

Министерство образования и науки Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

**А.Д. Московченко, В.П. Алексеев**

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ  
И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ФОРМИРОВАНИЯ ГРУПП  
ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ**

Томск

Издательство Томского государственного университета  
систем управления и радиоэлектроники

2010

УДК 1:001+167  
ББК 15.181  
М82

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, профессор Е.Л. Попов

**Московченко А.Д.**

М82      Методологические и методические основы формирования групп проектного обучения : моногр. / А.Д. Московченко, В.П. Алексеев. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 134 с.

ISBN 978-5-86889-521-0

Изложены общие методологические и методические требования к организации групп проектного обучения.

Использованы монографии, учебники, учебные пособия и дидактические материалы, опубликованные авторами в российских изданиях, а также опыт организации группового проектного обучения на кафедре «Конструирование и производство радиоэлектронной аппаратуры» и теоретико-методологические разработки в области инженерно-технического образования на кафедре философии Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Для организаторов группового проектного обучения студентов инженерных специальностей радиоэлектронного профиля.

УДК 1:001+167  
ББК 15.181

ISBN 978-5-86889-521-0

© Московченко А.Д., Алексеев В.П., 2010  
© Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр.  
и радиоэлектроники, 2010

## Оглавление

Введение .....	5
1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	9
1.1. Фундаментально-технологические аспекты исторических явлений.....	9
1.2. Методологическая многоуровневая системная программа структурирования философско-научного знания (принципы, содержание).....	20
1.3. Методологические принципы формирования творческой личности инженера в XXI веке.....	29
1.4. Смысл и стратегия инженерно-технического образования.....	31
1.5. Фундаментальное и технологическое знание в инженерно-техническом образовании XXI века .....	37
1.6. Идея автотрофности и проблемы высшего технического образования.....	42
1.7. Автотрофная формула изобретения.....	46
1.8. Логика Н.А. Васильева и проблемы инженерно-технического инновационного образования .....	51
1.9. Логика и методология В.И. Вернадского в решении проблем современной науки.....	57
1.10. Русский космизм. Глобальные проблемы XXI века .....	64
1.11. Глобальная систематика современных научных знаний и проблемы высшего технического образования.....	72
1.12. Многоуровневая система фундаментальной и технологической подготовки в техническом университете будущего.....	79
1.13. Изменение функций фундаментального и технологического знания в современном высшем образовании.....	81
1.14. Методологические принципы формирования студенческих групп проектного обучения.....	83
2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ГРУППОВОМ ПРОЕКТНОМ ОБУЧЕНИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ.....	87
2.1. Определение и свойства радиоэлектронных систем .....	87
2.2. Моделирование радиоэлектронных систем .....	101

3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ГРУППОВОГО ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ .....	110
3.1. Фиксация проблемы .....	110
3.2. Участники проблемной ситуации и анализ их интересов .....	114
3.3. Формирование проблемного массива.....	118
3.4. Формирование конфигуратора .....	119
3.5. Целевыявление.....	121
3.6. Исследование проблемы проектирования и пути ее решения .....	124
3.7. Генерация идеи решения проблемы проектирования .....	125
Заключение .....	126
Список литературы .....	128

## 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 между собой 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 общефилософских 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 больше 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 системного анализа – неотъемлемая часть 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 технического объекта (ТО) и их соподчиненность. Это вызывает необходимость описания взаимосвязи между ними. Наиболее часто встречающаяся форма реализации взаимосвязи – управление процессом проектирования, производства и эксплуатации, а в ряде случаев и утилизации ТО. Поэтому проблема управления возникает практически в любом системном исследовании.

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

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

- 1) постановки задачи;
- 2) структуризации изучаемой системы;
- 3) моделирования изучаемой системы;
- 4) анализа результатов моделирования.

В каждом конкретном случае при проектировании какого-либо класса ТО приведенная последовательность системного анализа может быть дополнена или видоизменена. В частности, при проектировании такого класса ТО, как радиоэлектронная аппаратура, применяется системная технология инженерного проектирования РЭС, разработанная

---

авторами и применяемая 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 методологического и методического обоснования указанной выше цепочки и даются конкретные рекомендации по организации группового проектного обучения с позиций системного подхода.

# 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## 1.1. Фундаментально-технологические аспекты исторических явлений

В 1984 г. вышел 4-й, завершающий, том сочинений Аристотеля, где предисловие было написано известным советским философом Ф.Х. Кессиди [2, с. 8–38]. Предисловие замечательно тем, что его автор предлагает оригинальную концепцию философии истории. Подробно анализируя основные пункты расхождения между Аристотелем и Платоном, Кессиди приходит к выводу, что первый делал акцент на действительных (относительных, «земных») благах, исходя из *сущего*, т.е. из того, какова реальная жизнь, а второй — на нравственном (абсолютном, «небесном») идеале, ориентируясь на *должное*, т.е. на то, какой должна быть жизнь людей. Методологические выводы, сделанные Кессиди, имеют принципиальное значение для понимания хода исторического развития и тех процессов, которые мы наблюдаем во всем мире и особенно в постперестроечной России. Должное и сущее, идеальное и материальное, или, образно говоря, небесное и земное, составляют необходимые формы исторического бытия человека. Расхождение между Платоном и Аристотелем затронуло одно из коренных противоречий, лежащих в онтологической основе европейской (да и мировой) культуры, — мучительное противоречие между идеалом и действительностью, между должным и сущим. Сказанное, в сущности, означает новое формулирование закона истории, а именно того факта, что источник как подъема, так и падения мировых цивилизаций коренится в диалектике (противоречивом единстве) должного и сущего, идеала (цели, ценностной ориентации) и действительности. Механизм подъема и падения цивилизаций заключался соответственно в соблюдении и нарушении подвижного равновесия между сущим и должным, материальным и идеальным, т.е. между сложившимся положением вещей (общими экономическими и геополитическими отношениями, политическими порядками и т.п.) и тем, каким оно должно быть, должно стать с позиций того или иного идеала, намеченной цели жизни

