается с различных позиций) позволит одновременно схватывать настоящее, прошлое и будущее природного явления. Это будет подлинным научным и инженерно-техническим переживанием. Но овладение методологическим голографизмом потребует нового языка и логики мышления. В качестве фундамента построения новой логики и методологии науки может послужить воображаемая логика Н. Васильева. Он пророчески писал: «Я прекрасно осознаю, что защищаемая здесь мысль об

иной логике противоречит тысячелетнему убеждению человечества и способна возбудить многочисленные недоумения и возражения.... » [18, с. 93]. Логика конца XX века вплотную подошла к осмыслению вообразимой логики Н. Васильева, которая в свою очередь даст возможность ответить на многочисленные вопросы, поставленные инженерно-техническим образованием.

Недостаточность аристотелевской логики видна при рассмотрении диалектики «естественного и искусственного», которая жестко противопоставляет одно другому. Вместе с тем, современная техника и технология все более проникается молекулярно-нанотехнологическими идеями, где граница между естественным и искусственным постепенно стирается. В этом случае необходим решительный поворот к многофакторной и многомерной логике Васильева, которая позволяет соединить воедино мир естественный и искусственный. С этих позиций нужно кардинально пересмотреть структуру и логику инженерного мышления, структуру и логику инженерно-технического образования.

Используя разработанные нами методологические рекомендации [3], можно решить ряд проблем в инженерно-техническом образовании.

Логика (и методология) Васильева позволяет:

1. трансформировать инженерно-технические разработки для решения глобальных культуролого-цивилизационных задач (прежде всего, экологических);

2. органически сочетая достижения инженерной культуры Запада и Востока, выстраивать образовательную траекторию на основе национальных особенностей России;
3. проектировать и конструировать техносферические миры по биоавтотрофнокосмологическим законам (автономности, оптимальности и гармоничности);
4. органически совмещая естественные и искусственные миры, провести тотальную фундаментализацию и технологизацию инженерного образовательного знания;
5. упорядочить (классифицировать и систематизировать) конкретно-исторический массив инженерного, в том числе образовательного знания, и на этой основе дать полномасштабную оценку планетарной инженерно-технологической деятельности;
6. интегрировать естественные, гуманитарные и технические дисциплины с точки зрения стратегических глобальных интересов России и всего человечества;
7. выстраивать техносферический мир по законам справедливости и красоты.

Овладение логикой (и методологией) Н.А. Васильева станет возможным только на основе автотрофного видения мира, развитого русской космической школой. Современное инженерно-техническое образование нуждается в многофакторной и многомерной логике. Фундаментально-технологическая инновационная направленность инженерного образования

позволяет выстраивать стратегию профессиональной переподготовки и повышения квалификации.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ИДЕЯ ГРУППОВОГО ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЛОСОФСКОЙ НАУКИ И ПОЗВОЛЯЕТ ПОДНЯТЬ НА БОЛЕЕ ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ ИДЕЮ СИСТЕМНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНЖЕНЕРИИ, СПОСОБНЫХ АКТИВНО ГЕНЕРИРОВАТЬ НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА.

Приведённые выше объективные законы построения современной системной системы инженерного образования указывают на необходимость поиска новых форм её совершенствования. Одной из таких форм является групповое проектное обучение.

2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ГРУППОВОМ ПРОЕКТНОМ ОБУЧЕНИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ (РЭС)

2.1. Определение и свойства систем РЭС

Комплексный подход к изучению объектов известен в науке под названием «общая теория систем» или «системология». Общая теория систем (ОТС) возникла на основе изучения некоторых биологических объектов и явлений и впервые была сформулирована Л. Берталани.(21)

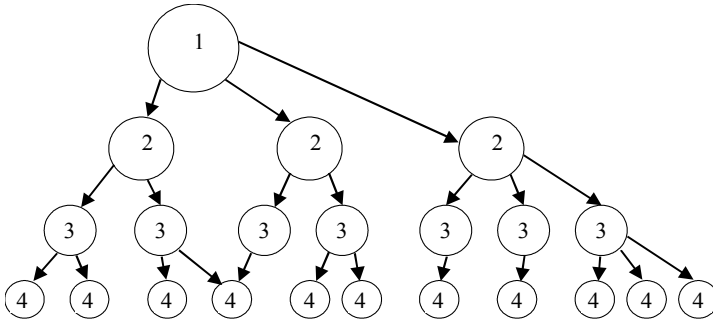
Со временем в структуре ОТС выделились два направления. Цель первого направления – развитие ОТС как некоторой философской концепции, включающей в себя такие понятия, как принцип системности, системный подход, системный анализ и т.д. В другом направлении общая теория систем представляет собой некоторый математический аппарат, претендующий на строгое описание закономерностей формирования и развития любых систем.

ОТС базируется на трех постулатах (22). *Первый постулат* утверждает, что функционирование систем любой природы может быть описано на основе рассмотрения формальных структурно-функциональных связей между отдельными элементами систем. Влияние материала, из которого состоят элементы систем, проявляется в формальных характеристиках системы (ее структуре, динамике и т.д.). *Второй*

постулат состоит в том, что организация системы может быть определена на основе наблюдений, проведенных извне посредством фиксирования состояний только тех элементов системы, которые непосредственно взаимодействуют с ее окружением. *Третий постулат* заключается в том, что организация системы полностью определяет ее функционирование и характер взаимодействия с окружающей средой. Эти постулаты дают возможность определить организацию системы, исходя из характеристик взаимодействия с внешней средой, и характеристики взаимодействия, исходя из организации системы.

Характерная особенность современной науки – системный подход: изучение объекта как целостности и элементов объекта как частей системы и как подсистем, выявление вида связей между этими частями и самого объекта с другими. Если технический объект – система, состоящая из взаимодействующих частей, а его части – подсистемы из частей более низкого уровня, то совокупность взаимодействующих технических систем – это надсистема (рисунок 2.1). К составным частям системы самого низкого уровня относятся элементы. Элемент – это часть системы, которая не подлежит дальнейшему делению с точки зрения цели системы. Так, в телевизоре к элементам, с точки зрения конструктора телевизора, относятся электрорадиоэлементы (ЭРЭ), например, интегральные микросхемы (ИМС). Но если поставить цель – спроектировать новую ИМС для того же телевизора (23), то к элементам будут относиться составные части ИМС – подложка, корпус, выводы. А с точки зрения физика, телевизор состоит из

таких элементов, как атомы, молекулы, p - n переходы, контакты и т.д.



1 – надсистема; 2 – системы; 3 – подсистемы; 4 – элементы

Рисунок 2.1 – Схема системного подхода

Системный подход к развитию техники означает умение видеть, воспринимать, представлять техническую систему как единое целое во всей ее сложности, со всеми связями и их изменениями, сочетая разные, но взаимодополняющие подходы: **компонентный**, изучающий состав системы (надсистема, техническая система, подсистема); **структурный**, изучающий взаимное расположение подсистем в пространстве и времени, связи между ними; **функциональный**, рассматривающий функции технической системы и ее подсистем, роль технической системы в надсистеме; **генетический**, изучающий становление технической системы, этапы ее развития и замену одной системы другой.

Системой (от греческого *sysntema*: целое, составленное из частей, соединение) назовем некоторое множество связанных элементов, обладающих свойствами, не сводящимися к сумме

свойств отдельных ее частей. Вообще, понятие «система» весьма многогранно. Кроме приведенного, наиболее общего определения, системой можно назвать:

- порядок, обусловленный расположением частей в определенном порядке (система работы);
- форма общественного устройства (государственная система);
- совокупность частей, связанных выполнением общей функции (нервная система);
- совокупность хозяйственных единиц, учреждений, организационно объединенных в единое целое (производственно-хозяйственная система) и т.д.

Части, составляющие техническую систему, оказываются **подсистемами** – они состоят из каких-то частей, которые могут рассматриваться как подподсистемы. Техническая система «электродвигатель» состоит из подсистем: статор, ротор и т.д. Подсистема «статор» имеет свои подподсистемы: обмотку, сердечник, выводы и т.д. Каждая техническая система входит в некоторую **надсистему**. Например, техническая система «электродвигатель» входит в надсистему «привод», который, в свою очередь, входит в систему более высокого уровня – наднадсистему: надсистема «привод» входит в наднадсистему «радиолокатор» или «технологическая линия». Вообще, представление объекта в виде надсистемы, системы, подсистемы и элементов является условным и зависит от субъекта.

Если рассмотреть такие, казалось бы, не имеющие ничего общего системы как отопительная, система освещения, система

визуализации изображений, спутниковая система связи и т.п., то можно сделать вывод, что все эти системы объединяет одно свойство – **техническая система это средство достижения цели. Нет цели – нет системы.**

Любая техническая система создается для выполнения некоторого множества общественно полезных функций, достижения определенного результата. Среди них можно выделить:

- **основные** функции, для выполнения которых, собственно, и создана техническая система, причем среди основных функций существует главная, определяемая из потребности в системе;

- **второстепенные**, отражающие побочные цели технической системы;

- **вспомогательные**, обеспечивающие выполнение основных;

- **вредные**, мешающие применению технической системы.