и реальности. В этом «должно быть», «должно стать» кроется нравственный и психологический пафос социальных революций, источник уверенности революционеров в своей, можно сказать, святой правде, ради которой они готовы идти на любые жертвы. Сущее и должное, действительность и идеал (идеалы) не существуют сами по себе, они проявляются в судьбах народов и наций, в особенностях их психологического склада (характера), менталитета (образа мышления и духовного склада), образа жизни, обычаев и культуры. Одни народы (а также их культуры, в значительной степени обусловленные генетическими особенностями характера — народного духа, как было принято говорить в прошлом веке) ориентированы преимущественно на должное, сверхестественное (религия), сакральное и иррациональное (Восток); другие — на сущее (сервисная технология), светское и рациональное (Запад). При этом порочность капитализма состоит в переоценке сущего, материально-сервисного аспекта индивидуальной и общественной жизни. Напротив, утопический (и поэтому шаткий) характер строительства коммунизма в бывшем СССР коренился в преувеличенных представлениях о роли должного, роли идеалов в истории. Добавим, что «сопротивление материала», т.е. человеческой природы, оказанное на пути реализации коммунистических идей, сделало неизбежным усиление государства как орудия построения нового общества, применение насильственных мер принуждения. Ставка же на сущее, что наблюдается в современной России, приводит к абсолютизации рыночных механизмов, к неконтролируемому потреблению, необычайному усилению криминальных структур. Вместе с тем истощающиеся природные ресурсы вряд ли смогут обеспечить «нормальное» функционирование рыночных механизмов. Рано или поздно человечество, чтобы не погибнуть, будет вынуждено ввести контроль над потреблением. Поэтому вполне возможно, что уже в обозримом будущем рыночная экономика (базирующаяся на сущем) будет объявлена вне закона как угрожающая существованию человечества. Плановая же экономика (основывающаяся на должном) с ее несовершенным, но действующим механизмом контроля потребления в гораздо большей степени соответствует грядущим целям человечества.

На Западе, судя по докладам на конференции ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро (1992 г.) и публикациям Римского клуба, уже давно это поняли и стали перестраивать экономику в сторону стабилизации производства и потребления. По существу, в странах «золотого миллиарда» началось (пока медленно) формирование пострыночных экономических структур, в которых рыночным механизмам отводится все меньшая роль и явственно просматриваются элементы контроля и регулирования потребления с использованием чисто социалистических методов обобществления собственности и перераспределения доходов. Но сущее остается доминирующим фактором западной цивилизации.

Высшим этапом западного пути развития стал капитализм со свойственной ему жадной наживы, конкуренцией и эксплуатацией трудящихся. На этом фоне возник марксизм, приверженцы которого, вслед за древним Платоном, увидели первопричину всех социальных бед в частной собственности на средства производства, включая орудия производства. Ликвидация частной собственности означала первенство должного над сущим, над действительностью. Интересно отметить, что Ленин раньше других понял преждевременность абсолютной приоритетности должного над сущим, желаемого над действительным. Должное требует объективных экономических и культурных предпосылок. Это не было понято соратниками Ленина, что привело к грандиозному эксперименту по тотальной реализации должного (коммунистической утопии) на огромных пространствах великой страны. Невнимание к сущему способствовало в конечном итоге распаду СССР. Этого можно было избежать только в случае сохранения авторитарной власти (диктатуры пролетариата), совмещающей государственную собственность на главнейшие средства производства с различными видами кооперативной и мелкой (возможно, и средней) собственности. Можно сказать, что реформы, предложенные Дэн Сяопином и осуществляемые в современном Китае, представляют собой вариант, первые контуры которого были намечены Лениным.

Диалектика должного и сущего в гносеологическом плане раскрывается через диалектику фундаментального и технологического

исторического знания. Мир, в котором живет человек, как бы удваивается: кроме природных объектов, многое из того, что нас окружает, является продуктом человеческой деятельности. Более того, природная составляющая становится все менее заметной в человеческой деятельности. Наряду с природными объектами появляются объекты искусственные. При этом необходимо отметить следующее: искусственно созданное начинает существовать по природным, естественным законам, т.е. искусственное как бы превращается в естественное, включаясь в естественно-исторические механизмы природного и социального. Но это не естественно-природное (с человеком не связанное и от него не зависящее), а естественно-социальное. Например, техносфера, постоянно создаваемая человеком, — явление искусственное, но, рассматривая ее ретроспективно, замечаем глубинное естественно-историческое содержание, от человека не зависящее. Если бы было наоборот, то не наблюдались бы весьма нежелательные (и даже трагические) для человека результаты его техносферической деятельности, связанные с разрушением окружающей среды, да и самого человека. Человеческая деятельность связана не только с созидательными, но и с разрушительными тенденциями, и все усилия необходимо направить на то, чтобы уменьшить разрушительное начало, подготовившись к разрешению действительно человеческих проблем. *Выявить меру созидания и разрушения в должном и сущем* — важная задача философии истории [3, с. 80, 106].

Естественное шире природного и с необходимостью включает в себя социальное. Такой взгляд обнаруживается у К. Маркса и особенно у В. Вернадского. История, по Марксу, предстает как «естественно-исторический процесс», где действуют объективные «законы-тенденции» в сочетании с субъективными факторами. Природное и человеческое рассматривается Вернадским с единых естественно-исторических позиций, а если говорить о перспективе, — с позиций ноосферы. При этом ноосфера выступает одновременно и как явление естественно-историческое (результат длительного исторического процесса), и как искусственное (контролируемое и управляемое челове-

ком). Даже сама человеческая мысль далеко не случайна и, как всякое природное явление, она закономерна, как закономерен в ходе времени палеонтологический процесс, создавший мозг хомо сапиенс и ту социальную среду, в которой как ее следствие, как связанный с ней природный процесс создается научная мысль о должном и сущем [4, с. 124–130].

Естественное нельзя сводить к объективному в человеческом обществе. Отождествление естественного (естественно-исторического) и объективного приводит к механическому противопоставлению объективного и субъективного в человеческой деятельности. При этом субъективная сторона человеческой деятельности попросту отбрасывается. Должное (идеал) только тогда становится конструктивным, когда включает в себя субъективное, человеческое начало во всех своих проявлениях. Вульгарно понятая коммунистическая идея, имея по существу объективный характер, не обращает должного внимания на человека, его внутренний душевно-духовный мир. Тогда человек превращается в «административный винтик», что нарушает естественно-исторические механизмы проявления социального. Поэтому методологическим правилом при изучении человеческой истории должно быть следующее: не отрывать объективное от субъективного и исследовать диалектику объективного и субъективного. И что очень важно: объективное и субъективное необходимо рассматривать с единых естественно-исторических позиций. В этом заключается фундаментальность подхода к человеческой истории. Тогда будут схвачены как объективная детерминация исторического процесса, так и сам человек, активно влияющий на ход истории. Фундаментальный естественно-исторический подход обнаруживает не только объективную логику хозяйственной и культурной эволюции, но и, что особенно важно, объективную логику человеческих поступков. В связи с этим становится актуальным вопрос о соответствии логики человеческих поступков логике хозяйственной и культурной эволюции. Абсолютизация должного предполагает единомыслие во взглядах на естественно-исторические механизмы и преследование инакомыслия. Об опасности тоталитаризма в мышлении предупреждал еще Аристотель.

Ликвидация всякой частной собственности, чрезмерная централизация государственной власти могут привести к развалу и гибели государства, что мы наблюдали в 1990-е годы, когда распался СССР. Поэтому от государственных деятелей требуется большое искусство выявления естественно-исторических тенденций как общества в целом, так и отдельных индивидуумов. Мировой политике не хватает фундаментальности в вопросах формирования должных целей и идеалов.

Фундаментальная философия истории призвана раскрыть естественно-исторические механизмы человеческой деятельности, где объективное и субъективное органически взаимосвязано. При этом можно сформулировать следующий ряд методологических процедур:

1) провести тщательный анализ уже сложившихся форм взаимодействия объективного с субъективным;

2) выявить на этой основе объективные детерминации важнейших субъективных решений и поступков (например, почему Ленин был вынужден ввести нэп);

3) выявить все многообразие нереализовавшихся субъективных позиций и решений (например, что предлагали по поводу социалистического строительства меньшевики Плеханов, Суханов и др.);

4) объяснить «победу» одного из альтернативных решений, раскрыть механизм превращения одного из возможных решений в действительность (например, с чем связано свертывание нэпа после смерти В.И. Ленина и почему соратники последнего были столь напуганы кооперативным планом умирающего вождя);

5) спроектировать все многообразие будущих социальных «маршрутов» (например, что произошло бы с советским государством, будь жив Ленин, и т.д.);

6) выбрать оптимальный вариант решения (это самый трудный вопрос исторической методологии, поскольку требует оценки прошлого с позиций настоящего, а настоящее должно интерпретироваться с точки зрения будущего, т.е. должного).