Например, главная функция современного телевизора – прием и воспроизведение аудиовизуальной информации; основные функции – прием нескольких программ, воспроизведение цветowych и стереосигналов, воспитание мировоззрения; второстепенные функции – использование в качестве компьютерного монитора большой диагонали, объекта мебели или интерьера, прием телетекста и т.д.; вспомогательные функции – сигнализация о системе цветности принимаемого сигнала, автоматическое выключение, «замок» для детей; вредные – электромагнитное излучение, потребление электроэнергии,

необходимость в выделении определенного жилого пространства. Все эти функции неразрывно связаны между собой. На рисунке 2.2 представлена схема функций технической системы – современного телевизора(23).

За реализацию полезных функций технических систем необходимо расплачиваться: это затраты на создание, эксплуатацию и утилизацию системы, создаваемые технической системой вредные функции. Технические системы развиваются – происходит их переход из одного состояния в другое, качественно более совершенное, от простого к сложному, от низшего к высшему (24). Их развитие можно определить как увеличение отношения суммы полезных функций к сумме факторов расплаты.

Радиоэлектронные системы относятся к разряду технических систем, имеющих свои особенности. С позиций системного анализа любая радиоэлектронная система представляет собой совокупность электрорадиоэлементов различного структурного уровня, соединенных между собой электрическими, магнитными, электромагнитными, тепловыми, механическими, оптическими, акустическими, химическими и пространственными связями, выполняющими единую функцию на объекте функционирования (25).

Вспомогательные: сигнализация о системе цветности принимаемого телесигнала, автоматическое выключение, «замок» для детей

Техническая система
– современный
телевизор

Второстепенные: использование в качестве компьютерного монитора большой диагонали, объекта мебели или интерьера, прием телетекста

Основные: прием нескольких программ, воспроизведение цветowych и стереосигналов, воспитание мировоззрения

Вредные: электромагнитное излучение, потребление электроэнергии, необходимость в выделении определенного жилого пространства

Главная: прием и воспроизведение аудиовидеоинформации

Рисунок 2.2 – Схема функций технической системы на примере современного телевизора

Рассмотрим графическую модель радиоэлектронной системы в общем виде (рисунок 2.3), а также ее свойства (21).

Свойство целостности. Радиоэлектронная система должна быть целостной на всех ее уровнях. Целостность означает, что в системе не должно быть лишних или недостающих составных частей. При невыполнении этого условия система перестает выполнять свои свойства, т.е. достигать поставленную цель. Место данной технической системы в техносфере в целом можно определить через понятие «экологическая ниша системы» – как совокупность выполняемых функций и комплекс условий, необходимых для создания, существования и развития технических систем. Система может быть полной, если она имеет все необходимое для выполнения своих функций без участия человека. В этом смысле подавляющее число известных ныне технических систем неполно.

Свойство открытости. Открытость означает, что система должна реагировать на все входные сигналы и воздействия (рисунок 2.3). Реальные технические системы функционируют в условиях большого количества случайных факторов, источниками которых являются воздействия внешней среды, а также ошибки, шумы и отклонения различных величин, возникающие внутри системы. Объект связан со средой бесконечным числом связей, определяющих его состояние (27).

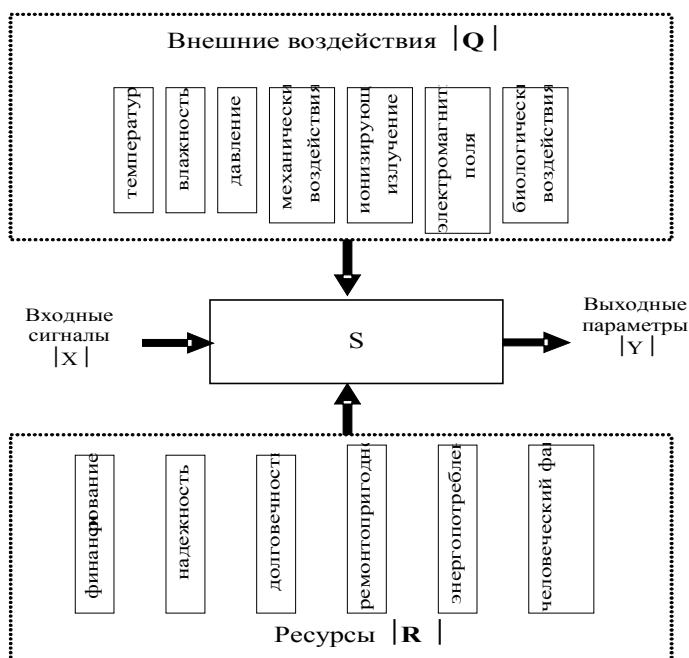


Рисунок 2.3 – Графическая модель радиоэлектронной системы

Свойство функциональности. Свойство функциональности проявляется в наличие некоторой функциональной модели, связывающей количественно и качественно выходы (цели) системы с ее входными сигналами (управляющими воздействиями):

$$\| \gg \| \text{ --- } \| \ll \| \text{ .}$$

Такая функциональная модель носит название «черный ящик» – когда исследователь не знает или его не интересует внутреннее наполнение системы, а важны лишь входные и преобразованные выходные сигналы. Функциональная модель определяется физическим принципом действия (ФПД) системы и ее структурой. Любую техническую систему можно рассматривать как преобразователь действия на входе в действие на выходе – электромагнитных волн в цветное изображение или для систем, развернутых во времени, состояния на входе в состояние на выходе – сырья (смеси веществ) в однородный расплав.

Свойство структурированности. Каждой технической системе присуще свойство, которое называется различимость частей или структурированность. Таким образом, подсистема, техническая система и надсистема образуют **иерархию систем** – расположение частей в порядке от низшего к высшему (рисунок 2.1). Возможно и другое строение – сетчатое (ретикулярное), в котором все подсистемы связаны друг с другом сложными обратными связями, влияют друг на друга, и невозможно однозначно выделить какую-то иерархию (например, структура сетевого соединения вычислительной техники в компьютерном

классе). На рисунке 2.4 приведена примерная иерархическая структура любой радиоэлектронной системы.

Заметим, что каждая составная часть радиоэлектронной системы может быть надсистемой или подсистемой и т.д., в зависимости от ее уровня. Под элементом будем понимать составную часть, которую с точки зрения цели функционирования системы делить не следует. Так, например, для специалиста по проектированию РЭС неделимой частью системы является электрорадиоэлемент, имеющий свои параметры. Эти параметры не определяются проектировщиком, а всего лишь выбираются, исходя из цели системы (28... 33).

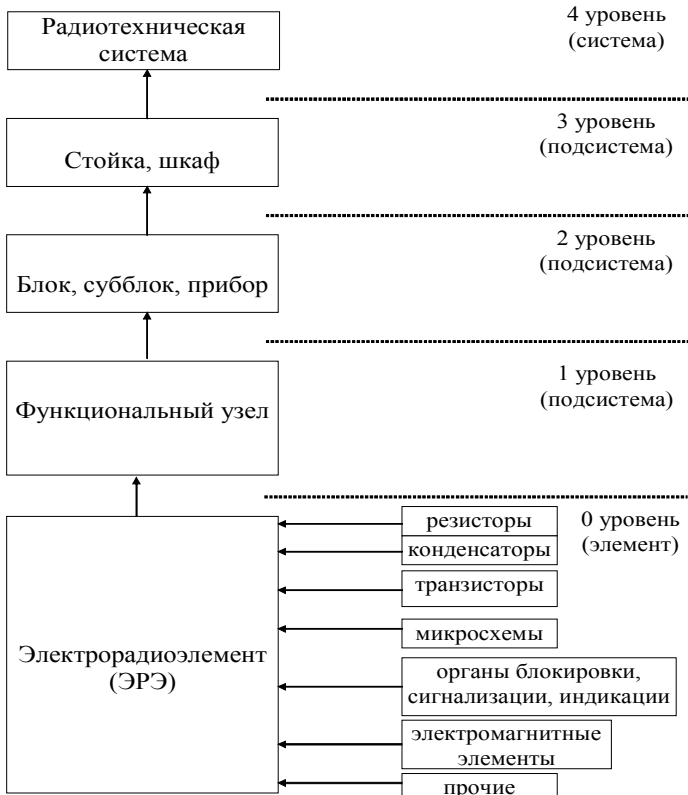


Рисунок 2.4 – Иерархические уровни радиоэлектронных систем

Начиная со свойства структурированности, мы подходим к модели технической системы более высокого уровня, а именно уровня типа «белый ящик» – когда помимо входных и выходных воздействий выявляется внутреннее наполнение системы (рисунок 2.5).

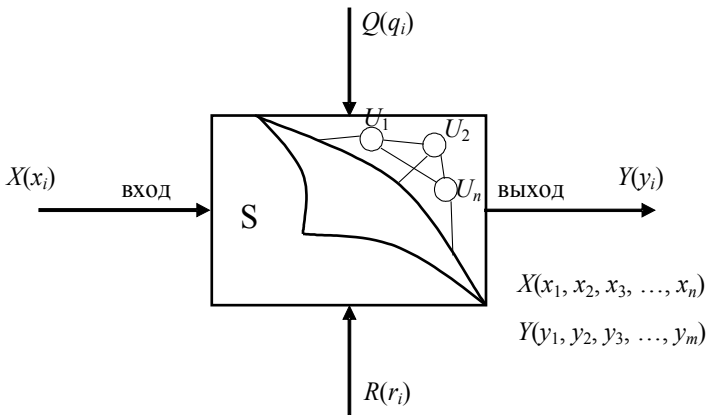


Рисунок 2.5 – Структурная модель радиоэлектронной системы

Структурная модель радиоэлектронной системы представляет собой не только совокупность составных частей различного структурного уровня, но и связей между ними. Заметим, что любая система только в том случае будет достигать поставленные цели, если она управляема.

Свойство управляемости. Техническая система может состоять из элементов подсистемы, каким-либо образом расположенных в пространстве между собой (устройств или веществ, машин, передач, сплавов), либо из подсистем, связанных между собой во времени (технологий, операций, процессов, способов).

Целью существования систем, развернутых в пространстве (устройств или веществ) является проведение какого-либо действия, процесса. Соответственно техническая система, развернутая во времени, создается для производства,

обработки веществ, устройств. Оба вида технических систем неразрывно связаны, дополняют друг друга – между ними множество аналогий в развитии.

Управляемость системой относится к категории динамических свойств, так как управление происходит во времени и пространстве. Любая техническая система может развиваться как в направлении улучшения ее свойств (прогресс), так и в сторону ухудшения (регресс). Прогресс сопровождается последовательным ростом (увеличением количества связей и элементов) или развитием (качественным улучшением структуры или физического принципа действия). Прогресс технических систем – это последовательная модернизация с целью улучшения качества выходных параметров. Регресс является побочным следствием научно-технического развития в области техники, к которой относится система, сопровождается упадком (ухудшением потребительских свойств) и деградацией, приводящей к полной утрате потребности.

Таким образом, управляемость – это способность системы развиваться в направлении заданных целей. Совокупность сформированных целей правомерно трансформировать в модель функционирования системы в условиях изменения входных сигналов, ресурсов и внешних воздействий (рисунок 2.3). Управляющие воздействия в системе могут быть внешними и внутренними. К внешним воздействиям отнесем воздействия со стороны надсистемы. Внутренние управляющие воздействия возникают в структуре системы в процессе ее функционирования. Они вызваны изменением содержания и функций отдельных

компонентов системы, а также появлением или исчезновением внутренних связей.

Свойство ингерентности. Сохранение всех функций и свойств в системе по мере ее развития возможно, если она обладает еще одним свойством – ингерентностью (*от английского inherent: присущий, неотъемлемый, свойственный*). Под ингерентностью понимается способность существовать в условиях изменения внешних воздействий, к которым можно отнести внешнюю среду и ресурсы. Параметры внешних воздействий определяются степенью жесткости условий эксплуатации радиоэлектронной системы. С системных позиций можно выделить следующие виды моделей технической системы – модель ингерентности к внешним воздействиям:

$$\|Y\| \Rightarrow \mathcal{F} \|Q\| ,$$

а также ресурсную модель:

$$\|Y\| \Rightarrow \mathcal{F} \|R\| .$$

Свойство эмерджентности (*от английского emergency: внезапное появление, возникновение из ничего*). Системное свойство может быть полезным для человека или вредным, побочным эффектом создания технической системы с некоторым полезным свойством. Часто появление вредного системного свойства оказывается неожиданным. Так, при параллельной работе нескольких электронных приборов могут возникнуть вредные резонансные явления. Неожиданное системное свойство может быть и полезным (сверхэффект). Такое дополнительное системное свойство получают без введения специальных

элементов, только за счет того, что при объединении в техническую систему нужное свойство усиливается, а вредное компенсируется.

Подобное системное свойство называется **эмерджентность** – появление в целом нечто качественно нового, такого, чего не было и не могло быть без этого объединения. Свойство эмерджентности изучает синергетика (от греческого *synergos*: совместный, согласованно действующий) – наука об общих закономерностях образования, устойчивости и разрушения упорядоченных временных и пространственных структур в сложных неравновесных системах различной природы (физических, химических, экологических и др.). Образно говоря, предмет ее исследования – «возникновение порядка из беспорядка и хаоса», самоорганизованность систем, появление новых качественных свойств.

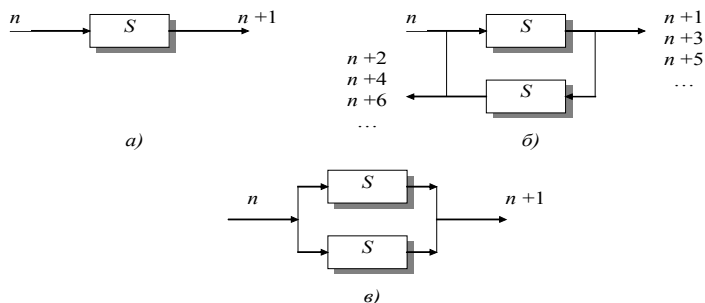
Возникновение качественно новых свойств при соединении отдельных элементов в систему – это частное проявление всеобщего закона диалектики – закона перехода количества в качество. И чем больше отличаются свойства совокупности от суммы свойств элементов, тем выше организованность системы. Поэтому свойство эмерджентности можно считать проявлением внутренней **целостности** системы, ее системообразующим фактором.

Приведем пример эмерджентности.

Пусть имеется некий цифровой автомат S , преобразующий любое целое число на его входе в число, на единицу больше входного (рисунок 2.6, а).

Если соединить два таких автомата последовательно в кольцо (рисунок 1.6, б), то в полученной системе обнаружится новое свойство: она генерирует возрастающие последовательности: одна – последовательность только четных чисел, другая – последовательность только нечетных чисел.

Параллельное же соединение (рисунок 2.6, в) ничего не изменяет в смысле проявления новых «арифметических» свойств, но можно отметить появление эмерджентного свойства другого характера – увеличение надежности работы автомата (реализовано дублирование).



a – инкремент; *б* – генерация возрастающих четных и нечетных чисел;

в – увеличение надежности

Рисунок 2.6 – Пример проявления эмерджентности

Противоречия в технических системах чрезвычайно разнообразны по форме и проявлениям, имеют переходящий исторический характер, взаимосвязаны и взаимообусловлены (34...36). В процессе решения научно-технических задач

последовательно выявляются вначале внешние, а затем внутренние противоречия на все более углубляющемся уровне. Внешние противоречия предшествуют научно-технической задаче и создают мотивы для ее выявления и решения. Среди внутренних противоречий (противоречий самой структуры системы) выделяют основные и главные технические и физические противоречия. Основные противоречия складываются между определяющими, т.е. внутренними и необходимыми, сторонами в структуре системы. Радикальное разрешение основного противоречия приводит к коренному изменению качественной определенности предмета. Главным противоречием является такое, от разрешения которого в данный момент зависит дальнейшее развитие предмета.

Технические противоречия возникают между элементами системы и их частями, между техническими параметрами и свойствами. Они состоят в том, что, например, увеличение мощности полезного агрегата может вызвать недопустимое ухудшение экологической обстановки или требуемое повышение прочности вызывает недопустимое увеличение массы конструкции и т.д.

Физические противоречия состоят в наличии у одного и того же элемента системы (ее мысленной модели) взаимопротивоположных физических свойств или функций. Например, элемент электрической схемы должен быть проводником, чтобы выполнялось одно действие, и одновременно диэлектриком, чтобы выполнялось другое. Это противоречие разрешает такой элемент как диод.

Путь к решению задачи, к созданию качественно новой технической системы, лежит через выявление все более глубоких противоречий и нахождение способов их разрешения. В этом состоит одно из проявлений закона перехода количественных изменений в качественные. В то же время новая техническая система представляет собой органический синтез нового и некоторых элементов прежних решений в новом целом, демонстрируя тем самым действие закона отрицания отрицания, как фундаментального принципа диалектики, определяющего всякое развитие.

Уровень технического развития зависит непосредственно как от уровня естествознания (от степени познания законов природы), так и от накопленных человечеством знаний в борьбе за покорение сил природы. Вместе с тем средства труда (техника) созданы человеком в процессе общественного производства и входят неотъемлемым элементом в систему производительных сил. В связи с этим техника неразрывно связана со способом производства, включающим и производственные отношения. Только экономические законы данного общественного строя определяют истоки, направления и темпы развития техники.

Жизнь любой системы (технической, системы живых организмов и др.) можно изобразить в виде логической кривой (рисунок 2.10), иллюстрирующей изменения во времени качества системы K (например, производительности, надежности и экономичности). Несмотря на индивидуальные особенности, эта зависимость имеет характерные участки, общие для всех систем. Вначале (участок I) система A развивается медленно, существует

в виде модели, опытной установки, единичного образца. Затем (участок 2) она быстро совершенствуется, начинается ее массовое применение. Затем темпы развития идут на спад (участок 3), система исчерпывает свои возможности. Далее техническая система деградирует и сменяется принципиально другой системой *Б*, иногда долгое время сохраняя достигнутые показатели (участок 4).

Жизненный цикл любой системы определяется ее одним свойством – *развитием во времени*, которое относится к динамическим свойствам. Система может повышать свое качество – это будет *прогресс*, сопровождающийся двумя стадиями – *ростом* и *развитием*. Развитие является следствием перехода количества в качество. Застой в развитии качества системы приводит к *упадку* и *деградации*. Это уже стадии *регресса*, логическим следствием которого является физическая смерть системы. Для дальнейшего прогресса необходим толчок, например, «пионерное» изобретение и переход к новому поколению системы данного типа (37).