При этом необходимо заметить следующее: выявляя естественно-исторические механизмы человеческой деятельности (первая и вторая процедуры), мы вынуждены восстанавливать исчезнувшие фрагменты

исторической реальности (третья и четвертая процедуры). Это, по сути, реконструкция прошлого. В результате такой реконструкции опыт прошлых поколений используется в полной мере для решения насущных задач (см. пятую и шестую процедуры). Отыскивая повсюду и во всем объективную детерминацию, мы вместе с тем расширяем «историческое поле», обнаруживая все многообразие альтернативных позиций и решений (а что бы было, если бы...). «Предсказать» прошлое не менее трудно, чем предвидеть будущее. При этом если какое-либо историческое событие, даже якобы «ошибочное» с точки зрения настоящего, совершилось, то считать его «произвольным» (как это часто делают по отношению, например, к Великой Октябрьской социалистической революции 1917 г.) методологически неверно, а если затрагивать политическую стратегию, то и опасно. На это обращал внимание еще в начале 20-х годов XX в. известный русский мыслитель Л.П. Карсавин, рассматривая с естественно-исторических позиций политику большевиков и их «коммунистическое строительство»: «Мы не утверждаем, что большевики — идеальная власть, даже — что они просто хорошая власть. Но мы допускаем, что они — власть наилучшая из всех ныне в России возможных. До самого последнего времени русский народ их поддерживал. Это не значит, что он их нежно любит: он их поддерживал как неизбежное и наименьшее зло... По существу своему политика большевиков была если и не лучшим, то, во всяком случае, достаточным и при данных условиях может быть единственно пригодным средством для сохранения русской государственности и культуры» [5, с. 307].

История заслуживает глубокого фундаментального осмысления, чтобы варианты, опрокинутые историческим развитием, не теряли своей познавательной ценности в нынешних поисках оптимальных решений. Но в таком случае мы покидаем область фундаментальной философии истории и переходим в область философии истории технологической, связанной с проектированием и конструированием прошлого, настоящего и будущего. В связи с этим следует отметить появление во второй половине XX века своеобразного интеллектуального движения под названием «Новая история», которое ставит себе задачу

не описания исторических фактов, лежащих на поверхности, а «дешифровки» (реконструкции) понимания глубинного смысла высказываемых историком сообщений. Другими словами, история выступает как проектируемое, «технологически оформленное» прошлое [6, с. 59]. С этих позиций предложенные выше методологические процедуры выступают в качестве многофакторной реконструкции прошлого с учетом взаимосвязи объективной и субъективной сторон исторического процесса.

Философия сущего — это технологическая философия истории, которая кардинально отличается от философии должного — фундаментальной философии истории.

Фундаментальная философия истории разрабатывалась в трудах Гегеля и Маркса, Данилевского и Соловьева. Главное, что их объединяло, — поклонение будущему (должному), хотя объяснительные принципы исторического процесса были разные. У Гегеля это самодвижущаяся абсолютная идея, развивающаяся по определенному плану; у Маркса — естественно-исторические условия проявления материального способа производств; у Данилевского — культурно-исторические факторы возникновения, развития и исчезновения всего многообразия жизнедеятельности различных этносов; у Соловьева обнаруживается целый ряд объяснительных принципов: космогонический, теологический и исторический.

Главный вопрос для фундаментальной философии истории — это вопрос о *смысле истории*. Почему человечество до сих пор не достигло совершенного общественного состояния? И достигнет ли оно такого состояния вообще? Почему зло принципиально неустранимо из истории? Почему с развитием человеческого общества возникают новые формы зла?

Чтобы ответить на вышеперечисленные вопросы, необходимы концепции, связанные с природой человека, судьбами отдельных личностей, влиянием естественно-исторических факторов на *процесс формирования человека*. Это, по сути, технологическая философия истории, философия сущего, где непосредственный живой опыт людей

вплетаются в сложную структуру естественно-исторического. Человек сопротивляется, пытаясь воздействовать на ход исторического процесса, а сопротивляясь, начинает испытывать страдание. Это нашло свое выражение в персоналистских концепциях философии истории, связанной с именами Н. Бердяева, Л. Шестова, К. Ясперса, Ж. Маритена, Х. Ортега-и-Гассета и др. Главным фактором исторического процесса выступает личность, ее достоинство и ответственность. Минувший XX в. характерен тем, что утрачивается ценность личности, уважительное отношение к ней. Необычайно остро встает проблема прав и свобод личности.

Для технологической философии истории в ее персоналистском варианте характерно изучение исторического человека во всей полноте его конкретных проявлений, что в конце XX в. выродилось в постмодернистские настроения, где главное *секс, безумие и тюрьма*. Технология человеческой деятельности принимает все более сервисный характер, обуславливающий удовлетворение самых низменных потребностей. На это еще в конце XIX в. обратил внимание выдающийся русский мыслитель К. Леонтьев. Он считал, что со временем (которое мы сейчас наблюдаем) выработается средний человек, ориентированный на сиюминутные потребности, бесконечное отстаивание своих прав и свобод, природы и сути которых он не знает. Леонтьев считал, что процессы «усреднения» человека происходят во всемирном, космическом масштабе и что этих процессов не сможет избежать и Россия. Все дело только во времени: она запоздает с этим процессом, и это запаздывание надо продлить, замедлить, «подморозить» темпы вступления России в сервисно-технологическую жизнь, чтобы спасти ее культурное своеобразие [7, с. 119–168]. Это замечательное предвидение К. Леонтьева. Мы сейчас наблюдаем активное вхождение России в мировую сервисно-технологическую цивилизацию, которая приведет ее к распаду и гибели.

Еще более резко высказывался по поводу западных ценностей основатель русского космизма Н. Федоров. Он называл Европу «цивилизацией молодых». Ее главную особенность Федоров видел в том, что

сыны человеческие сняли с себя обязанности перед отцами, предками, т.е. перед традицией, отделились от них в своей гордыне, перестали считаться с прошлым, забыли свой сыновний долг. Следует отметить, что легализацию секса Федоров связывал со спецификой «цивилизации молодых», которая, по его словам, возродила культ языческой «народной Афродиты» [8, с. 66–67]. Спустя полвека такие же мысли высказывал испанский философ Ортега-и-Гассет: «Безнравственность ныне стала ширпотребом, а отвращение к долгу укоренилось онтологически, породив “полусмешной-полустыдный” феномен нашего времени — культ молодежи как таковой» [9, с. 162]. Ортега сравнивал современного ему европейца с «взбесившимся дикарем», именно «взбесившимся», ибо «нормальный дикарь» чтит традиции, следует вере, табу, заветам и обычаям.

Таким образом, технологический персонализм начала XX в. в конце века выродился в технологический постмодерн, где главное не создание, синтез, творчество, а деконструкция и деструкция, т.е. перестройка и разрушение прежней структуры человеческой деятельности. Это случилось по той причине, что человек плохо представляет себе свою природу, природу своих потребностей, более того, природу эволюционирующей потребности. Технологическая философия истории не сложилась. И не сложилась она потому, что оказалась оторванной от философии истории фундаментальной. Необходим синтез фундаментальных и технологических факторов исторического развития, который бы сумел совместить космологические, природно-биосферные и человеко-духовные тенденции развития.

Синтетический подход к осмыслению исторического процесса обнаруживается в *русской философии истории*. Подобная синтетическая парадигма русской историософии нашла достойное выражение в идее соборности (А.С. Хомяков), принципе цельного знания (И.В. Киреевский), проектно-преобразующем знании будущего (Н. Федоров), концепции всеединства (В.С. Соловьев), автотрофном человечестве будущего (В.В. Вернадский).

Можно утверждать, что автотрофная концепция Вернадского является наиболее конструктивной историософской концепцией

[10, с. 462–486]. Во-первых, она подытоживает богатейший опыт философско-исторических построений русских и зарубежных мыслителей, во-вторых, дает возможность найти механизм совмещения фундаментального и технологического исторического знания, в-третьих, может разрешить самые насущные потребности человечества.

Какие же выводы можно сделать, исходя из автотрофной концепции?

1. Автотрофное человечество независимо от живого вещества, и в этом заключается его автономность (независимость). Оно независимо прежде всего от биосферы, ее органических продуктов (нефти, газа, угля и т.д.), от растительного и животного мира, которые современное человечество вынуждено уничтожать.

2. Автотрофное человечество — это человечество, обладающее высочайшей эффективностью общественного производства, обусловленной переходом на автотрофные механизмы связи человека с природой (в настоящее время эти связи носят гетеротрофный, паразитический характер, уничтожающий все живое). Появится новое социосущество — автотрофное, которое будет владеть этой эффективностью. Вернадский отмечал: «Создание нового автотрофного существа даст ему доселе отсутствующие возможности использования его вековых духовных стремлений; оно реально откроет перед ним пути лучшей жизни» [10, с. 484].

3. Движение к автотрофному человечеству необходимо воспринимать как глубинный природный, биосферно-геологический процесс. Это движение носит естественно-исторический характер и оно неотвратимо.

Удивительно, что более полувека назад Вернадский указал человечеству выход из создавшегося катастрофического положения. На современном этапе развития человеческого общества представляется возможным технологически описать переход на принципиально новую ступень человеческого развития.

Таким образом, автотрофная концепция исторического развития человечества снимает многие трудности и неясности философии

истории. Она, во-первых, содержит в себе должное, поскольку автотрофное эволюционное движение затрагивает не только ближайшее, но и отдаленное будущее, во-вторых, включает в себя сущее, так как затрагивает телесную и духовную стороны современного человека.

Автотрофная философия истории фундаментальна, идет поиск самоорганизующихся механизмов социальных систем, их переход от одной ступени развития к другой. Автотрофная философия истории технологична, поскольку указывает человеку конкретные шаги по перестройке образа жизни, потребностей, мыслей в сторону большей духовности. Автотрофная философия истории позволяет понять природу человека, смысл его деятельности, перспективы, связи с Космосом.

Современному поколению, прежде всего молодому (студенчеству), следует усвоить наследие русской философской и историософской мысли, которое в силу идеологических причин долгое время находилось под запретом. Подлинное отношение к наследию предполагает не только его освоение и сохранение, но и творческое развитие. Поэтому на основе достижений русской философии истории, этого грандиозного философско-исторического синтеза, мы должны создать новую концепцию русской философии истории, которая в полной мере учитывала бы достижения современной философской мысли, а также реалии современного исторического бытия русского народа.

## **1.2. Методологическая многоуровневая системная программа структурирования философско-научного знания (принципы, содержание)**

Методологическая исследовательская программа структурирования философско-научного знания, разработанная авторами, 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 этих семи аспектов (принципов), которые рассмотрим ниже.