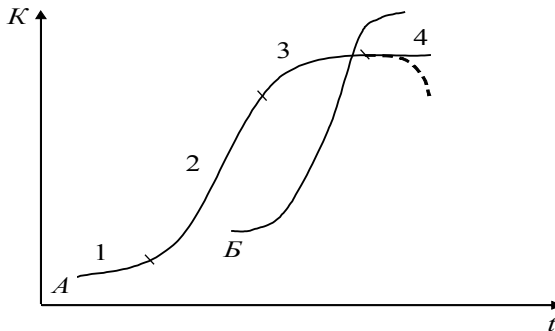


Рисунок 2.10 – Развитие качества системы во времени

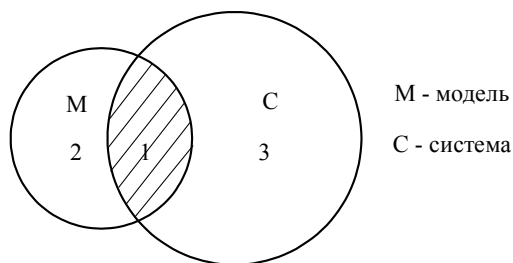
Знание особенностей развития технических систем необходимо для выяснения резервов и определения целесообразности совершенствования данной системы или создания принципиально новых решений. В связи с тем, что жизнеспособными оказываются только те технические решения, которые соответствуют закономерностям развития техники, особую ценность представляет способность исследователя правильно предвидеть направления и тенденции возможного изменения исходной технической системы и действовать в соответствии с этими закономерностями.

2.2. Моделирование систем РЭС

2.2.1. Классификация моделей

В рамках системного анализа выявляется и исследуется целенаправленность в развитии системного объекта. Для данного исследования требуется моделирование проектируемой системы. При моделировании часто рассматриваются целенаправленные системы, то есть системы, которым безразлично, в каком состоянии они находятся. Так или иначе, они стремятся к некоторому целесообразному поведению, направленному на достижение наиболее предпочтительных состояний.

Модель – это представление системы, которое позволяет человеку достигнуть поставленную цель (21). Рассмотрим графическое представление любой технической системы и ее соотношения с моделью (рисунок 2.11).



1 – область истинности; 2 – область виртуальности;

3 – область недостаточности

Рисунок 2.11 – Модель системы

Первая область – область истинности модели (адекватности моделируемой системе). Вторая область – область виртуальности модели (область возможных гипотез о функционировании системы). Третья область – область недостаточности модели (присуще системе, но не присуще модели).

Таким образом, каждая модель должна обладать некоторой степенью адекватности с точки зрения ее функционирования. Модель – это адекватное, целевое отображение системы. Если совместить области 3 и 2, то получится модель, которая идеально отражает свойства системы, например, вечный двигатель, абсолютно черное тело и т.п. Такую модель назовем идеальной. Идеальная модель – это модель с высшей целью, которую невозможно достигнуть.

Общая **классификация** современных моделей показана на рисунке 2.12 [25]. Модели подразделяют на две основные группы:

вещественные (материальные, приборные) и символические (языковые).

Физические модели часто называют просто «модели» (авиамодели, автомодели и пр.). Примерами физических моделей являются также пилотные установки (для изучения химических процессов), полигоны с соответствующими макетами для испытаний машин, макеты городов и т.д. Широкое проведение моделирования связано с построением специальных аналоговых или цифровых устройств и моделей установок, входящих также в класс физических моделей.

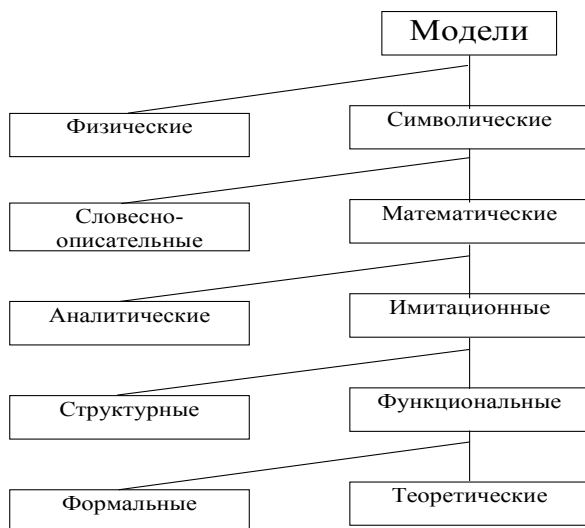


Рисунок 2.12 – Общая классификация моделей

В символических моделях фиксация, построение, описание объекта или явления даются на том или ином языке. При

этом не имеет значения, на каком конкретном языке описан тот или иной объект, так как переход с одного языка описания объекта на другой не представляет принципиальных трудностей.

Примерами символических моделей являются, например, чертеж изделия, схема технологической обработки, географические карты, описания, данные на разговорном языке и т.д.

Символические модели делятся на модели словесно-описательные и математические.

К словесно-описательным (дескриптивным) моделям относятся технические задания, пояснительные записки к проектам и отчетам, постановки задач в словесно-описательной форме. Такие модели позволяют достаточно полно описать объект или ситуацию, однако их невозможно использовать непосредственно для анализа процессов формализованным путем с помощью ЭВМ. Поэтому словесно-описательные модели обычно преобразуют в математические для удобства дальнейшего оперирования с ними.

Математическими моделями называются комплексы математических зависимостей и знаковых логических выражений, отображающих существенные характеристики изучаемого явления. Во многих случаях математические модели наиболее полно отображают объект. Примером являются системы алгебраических и дифференциальных уравнений. Поскольку последние представляют собой наиболее абстрактные и, следовательно, наиболее общие модели, математические модели широко применяются в системных исследованиях.

Однако каждое применение математической модели должно быть обоснованным и осторожным: модель всегда является абстрактной идеализацией задачи, поэтому при решении последней необходимы некоторые упрощающие предположения, которые могут привести к тому, что модель не будет служить действительным представлением данной задачи.

Математические модели могут быть аналитическими или имитационными. При использовании *аналитических моделей* процессы функционирования элементов сложной системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений (алгебраических, интегро-дифференциальных, конечно-разностных и т.п.) или логических условий. Аналитическая модель может исследоваться одним из следующих способов:

1) аналитически, – когда получают в общем виде явные зависимости для искомых величин;

2) численно, – когда, не имея решения уравнений в общем виде, применяют средства вычислительной техники, чтобы получить числовые результаты при конкретных начальных данных;

3) качественно, – когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения, например, оценить устойчивость решения и т.п.

При использовании *имитационных моделей*, в отличие от аналитических, в ЭВМ воспроизводится текущее функционирование технической системы в некотором масштабе времени. При этом требуется воспроизводить входные воздействия в виде наборов чисел – реализаций процессов (а не

числовых характеристик, как при аналитическом моделировании). В зависимости от характера решаемой задачи в процессе имитационного моделирования с различной степенью точности воспроизводятся и промежуточные преобразования сигнала. Например, если при анализе динамического режима работы блока на его вход подается набор чисел, отображающий процесс с заданной корреляционной функцией, то в ходе моделирования получается реализация выходного процесса, по которой в случае необходимости может быть дана выборочная оценка корреляционной функции выходного сигнала.

Имитационное моделирование напоминает физический эксперимент. Отсюда первое достоинство имитационных моделей – наглядность результатов моделирования (как окончательных, так и промежуточных). Если при аналитическом моделировании обеспечивается подобие характеристик объекта и модели, то при имитационном – подобие имеется в самих процессах, протекающих в модели и реальном объекте.

Одно из основных достоинств имитационных моделей – возможность моделирования даже в тех случаях, когда аналитические модели либо отсутствуют, либо (из-за сложности системы) не дают практически удобных результатов. Достаточно просто при имитационном моделировании реализуются алгоритмы обработки результатов измерений для выработки, например, управляющих воздействий в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП), что позволяет оценить точностные характеристики управляющих сигналов. При наличии соответствующих данных можно включить

в сферу моделирования объект, управляемый АСУТП, и тем самым оценить качество управления объектом по некоторому показателю эффективности.

Имитационное моделирование позволяет учесть влияние большого числа случайных и детерминированных факторов, а также сложных зависимостей при вводе в модель соответствующих элементов и операций. С точки зрения сбора статистических данных имитационная модель дает возможность проводить активный эксперимент с помощью целенаправленных изменений параметров модели на некотором множестве реализаций. Последнее позволяет исследовать оптимизируемые функции качества (функционалы) системы с помощью ЭВМ.

Для анализа функциональных зависимостей с помощью полученного в результате моделирования ряда числовых результатов могут быть использованы методы поиска: регулярные методы, методы случайного поиска и методы теории статистических решений. Таким образом, в отличие от решения отдельных задач имитационное моделирование на ЭВМ является качественно более высокой степенью изучения сложных систем и применения ЭВМ.

При решении ряда задач могут применяться имитационные математические модели, отображающие только структурные свойства объекта. Такие *структурные модели* могут иметь форму матриц, графов, списков векторов и выражать возможное расположение элементов в пространстве, непосредственные связи между элементами в виде проводников, шин, волноводов и т.п. Структурные модели используют в

случаях, когда задачи структурного синтеза удается ставить и решать, не учитывая особенности физических процессов в объекте.