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. 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 ученые? 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 планетарно-георегиональный аспект. Наряду с общечеловеческой

культурой есть особенная, регионально-географическая — прежде всего западная, восточная, русская и т.д. Следовательно, 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 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

право голоса другому, максимально расширяет культурное пространство и извлекает присущие разным культурам 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 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 фундаментальное и технологическое научное знание. Будем надеяться, что философия науки в XXI веке приобретет новое, созвучное эпохе звучание —

**биоавтотрофно-космологическое.** В связи с этим становятся актуальными следующие проблемы:

- 1) соотношения теоретических и эмпирических исследований в развитии фундаментальных и биотехнологических наук;
- 2) целостности технического, биотехнологического и инженерного знания.

Философия науки должна обратить пристальное внимание на проблемы геной и клеточной инженерии, клонирования. Можно предположить, что системотехническое и социотехническое проектирование и конструирование в XXI веке будет протекать на биоавтотрофно-космологической основе. При этом нельзя забывать, что научное знание, будучи по сути биоавтотрофно-космологическим, 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 биоавтотрофно-космологические 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 двоякопротиворечивый, 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 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 биоавтотрофно-космологического 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 (биоавтотрофно-космологическая) 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 быстро меняющемся 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 (естественно-историческая) 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 философии науки дадут нам разные формы, виды логического развертывания. Современная философия науки требует расширения статуса герменев-

тики 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, развитие 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 геокультурологическая 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 об 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 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.

### 1.3. 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 создавать на основе фундаментальных научных результатов и инженерно-технических разработок нововведения, существенно изменяющие жизнь людей. Разработанная методологическая исследовательская программа позволяет выявить интегративные инновационные качества творческой личности инженера в XXI веке.

**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.

**Геокulturологические 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.

**Онтологические качества.** Инженер-космист, который проектирует и конструирует техносферические миры по биоавтотрофно-космологическим 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 биоавтотрофно-космологического 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.

**Гносеологические качества.** Инженер-исследователь с педагогической ориентацией, что предполагает 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 биоавтотрофно-космологической 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.

**Герменевтические качества.** Инженер-герменевт, способный решать глобально-эволюционные историко-хронологические проблемы, связанные 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.

**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.

**Этико-эстетические качества.** Инженер-гуманист, выстраивающий техносферический мир по законам справедливости и красоты. Необходим инженер, органически вмещающий всечеловеческую отзывчивость, совестливость, когда сопереживание и соучастие становится главенствующим мотивом инженерно-созидательной деятельности. Но это возможно 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*.

#### **1.4. 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, главной 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, эти вопросы имеют отношение не только к инженерии и инженерно-техническому образованию, но здесь пойдет речь преимущественно об инженерии будущего.

***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 человека 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-культурологическим, носящим космический характер.

По сути, инженерия должна посмотреть на себя и свою деятельность 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 переучивать педаго-

гов 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 — инженеры-мыслители 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 ноосферно-образовательный блок.

***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, что в инженерно-образовательной практике принимает предметно-технический содержательный характер. До сих пор доминирует *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 дает возможность избежать негативных последствий.

Современный инженер плохо представляет себе тот предметный (технико-технологический) мир, который ему предстоит изменять и совершенствовать. Отсутствие системного предметного мышления свя-

зано 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» [8, 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» [8, с. 93].

Традиционная (классическая) философия инженерного образования уже не отвечает современным научным и философским представлениям о мире и сталкивается с непреодолимыми трудностями, пытается 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 особенное 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 внимательно обратить на антропобиоэнергоинформатику в связи со 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».

## **1.5. Фундаментальное и технологическое знание в инженерно-техническом образовании XXI века**

Двадцать первый 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. Возникает вопрос: 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 науки 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, 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 академик 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 [11, с. 40].

Вышеизложенный взгляд на фундаментальное и прикладное знание доминировал в XX веке. Но за последние полвека в науке, 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, 12].

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 (А.Д. Московченко) ещё в начале 80-х годов прошлого столетия предлагал перейти к более адекватной дихотомии «фундаментальное — технологическое» [13]. В основе деления наук на фундаментальные и технологические лежит глубинное онтологическое противостояние естественного и искусственного, что позволяет раскрывать диалектику онтологического, гносеологического и образова-

тельного 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 [14,15]. 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 необходимо сформировать целостно-фундаментальное представление о мире. Обобщенные программы фундаментальных курсов естество- и обществознания позволят обучающемуся 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 фундаментальному университетскому образованию рыночно-практическую направленность. Европейская система подготовки бакалавров, как правило, носит ограниченный характер и не выходит за рамки подготовки выпускника российского 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 инновационного направления. 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. Таким образом, если инженер-бакалавр — это инженер-предметник, то инженер-магистр — это инженер-методолог, исследующий, проектирующий и конструирующий биотехнологические системы в соответствии с биоавтотрофно-космологическими закономерностями (автономности, оптимальности и гармоничности). Это важное обстоятельство не учитывается как европейской высшей школой, так и нашей, российской. Тотальная фундаментальность и технологичность позволят выйти из пространства знаний в пространство деятельности и жизненных смыслов [14, 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 ее решение 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 поколе-

ния 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 переориентирует 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 выше 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.