При моделировании сложных объектов возрастает объем входной информации (описание связей, задание параметров элементов модели и т.д.). Укрупненность же элементов моделей приводит к разрастанию необходимой номенклатуры элементарных моделей, к увеличению объема моделирующей программы. Компромиссным вариантом может быть соответствие разбиения модели делению моделируемой системы на функциональные блоки. **Функциональные модели** отображают как структуру, так и процессы функционирования объекта и чаще всего имеют форму систем уравнений.

По способам получения функциональные математические модели делят на теоретические и формальные. **Теоретические модели** получают на основе изучения физических закономерностей; структура уравнений и параметры моделей имеют определенное физическое толкование. **Формальные модели** получают на основе проявления свойств моделируемого объекта во внешней среде. Теоретический подход в большинстве случаев позволяет получать математические модели более универсальные, справедливые для широких диапазонов изменения внешних параметров.

Стационарные и нестационарные модели. Если свойства преобразования входных сигналов (функций), т.е. структура и свойства оператора $A\{ \}$, не изменяются со временем, то систему и ее модель называют стационарной; в противном

случае – нестационарной. Реакция стационарной системы на любой заданный тип возмущения зависит только от интервала времени между моментом начала действия входного возмущения и данным моментом времени, т.е. свойство стационарности означает, что процесс преобразования входных сигналов (функций) инвариантен относительно сдвига, как от текущего времени, так и от момента приложения входного сигнала. Реакция нестационарной системы зависит как от текущего времени, так и от момента приложения входного сигнала. В этом случае при сдвиге входного сигнала во времени (без изменения его формы) выходные сигналы не только сдвигаются во времени, но и изменяют свою форму.

Динамические модели позволяют рассчитать стационарные или нестационарные режимы объектов. Стандартные динамические модели включают переменные и соотношения между ними.

Линейные и нелинейные модели. Линейность или нелинейность анализируемого процесса оказывает решающее влияние на вид модели, метод программирования и быстродействие программы при ее выполнении на ЭВМ. Благодаря быстродействию и простоте линейные модели широко применяются разработчиками, хотя большинство природных и промышленных процессов – нелинейно.

Модели распределенные и сосредоточенные в пространстве.

Исследуемый объект (процесс) может быть распределенным или сосредоточенным в пространстве и одновременно изменяться во времени

Модели непрерывные и дискретные во времени.

Непрерывной во времени модель является в том случае, когда характеризующая ее переменная определена для любого значения времени; дискретной во времени, – если переменная получена только в определенные моменты времени. Непрерывный во времени процесс определяется моделью $Y = A(t)$, где t может принимать любое значение.

Дискретный во времени процесс определяется моделью $Y = f(k\Delta t)$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$.

Детерминированные и случайные модели. По наличию в модели случайных элементов, т.е. в зависимости от способа задания параметров, исходной информации, начальных условий и способа нахождения характеристик системы, математические модели можно подразделить на два больших класса: детерминированные и случайные (вероятностные, стохастические). В детерминированных моделях все исходные данные, ограничения и целевая функция (т.е. некоторое соотношение, количественно характеризующее поставленную перед системой цель) задаются в виде конкретных чисел, векторов или числовых функций.

В детерминированных моделях используются различные классические методы математики: дифференциальные, линейные, разностные и интегральные уравнения, операторы для сведения к алгебраическим моделям и др. При совместном рассмотрении этих соотношений состояния системы в заданный момент времени однозначно определяются через параметры системы, входную информацию и начальные условия.

Любому реальному процессу присущи случайные флуктуации. Однако выбор детерминированной или вероятностной математической модели зависит от того, учитываются ли случайные факторы. Выделение детерминированных моделей в отдельный класс объясняется широким их применением и разнообразием математических методов решения детерминированных задач.

Если хотя бы один параметр модели или ограничительная функция имеет в качестве своих значений случайный вектор или случайную величину, то это случайная (стохастическая) модель. В этом случае под однозначностью определения характеристик моделируемого процесса понимается однозначное определение распределений вероятностей для характеристик процесса при заданных распределениях вероятностей для начальных условий и возмущений.

Информационные модели. С помощью информационных (процедурных) моделей моделируются сложные устройства и комплексы типа вычислительных машин, радиолокационные станции, системы управления большими промышленными установками, летательными аппаратами и т.д. Функционирование таких систем представляет собой цепь событий, происходящих в дискретные моменты времени и заключающихся в изменении состояний элементов. Дискретное представление пространства и времени обуславливает дискретность фазовых переменных, которыми являются величины, характеризующие состояния элементов. Роль элементов и внутренних параметров выполняют системы и выходные параметры некоторых подсистем. Так,

элементами ЭВМ можно считать арифметическое устройство, оперативную память, устройство ввода и вывода и т.п. Фазовые переменные, характеризующие состояния этих элементов, могут принимать только два значения: «занято», если в данный момент устройство работает, или «свободно», если устройство находится в состоянии ожидания. Примерами выходных параметров служат вероятность обслуживания поступивших в систему заявок (сообщений), среднее время простоя в очереди на обслуживание, быстродействие устройства. Для построения математических информационных моделей широко используют математическую логику, теорию массового обслуживания, методы теории автоматического управления.

Рассмотренные выше принципы системологии и моделирование систем положены нами в приведенную ниже системную технологию группового проектного обучения по конкретной проблеме инженерного проектирования РЭС

3 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ГРУППОВОГО ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЭС ПО КОНКРЕТНОЙ ПРОБЛЕМЕ.

0.1 Фиксация проблемы

Фиксация проблемы начинается с точного названия объекта проектирования и описания недостатков существующего прототипа или аналогов. Заметим, что фиксация проблемы является лишь отправной точкой для отыскания недостающей информации по объекту проектирования, а вовсе не окончательной формулировкой проблемы, которая в полной мере будет выполнена на последующих этапах системного исследования. (21, 37...43)

При обосновании проблемы необходимо рассмотреть потребность в проектируемом объекте. Потребность определяется следующими факторами:

- наличием серийно выпускаемого объекта, выполняющего рассматриваемую в данной проблеме функцию;
- наличием недостатков этого объекта;
- возможными направлениями устранения этих недостатков;
- технической и технологической возможностью выхода из рассматриваемой проблемной ситуации.

Анализ потребности необходимо проводить на основе детального информационного исследования и с учетом опыта эксплуатации прототипа объекта проектирования.

0.1.1 Определение потребности в разрабатываемом изделии

Для того, чтобы определить потребность в разрабатываемом изделии, необходимо выявить, насколько существующие изделия, находящиеся на потребительском рынке, удовлетворяют спрос. При этом учитываются такие факторы как мода, тенденции развития данного класса изделий и их надежность. Например, если рассматривать такую бурно развивающуюся отрасль техники, как сотовая телефонная связь, то нужно учитывать факторы: покупательская способность, развитие сопутствующих мультимедийных технологий и т.д. В общем случае потребность определяется многими факторами, а, именно: прогнозируемым возрастом потребителя, его возможностями, рекламой, политикой развития общества, сроками морального старения изделий.

Потребность определяет функцию вновь проектируемого изделия, а функция, в свою очередь, определяет физический принцип действия и его конструктивно-функциональную структуру.

Для того, чтобы правильно определить потребность, необходимо провести всесторонний анализ рынка и спроса проектируемого класса изделий. Иногда основой для определения потребности являются нормативные документы, определяющие развитие определенной отрасли техники, подкрепленные соответствующими постановлениями и законами. Иногда потребность определяется острым дефицитом изделия в обществе. Например, охранные системы стали интенсивно развиваться в период бурного прогрессирования криминала. Анализ потребности должен заканчиваться либо результатами

анкетирования определенных групп населения, либо ссылкой на соответствующие нормативные документы, в соответствии с которыми финансируется разработка данного изделия.

0.1.2

Анализ состояния рынка

Анализ состояния рынка проводится на основе определения объема продаж и запросов на разрабатываемое изделие. Основой для указанного анализа может служить матрица потребности и реализации (см. таблицу 3.1).

Таблица 3.1 – Матрица потребности и реализации изделия

Регион	Объем продаж, шт.	Объем запросов, шт.	Дефицит/профицит, шт.
...
...

При анализе указанной матрицы необходимо выявить причины дефицита или профицита в изделии. Иногда дефицит является следствием нерасторопности служб рынка сбыта или маркетинга, иногда – следствием неграмотной рекламной политики. В любом случае, при анализе состояния рынка не следует делать скоропалительных выводов о необходимости разработки нового изделия.

0.1.3**Прогнозирование объемов
производства**

На этом этапе необходимо определить тип производства разрабатываемого изделия. Как известно, существуют следующие типы производства [33]:

- единичное (до 10 штук в год);
- мелкосерийное (до 100 штук в год);
- серийное (до 1000 штук в год);
- крупносерийное (до 10000 штук в год);
- массовое (свыше 10000 штук в год).

Тип производства определяет требования к схеме и конструкции разрабатываемого изделия. Кроме того, на данном этапе производится выбор изготовителя. Как правило, прибыль в производстве может приносить только производство серийных, крупносерийных и массовых изделий. Исключения составляют уникальные изделия, которые по своим техническим параметрам значительно опережают время. Иногда объем производства определяется географическим положением изготовителя и потребителя.

В заключение по данному этапу дается обоснование типа производства.

0.1.4**Поиск аналогов и прототипа**

Аналог технического изделия – это серийно выпускаемый и имеющийся в продаже, или поставляемый потребителю технический объект, выполняющий функцию, обеспечивающую выявленную потребность. Аналогов может быть много, но самый близкий к потребности объект является прототипом. Распространенной ошибкой студентов и начинающих конструкторов является утверждение о том, что разрабатываемый ими объект не имеет аналогов. История развития техники в XX... XXI веках показывает, что такое утверждение, как правило, объясняется отсутствием информации или недостаточной глубиной поиска у разработчика.

В данном разделе необходимо привести сведения обо всех найденных аналогах с отражением их схемных и конструктивных особенностей. Желательно привести изображение их внешнего вида и таблицу технических характеристик.

Аналоги могут иметь различные принципы действия и совсем необязательно относиться к радиоэлектронике. Например, та же охранная система может содержать невзламываемый замок или наличие человека-оператора, предотвращающего несанкционированное проникновение.

Прототип – это один из аналогов, который лучше всего решает поставленную проблему. Выбор прототипа – задача комплексная. Иногда правильно выбранный прототип может отменить все дальнейшее проектирование нового изделия. В любом случае уже выпускаемый прототип экономически более целесообразен, чем разработка и внедрение в производство нового

объекта. Новое изделие всегда требует для обеспечения его надежности и долговечности дополнительных затрат.

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

0.1.5

Критика прототипа и формулировка проблемы

Имея в наличии прототип, необходимо тщательно проанализировать его недостатки с точки зрения потребности и анализа состояния рынка. Результаты сводятся в таблицу недостатков прототипа (таблица 3.2).

Анализ таблицы 3.2 должен содержать заключение о том, что является наиболее существенным недостатком выбранного прототипа. К существенным схемным недостаткам относятся: старая элементная база; высокое энергопотребление; большое количество элементов, требующих подстройки, подбора и т.п. Основные конструктивные недостатки – это высокие массогабаритные показатели, недостаточная надежность, устаревший внешний вид. К технологическим недостаткам относятся: высокие трудоемкость и себестоимость изготовления; низкий уровень выхода годных изделий в производстве.

Таблица 3.2 – Таблица недостатков прототипа

Технические характеристики	Схемные недостатки	Конструктивные недостатки	Технологические недостатки
----------------------------	--------------------	---------------------------	----------------------------

ки	и		
...
...

Из указанных недостатков необходимо выбрать главный, а оставшиеся – сделать ограничениями. Формулировка проблема должна состоять из одного предложения типа: «Проблема проектирования состоит в том, чтобы создать устройство или прибор, отличающийся от прототипа ...(*далее указывается отличие проектируемого устройства*)... при сохранении ... параметров)».

0.2 Участники проблемной ситуации и анализ их интересов

0.2.1 Список участников проблемной ситуации

Для того, чтобы спроектировать технический объект, не породив новых проблем, необходимо выявить всех участников проблемной ситуации. Например, в проблеме создания некоторого радиотехнического устройства, предназначенного для массового потребителя, в число участников проблемной ситуации входит не только потребитель, но и производитель, продавец, сервисные службы, окружающая среда, будущее поколение. При составлении списка участников проблемной ситуации следует исходить из того, что неучет всех участников может не обеспечить ее преодоление, а включение в список несущественных (не

определяющих проблему) участников затруднит системное исследование.

В общем случае, в число участников проблемной ситуации могут входить:

- заказчик;
- разработчики (системотехники, схемотехники, конструкторы);
- изготовители;
- специалисты по маркетингу и торговой реализации объекта проектирования;
- финансисты (спонсоры);
- специалисты по эксплуатации;
- потребители;
- специалисты по утилизации объекта проектирования после достижения срока службы;
- безмолвные участники (прошрое поколение, будущее поколение, окружающая среда).

0.2.2 Анализ адекватности требований заказчика. Определение источников финансирования.

При анализе требований заказчика необходимо учесть насколько его требования соответствуют современному состоянию развития науки и техники. Заказчик всегда старается заложить высокие требования к проектируемому изделию.

Разработчик же может обеспечить только то, чего он достиг. Взаимодействие заказчика с разработчиком – это определенный компромисс, и от этого компромисса зависит судьба будущей разработки. На данном этапе требуется проанализировать мировой уровень достижений в области проектируемого технического объекта и сделать заключение о возможности обеспечения требований заказчика. Заказчик в частном случае может быть финансистом разработки, в отдельных случаях ему придется прибегнуть к кредитованию или к спонсорским средствам. Указанное обстоятельство является весьма важным, поскольку от него часто зависит успех разработки.

В случае, если заказчик не является кредитоспособным, необходимо установить источники финансирования.

0.2.3 Анализ возможностей разработчика

К возможностям разработчика относятся: традиции в области проектирования данного класса изделия; наличие сертифицированных программных продуктов, используемых в проектировании; квалификация персонала; лабораторная и экспериментальная база; признание мировой общественности. Сюда же следует отнести наличие сложившихся связей с партнерами, поставщиками, дилерами.

0.2.4 Анализ возможностей изготовителя

Изготовитель прежде всего характеризуется уровнем технологии и культуры производства. Иногда самое лучшее изделие, спроектированное разработчиком, может быть «загублено» из-за низкого технологического уровня изготовителя. К современным возможностям изготовителя можно отнести уровень механизации, автоматизации и роботизации производства. Высшим уровнем изготовителя считается гибкое автоматизированное производство (ГАП), позволяющее производить в условиях серийного производства изделия, обеспечивающие индивидуальные потребности клиента.

0.2.5

Анализ возможностей потребителя

Для современного потребителя характерны чувство моды, индивидуальности, обеспечение потребности и, в какой-то степени, капризность. В любом случае необходимо рассчитывать на квалифицированного или неквалифицированного потребителя. В случае неквалифицированного потребителя необходимо обеспечить, так называемую, «защиту от дурака». Кроме того, потребитель всегда рассчитывает на то, что он получит изделие, не способное причинить ему вред. Потребитель всегда хочет получить надежный прибор, но иногда он ему может быстро надоесть. Определить оптимальное соотношение срока службы прибора и его стоимости – «высший пилотаж» системного аналитика. На современном потребительском рынке часто можно

встретить изделия, у которых в конструкцию заведомо заложен принцип «низкая стоимость при низкой долговечности».

0.2.6 Анализ возможностей службы сбыта и сервиса

Сбыт и сервис зависят от развития сети рекламы, маркетинга и от уровня обслуживания потребителей изделий. Лучшим случаем в анализируемой ситуации является наличие фирменной сети магазинов и предприятий сервиса. При отсутствии данной сети потребитель сталкивается с так называемой индивидуальной системой сбыта продукции, в которой до него доходят приборы, многократно перекупленные, за которые продавец заведомо не несет ответственности. Если Вы не хотите столкнуться с такой ситуацией, необходимо заранее подумать о создании системы реализации и обслуживания проектируемого Вами изделия.

0.2.7 Анализ возможностей службы утилизации

Утилизация является одной из главных проблем современного постиндустриального общества. Если при проектировании новых изделий не будут учтены вопросы утилизации изделий, исчерпавших свой срок службы, обществу будут нанесен необратимый экологический и экономический ущерб. Необходимо подумать над тем, как утилизируемое изделие может найти «новую жизнь». Утилизация отработанной

продукции может обеспечить доход или ущерб. Все зависит от конструкции и технологии производства изделия.

0.2.8 **Анализ современного состояния и пути решения проблемы проектирования изделия с учетом интересов прошлого поколения**

Интересы прошлого поколения, прежде всего, отражаются в культуре проектирования, производства, потребления, утилизации вновь созданных изделий. Если мы приобретаем новый прибор и узнаем о том, что в нем отражены интересы и наработки предыдущих поколений специалистов, мы в полной мере наслаждаемся этим изделием. Поэтому при создании новых поколений приборов необходимо не только учесть все существующие достижения, но и в чем-то продвинуться вперед. В этом случае изделие, как объект инженерного творчества, будет развиваться и удовлетворять возрастающие потребности. На данном этапе необходимо изучить тенденции развития проектируемого изделия с учетом идей, заложенных предыдущими разработчиками, и хотя бы чуть-чуть улучшить его потребительские свойства.

0.2.9 **Анализ возможных последствий решения проблемы проектирования изделия на экологическую ситуацию**

При проектировании нового изделия необходимо учесть, какие последствия могут быть при изготовлении, эксплуатации, утилизации. Указанный анализ удобно свести в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Возможные последствия при изготовлении, эксплуатации, утилизации изделий

Стадии жизненного цикла изделия	Экологические факторы			
	Название 1	Название 2	...	Название <i>m</i>
Изготовление	1. 2. ... <i>i</i> ... <i>n</i>			
Эксплуатация	1. 2. ... <i>i</i> ... <i>n</i>			
Утилизация	1. 2. ... <i>i</i> ... <i>n</i>			

0.2.10

Анализ последствий решения проблемы проектирования на интересы будущего поколения

Классики говорят, что если в прошлое поколение выстрелить из пистолета, то будущее поколение «грохнет» из

пушки. На данном этапе необходимо проанализировать последствия потребления спроектированного изделия, по крайней мере, на 5...10 лет вперед. Анализ должен распространиться на сферу производства, потребления и утилизацию. Указанный анализ можно провести с помощью метода экспертных оценок или прогнозирования. В любом случае, разработчик должен оставить о себе представительское мнение.