### **1.6. Идея автотрофности и проблемы высшего технического образования**

В начале третьего тысячелетия зарубежными и отечественными учеными предложены различные модели реформирования высшего технического образования [15]. Вместе с тем эти модели, во-первых, не учитывают особенностей инженерно-технической подготовки в России, во-вторых, в них отсутствует биокосмологический фактор развития. Нами предложена биоавтотрофно-космологическая концепция высшего технического образования [3, 16, 17], которая отличается следующими преимуществами:

- 1) стратегически космологической направленностью человеческой деятельности;
- 2) учетом русского национального менталитета;
- 3) системной интегративностью проявлений всех сторон образовательной деятельности.

Нужна новая модель развития высшего технического образования, которая отвечала бы вышеперечисленным 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 главе 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» [4, с. 183]. Обращаясь к будущему инженерно-техническому комплексу знаний, следует высказаться еще решительнее: биокосмологические учебные дисциплины должны стать не наравне, а во главе 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, биокосмоматематические, биокосмотермодинамические, биокосмомеханические, биокосмофизико-химические 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 началом, которое, во-первых, объединит фундаменталистов и технологистов, поскольку возникают точки соприкосновения (биокосмологический аспект одинаково интересен тем и другим), во-вторых, неразрывно свяжет общие биокосмологические интересы 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 общим

фундаментальным началом. В новом тысячелетии, как нам представляется, в качестве такого объединяющего начала должны выступить дисциплины биоавтотрофно-космологического 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

многообразии 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 ее реализации необходимо формировать технологические отделения, которые бы «стянули» воедино все многообразие инженерных 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 (естественно-историческому) 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.

### **1.7. Автотрофная формула изобретения**

Строгого определения понятия «изобретение» не существует. Вместе с тем критерии изобретения известны [18]:

- 1) мировая новизна;
- 2) изобретательский уровень технического решения;

### 3) промышленная применимость.

К вышеназванным критериям в последнее время стали добавлять инновационный критерий, характеризующий сервисно-потребительскую значимость (применимость) изобретения [19]. 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, требуют 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 [20, с. 7]. В этом случае имеет смысл говорить о техноценозах вообще [20, с. 11], что значительно расширяет критериальный план изобретательского дела, осуществляя переход в надсистему Целей, где первоначальная Цель становится частным случаем [21].

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 при нарастании 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 в трудах Н. Федорова и В. Вернадского [8, 10].

Главное в автотрофном представлении о мире — независимость человеческого существования от окружающего живого вещества (растений и животных), 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 [10]. Причем 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 паразитарные технологии, уничтожающие невозполнимые биосферные запасы Земли — нефть, газ, уголь и т.д. [22, 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 космической школы, сформулируем 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) [16, с. 124, 137, 171, 172].

Универсальность и глобальность идеи автотрофного человечества не позволяют напрямую определить 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) она должна 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 [21]. 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 технотенденции 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 степени отвечает двум важнейшим качествам (требованиям) автотрофности — автономности и оптимальности. Автономность существования и оптимальность функционирования атомно-энергетических установок связаны 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 [16, 23, 24].

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.

### **1.8. Логика Н.А. Васильева и проблемы 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 инновация придает этим знаниям 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). Ему 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 [25]. 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 отмечал: «Закон противоречия есть закон земной жизни; при его помощи мы хорошо разбираемся 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» [25, с. 99]. Противоречия, изгоняемые из формальной (аристоте-

левой) 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 рефлекссию 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» [26]. 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 «держат 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» [27, 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 в отношении природного (да и социального) можно назвать интегральным, а новое научное отображение — интегральной научной картиной.

Совмещение естественного и искусственного в 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...» [25, с. 93]. Логика конца XX века вплотную подошла к осмыслению воображаемой логики Н. Васильева, которая даст возможность ответить на многочисленные вопросы, поставленные инженерно-техническим образованием.

Недостаточность аристотелевой 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 мир естественный и искусственный. С этих позиций нужно кардинально пересмотреть структуру и логику инженерного мышления, структуру и логику инженерно-технического образования.

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 биоавтотрофно-космологическим 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.

## 1.9. Логика и методология В.И. Вернадского в решении проблем современной науки

Отличительной чертой русского космизма является конструктивность мысли. Русские мыслители не просто созерцают мир и пытаются его объяснить с точки зрения Космоса, но предлагают реальные пути выхода из цивилизационного и культурологического кризиса, в котором оказалась не только Россия, но и все человечество.

В трудах русских космистов, ярким представителем которых является В.И. Вернадский, обнаруживаются идеи, заслуживающие сегодня и в будущем самого пристального внимания. Наиболее характерные из них:

- 1) множественность форм жизни и разума во Вселенной;
- 2) воскрешение или бессмертие человеческого рода;
- 3) регуляция природных и социальных процессов;
- 4) автотрофность будущего человечества.

Центральной идеей, связующей мировоззренчески и методологически все многообразие проявлений русского космизма, является *идея автотрофности*. Здесь мы подходим к пониманию величайшего открытия, сделанного В.И. Вернадским: «Дальнейшая эволюция человеческого сообщества будет протекать по линии автотрофности, т.е. по пути превращения в существа, независимые в питании от других существ ... Человечество быстро идет к такой автотрофности: научным исканием оно подходит к решению задачи добычи пищи помимо живых организмов. Мне кажется это неизбежным следствием хода планетного существования. Автотрофное человечество увеличит до чрезмерности, с нашей обыденной точки зрения, свою силу и, с точки зрения человеческой силы, достигнет большого равновесия» [10, с. 126, 283].