0.3 Формирование проблемного массива

0.3.1 Матрица проблемного массива

Имея список участников проблемной ситуации, необходимо заняться их проблематикой, то есть изучением проблем каждого участника в общей проблеме создания технического объекта. Проблемный массив – это список участников проблемной ситуации с указанием проблем каждого участника. Для систематизации информации, полученной на этом этапе системного исследования, рекомендуется составить таблицу по следующей форме (таблица 3.4), которая отражает содержание проблемного массива.

Таблица 3.4 – Матрица проблемного массива

Участники проблемной ситуации	Проблемы участников
1. . . .	1.1 . . . 1.2 . . .
2. . . .	2.1 . . .

Выявление проблем участников может быть проведено экспертным методом. После заполнения матрицы необходимо ранжировать проблемы участников по степени их важности. При этом определяются главные проблемы каждого участника при решении общей проблемы проектирования.

0.3.2 Анализ противоречий и поиск компромиссов

В ходе выявления проблем участников проблемной ситуации неизбежно столкновение интересов каждого из них. Поэтому для того, чтобы системно решить проблему проектирования, необходимо выявить противоречия участников и попытаться спрогнозировать, как эти противоречия можно «уладить» в процессе создания проектируемого изделия. Компромиссом как раз и является «улаживание» этих противоречий. Например, отсутствие современного технологического оборудования по производству печатных узлов с современной элементной базой можно компенсировать приобретением такого оборудования на условиях кредитования заказчиком. Предприятиям, не имеющим сети сбыта, рекламы, сервиса и утилизации изделий, могут быть выделены дополнительные средства на организацию такой сети. Основное противоречие между заказчиком и разработчиком может быть урегулировано путем сокращения затрат на проектирование и

взаимной договоренностью о соответствии технических характеристик изделия современному мировому уровню.

0.4 Формирование конфигуратора

Для того, чтобы построить адекватную модель проблемы создания объекта проектирования, необходимо описать этот объект, используя различные языки. Под конфигуратором понимается минимально необходимое количество языков для создания адекватной модели проблемы. Так, для создания радиоэлектронных средств различной сложности могут быть использованы следующие языки:

- профессиональный (по характеру проблемы);
- математический;
- алгоритмический;
- финансовый;
- технические (язык чертежа, схемы);
- информационный.

При выборе конфигуратора нужно учесть особенности объекта проектирования (частотный диапазон, энергопотребление, быстродействие и т.п.), физические процессы, протекающие в нем, а также языки, используемые участниками проблемной ситуации. Результаты этого этапа рекомендуется свести в таблицу 3.5.

Заметим, что на данном этапе системного исследования кроме констатации содержания конфигуратора необходимо изучить указанные в нем языки. Изучение подразумевает

получение знаний и умений, необходимых для решения сформулированной проблемы.

Знания и умения черпаются из информационных источников: монографий, учебных пособий, статей, патентных материалов, сведений из Интернета и т.п. Таким образом, под конфигуратором будем в дальнейшем понимать список информационных источников, необходимых для решения проблемы проектирования.

Таблица 3.5 - Языки, используемые в исследовании проблемной ситуации

Наименование языка	Наименование проблемы, описываемой ЭТИМ языком	Особенности объекта, описываемые ЭТИМ языком
1. Профессиональные (по характеру проблемы). 2. Математические. 3. Алгоритмические. 4. Финансовые. 5. Технические (язык чертежа, схемы). 6. Информационные.		

0.5 Целевыявление**0.5.1 Формирование массива критериев и показателей решения проблемы**

Сформулировав проблему, определив список участников проблемной ситуации и выявив их проблемы, приступают к выбору критериев, позволяющих оценить движение к целям в процессе проектирования.

Критерии развития являются одновременно важнейшими показателями, или критериями качества, т.е. имеют большое значение при оценке качества ТО. Значение критериев развития особенно важно для специалистов, которые стремятся при разработке новых изделий превзойти уровень лучших мировых достижений. Для решения этих задач критерии развития играют роль компаса, указывающего направления магистрального прогрессивного развития изделий и технологий.

Поскольку любой ТО, как правило, имеет несколько критериев развития, то принцип прогрессивного развития для каждого нового поколения ТО заключается в улучшении одних и неухудшении других критериев.

Наборы критериев развития для различных классов ТО в значительной степени совпадают, поэтому в целом развитие техники в большой мере подчинено единому набору критериев, определяющих развитие техники.

Этот единый набор включает следующие четыре группы критериев:

- функциональные критерии, характеризующие важнейшие показатели реализации функции ТО;
- технологические критерии, связанные только с возможностью и простотой изготовления ТО;
- экономические критерии, определяющие только экономическую целесообразность реализации функции с помощью рассматриваемого ТО;
- антропологические критерии, связанные с вопросами человеческого фактора или воздействия положительных и отрицательных факторов на людей, вызванного созданным ТО.

На рисунке 3.1 показана систематика критериев развития ТО, реализующих различные функции. Этот перечень не претендует на исчерпывающую полноту.

Критерии развития техники

Функциональные критерии	Технологические критерии	Экономические критерии	Антропологические критерии
Производительность	Трудоемкость изготовления	Затраты материалов	Эргономичность ТО
Точность	Технологические возможности	Затраты энергии	Красота ТО
Надежность	Использование материалов	Затраты на подготовку и получение информации	Безопасность ТО
Специальные	Расчленение ТО на элементы	Расчленение ТО на элементы	Экологичность ТО

Рисунок 3.1 – Систематика критериев развития техники

На этом этапе формируются (желательно самими участниками) цели участников проблемной ситуации, достижение которых позволяет решить проблему создания объекта проектирования, заключающуюся в установлении требуемых технических параметров объекта. Например, для потребителя бытового радиоэлектронного аппарата основной целью является высокое качество этого аппарата при минимальной цене, для производителя – высокая технологичность аппарата, для сервисных служб – высокая ремонтпригодность, для окружающей среды – минимум вредных воздействий на человека и природу в процессе производства, эксплуатации и утилизации аппарата, для будущего поколения – высокий уровень эстетичности, эргономичности, рост качества этого типа аппаратов от поколения к поколению (прогресс). Этап «целевыявление» заканчивается построением дерева целей в виде графа, вершинами которого являются цели, а ребрами (ветвями) – участники проблемной ситуации (рисунок 3.2).

Заметим, что вид дерева целей зависит от проблемы проектирования и от особенностей изделия. Целевыявление может осуществляться следующими методами:

- прогнозированием на основе информационного исследования;
- аналитическим на основе математического моделирования тенденций развития проектируемого объекта и последующего расчета его параметров с учетом развития;



Рисунок 3.2 - Примерный вид дерева целей
для радиоэлектронного аппарата

- заданием параметров объекта на основе интуиции и опыта его эксплуатации.

В любом случае успешность целевыявления определяется объективностью задания параметров объекта проектирования. Завышение параметров может не обеспечить решение проблемы, занижение – привести к моральному старению объекта еще на этапе проектирования. В дереве целей указываются конкретные числовые значения показателей проектируемого изделия. Величина этих значений зависит от проблемы, сформулированной на этапе фиксации проблемы, и может отличаться от показателей прототипа в соответствии с этой проблемой.

0.6 Исследование проблемы проектирования и пути ее решения

Исследование проблемы в конечном итоге выливается в детальное изучение проектируемого объекта, в прогнозирование значений сформированных критериев и в выбор методов достижения заданных значений критериев.

Исследование может быть проведено информационным, теоретическим, экспериментальным, экспериментально-теоретическим, теоретико-экспериментальным методами. Для исследования может быть применен вычислительный эксперимент. Цель исследований – изучить проектируемый объект, его конструктивно-функциональную структуру, описать его физический принцип действия. Изучаются прототип и аналоги. При изучении рассматриваются физические эффекты и законы, которые заложены в основу ФПД. При информационном исследовании делается детальный анализ литературных источников информации, при теоретическом – моделирование объекта, при экспериментальном – изучается физическая модель объекта в виде макета или действующего образца. Этап исследования является очень важным для принятия новых технических решений в соответствие с выявленными целями. В процессе исследований необходимо выявить все функции изучаемого ТО, классифицировать их на главную, основные, дополнительные и вредные. Это делается на всех уровнях составных частей ТО, вплоть до элемента конструктивно-

функциональной схемы (КФС). Напомним, что под элементом в системном анализе понимается такая часть ТО, которая больше в процессе анализа не делится. Элементом ТО, как системы, может быть блок, субблок, функциональный узел, ячейка, типовой элемент замены, электрорадиоэлемент. Информационное исследование является минимально необходимым. По сути, оно заключается в детальном обзоре информационных источников, определенных конфигуратором. Задача информационного исследования – выявить современные тенденции достижения показателей дерева целей и сделать заключение о том, можно ли достигнуть этих показателей, и, если можно, то каким путем. В случае, если проанализированные источники информации не дают ответов на поставленные вопросы, необходимо провести углубленные исследования экспериментальным, теоретическим методами или моделированием. Использование этих методов изложено в [36].

0.7 Генерация идеи решения проблемы проектирования

Для принятия новых технических решений по проблеме проектирования могут быть использованы следующие методы:

- 1) мозговые атаки;
- 2) морфологический анализ;
- 3) функционально-стоимостной анализ;
- 4) метод эвристических приемов;

- 5) использование теории решения изобретательских задач (ТРИЗ);
- 6) использование «изобретающих» пакетов прикладных программ;
- 7) аналитические методы, моделирование и исследование моделей.

На этом этапе решаются две задачи – выбор и обоснование метода поиска новых технических решений и собственно поиск. Из найденных решений выбираются оптимальные по отобраным ранее критериям.

На этом этапе из множества сгенерированных вариантов с помощью выбранных критериев принимается решение о том, какой вариант должен быть реализован, а какие отброшены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системные методы в проектировании, производстве, эксплуатации РЭС позволяют методологически оптимально решать проблемные ситуации, возникающие в ходе практической деятельности радиоинженера. Практика применения технологии прикладного системного анализа в различных сферах инженерной деятельности, накопленная нами в 1992...2007 гг., показывает, что теория системного анализа, примененная для решения проблем анализа и синтеза различных систем, дает впечатляющие результаты.

Конструирование систем – это сложный и многогранный процесс. Для достижения поставленной цели необходимо учесть множество ограничений и интересы всех участников проблемной ситуации. Сделать это позволяет системный подход на основе методологии системного анализа. Теория научно-технического творчества дает возможность наикратчайшим путем получить оптимальное техническое решение. Следует заметить, что выбор того или иного метода поиска нового технического решения существенным образом зависит от образа мышления и психологии инженера, использующего методологию инженерного творчества. Для лиц с творческой фантазией и раскованным мышлением больше подходит метод мозговой атаки. Рационалисты, склонные к тщательному и скрупулезному анализу, предпочтут морфологические методы, основанные на всестороннем исследовании поставленной проблемы.

Заметим, что методология системного анализа и инженерного творчества настоятельно требует создания индивидуальной базы данных для каждого инженера, которая должна содержать банки физико-технических эффектов, эвристических приемов, собственных технических решений, которые наиболее приемлемы и доступны именно для индивидуального использования.

Существенную роль в инженерной деятельности играют вопросы физического и математического моделирования процессов, протекающих в проектируемых РЭС различного системного уровня. Поэтому указанная индивидуальная база данных должна содержать современные программные комплексы и программные продукты для моделирования. Современный арсенал программного обеспечения физико-математического моделирования электрических, электромагнитных, тепловых, механических и других процессов позволяет в сочетании с системными методами их применения рационально решить проблему выбора нового технического решения.

В заключение пожелаем читателю овладеть системным мышлением в любых сферах своей практической деятельности и успехов в достижении поставленных целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров Н.Ф. Сочинения. М.: Мысль, 1982. – 711 с.
2. Кедров Б.М. О науках фундаментальных и прикладных // Вопросы философии. 1972. № 10. С. 32-58.
3. Московченко А.Д. Проблема интеграции фундаментального и технологического знания. Томск: ТУСУР, 2001.
4. Беляев А., Лившиц В. Технологическое образование на пороге XXI века. Томск: СТТ. 2003. 504 с.
5. Московченко А.Д. Проблема классификации инженерно-технических наук // Философские вопросы развития науки и техники (под ред. В.А. Дмитриенко). Томск: ТГУ. 1982. С. 179-192.
6. Агранович Б.Л., Чудинов В.Н. Системное проектирование содержания подготовки инженеров в области высоких технологий // Инженерное образование. 2003. Вып. 1. С. 32-38.
7. Анализ зарубежных и российских учебных планов и содержание основных образовательных программ в области техники и технологий: Науч. издание / ред. С.А. Подлесный, Ю.С. Перфильев. – Абакан: ООО «Книжное изд-во» “Бригантина”, 2006. 318 с.
8. Московченко А.Д. Образовательные технологии в техническом университете // Проблемные доклады. Международный симпозиум: технический университет:

- проблемы, опыт, перспективы. Томск: ТПУ. – 1994. – С. 15-18. Московченко А.Д. Автотрофность: фактор гармонизации фундаментально-технологического знания. Томск: Твердыня, 2003. – 248 с.
9. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. – 520 с.
10. Иноземцев Л.А., Чихачев Н.А. Патентование советских изобретений в зарубежных странах. М.: Машиностроение, 1979. – 296 с.
11. Штенников В.Н., Беляева И.А. Секреты «секретных изобретений» // Изобретатель и рационализатор. – 2006. – № 6. – С. 23-28.
12. Кудрин Б.И. Неизбежность и практическая обусловленность трансформации мировоззрения технариев и гуманитариев постулатами третьей научной картины мира // Мат. V Межд. науч. конф. по философии, технике и технетике / Трансцендентность и трансцендентальность техноценозов и практика Н-моделирования (будущее инженерии). Вып 12. Ценологические исследования. М.: Центр системных исследований, 2000. – С. 7-15.
13. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Новосибирск: Наука, 1991. – 225 с.
14. Вернадский В.И. Автотрофность человечества // Владимир Вернадский: Жизнеописание. Изб. труды.

- Воспоминания современников Суждения потомков (сост. Г.П. Аксенов). М.: Современник, 1993. – С. 462-486.
15. Колеман Дж. Комитет 300 (тайны мирового правительства). Пер. с англ., 3-е изд. М.: Витязь, 2003.
16. Московченко А.Д. Идея автотрофности и ядерная энергетика XXI века // Мат. II Межд. конф. / Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Томск: Тандем-Арт, 2004. – С. 408-411.
17. Губарев В. Беседа с акад. Ф. Митенковым (об атоме на суше и на море) // Наука и жизнь. – 2005 – № 3. – С. 27-44.
18. Васильев Н.А. Воображаемая логика. Избранные труды. М.: Наука, 1989.– 164 с.
19. Ивахненко А, В природе запрета нет. — Возможное и невозможное в кибернетике. М., 1963.
20. Кардашев Н. С. Стратегия и будущие проекты сети. – проблема поиска внеземных цивилизаций. М., 1981.
21. Алексеев В.П., Озёркин Д.В. Системный анализ и методы научно-технического творчества: Уч. пособие. – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2003. – 304 с.
22. Основы научных исследований. Учебное пособие. Под ред. В.И. Крутова. М.: Высшая школа, 1989. – 400 с.
23. Еременко Д. Цифровое телевидение – в Москве // Stereo&Video, 2002, №9. С. 18-19.

24. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. М.: Солон-Р, 1999. – 512 с.
25. Скурихин В.И., Шифрин В.Б., Дубровский В.В. Математическое моделирование. Киев, Техника, 1983. – 270 с.
26. Официальный сайт фирмы Loewe. <http://www.loewe.ru>.
27. Озёркин Д.В. Анализ и синтез термостабильных радиотехнических устройств и систем // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск, 2000. – 166 с.
28. Дендобренько Б.Н., Малика А.С. Автоматизация конструирования РЭА: Учебник для вузов. - М., Высш. школа, 1980. – 384 с.
29. Разевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-CAP 7. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 368 с.
30. Дьяконов В. MathCAD 2001: Учебный курс. СПб: Питер, 2001. – 621 с.
31. Опадчий Ю.Ф. и др. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс): Учебник для ВУЗов / Ю.Ф.Опадчий, О.П.Глудкин, А.И.Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 768 с.
32. Городилин В.М., Городилин В.В. Регулировка радиоаппаратуры: Учеб. для ПТУ. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1992. – 271 с.

33. Чернышев А.А. Основы конструирования и надежности электронных вычислительных средств: Учеб. для вузов. – М.: Радио и связь, 1998. – 448 с.
34. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988.
35. Половинкин А.И. Методы инженерного творчества. Учеб. пособие. Волгоград: ВолгПИ, 1984. – 364 с.
36. Алексеев В.П., Озёркин Д.В. Основы научных исследований и патентоведение: Уч. пособие. – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2003. – 180 с.
37. Мюллер И. Эвристические методы в инженерных разработках / Пер. с нем. М.: Радио и связь, 1984. – 144 с.
38. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. М.: Московский рабочий, 1973. – 296 с.
39. Буш Г.Я. Основы эвристики для изобретателей. Рига: Знание, 1977.
40. Диксон Д. Проектирование систем: изобретательство, анализ, принятие решений / Пер. с англ. М.: Мир, 1969. – 440 с.
41. Выявление обобщенных приемов улучшения основных характеристик преобразователей с распределенными параметрами/Зарипов М.Ф., Файрушина Т.А., Зайнутдинова Л.Х., Мамаджанов А.М.//Теория информационных систем и систем управления с распределенными параметрами. М.: Наука, 1978. С. 148—153.

42. Грамп Е.А. Функционально-стоимостной анализ: сущность, теоретические основы, опыт применения за рубежом. М.: Информэлектро, 1980. – 64 с.
43. Петров В.М., Злотина Э.С. Теория решения изобретательских задач – основа прогнозирования развития технических систем. Л.: Квант, 1989. – 92 с.