Идея автотрофности позволила В.И. Вернадскому наметить реальный *фундаментально-стратегический проект* будущего человечества. Главное в этом проекте «непосредственный синтез пищи, без посредничества организованных существ ...» [10, с. 481]. Человечество продолжает естественно-эволюционную концентрацию энергии и

информации в автотрофном направлении, но переводит её в искусственно-технологический план для того, чтобы со временем плавно и незаметно войти в автотрофные природно-биосферные системы, контролируя и управляя ими в соответствии со своими духовно-космическими потребностями. Проблема искусственного изготовления пищи (и соответственно овладение новыми источниками энергии) человеком является чрезвычайно сложной и связана с проблемами атомной биологии, с «вопросом о колебаниях атомных весов химических элементов в земных условиях ... Для получения синтетическим путем пищи необходимо, таким образом, синтезировать и те изотопические смеси (химические элементы), которые отвечают природным состояниям химических элементов в живых организмах» ... [10, с. 485–486]. Эта область биохимических явлений ещё мало разработана, но, как подчеркивал Вернадский, это вопрос времени. «В конце концов, будущее человечества всегда большей частью создается им же самим. Создание нового автотрофного существа даст ему доселе отсутствующие возможности использования его вековых духовных стремлений; оно реально откроет перед ним пути лучшей жизни» [10, с. 484].

Заслуга В.И. Вернадского перед мировым научным сообществом заключается в том, что он первый указал на колоссальный взрыв научного творчества в XX веке. Это привело к тому, что наука стала новой геологической силой, естественно-историческим явлением. Результатом этой небывалой научной деятельности явился переход биосферы в ноосферу. При этом важнейшее значение он придавал открытию атомной энергии, полагая, что атомная энергия и управляемый атомный синтез выступят со временем энергетической основой перехода человечества к автотрофному существованию. Ученый формирует основные положения новой дисциплины — биогеохимии, которая будет изучать миграцию и трансформацию атомов в биосфере.

В своих автотрофных поисках В.И. Вернадский опирался на труды русской космической школы, особенно на работы Н.Ф. Фёдорова, который весьма подробно в натурфилософском плане описывал механизм воссоздания человеческого организма из атомов и молекул:

«Даже процесс пищеварения не весь производится в данном природой, в рожденном желудке, а переходит в исследование, в воспроизведение в лабораториях — насколько вообще искусственный опыт может воспроизводить, — и вместе с тем в приготовлении пищи положено уже начало освобождению человека от необходимости умерщвлять живое для своего существования, ибо совершенствование приготовления пищи и состоит в том, чтобы готовить её из все более и более простейших элементов» [8, с. 513].

Искусственное изготовление пищи человеком неминуемо приведет к изменению физико-химических и химико-биологических процессов в человеческом организме. Человек стремительно меняется, он не есть «венец творения», а только промежуточное звено в эволюционной цепи восхождения к космически-духовному образованию. Но изменение структуры питания приведет к изменению структуры человеческого мозга, а значит, и мыслительного аппарата человека: «В порядке десяти тысячелетий изменение мыслительного аппарата человека может оказаться вероятным и даже неизбежным» [4, с. 107]. Структура научного знания также стремительно меняется: наука перестраивается на наших глазах. И главное направление перестройки связано с коренным изменением научного аппарата: «Научный аппарат из миллиарда миллиардов все растущих фактов, постепенно и непрерывно охватываемых эмпирическими обобщениями, научными теоремами и гипотезами, есть основа и главная сила, главное орудие роста современной научной мысли. Это есть небывалое создание новой науки... рост научного знания XX в. быстро стирает грани между отдельными науками. Мы все больше специализируемся не по наукам, а по *проблемам*. Это позволяет, с одной стороны, чрезвычайно углубляться в изучаемое явление, а с другой — раскрыть охват его со всех его точек зрения» [4, с. 73].

Вернадский выступает *основоположником мирового научного науковедения* (науки о науках). Науковедческие разработки ученый поднимает на высочайший культурологический уровень, сопоставляя научные искания с религией, искусством, политикой, мифологией, образованием, философией. Особенное внимание он обращает на

соотношение науки и философии. В данном случае Вернадский является *крупнейшим методологом науки XX века*. Он резко отделяет философию от науки, вместе с тем подчеркивая необходимость и неизбежность философии для научного творчества. При этом отмечает катастрофическое отставание философии от данных науки XX века, от осмысления новых биогеохимических данных: «Философия сейчас живет прошлым, и все менее приходится с ней считаться в происходящей перестройке основного научного понимания реальности. Наука лишается той опоры, которую она имела в философском анализе основных научных понятий в течение последних трех столетий» [4, с. 256]. Философия должна активно влиять на ход научной деятельности, критикуя и осмысливая её основные положения. Вернадский подчеркивал, что отсталость философии (и гуманитарного знания в целом) может иметь для человечества катастрофические последствия. Философия должна вернуть себе статус лидера человеческого знания, понимания жизни и мира в целом: «Время философии в будущем. Оно наступит тогда, когда философия переработает огромный, бурно растущий научный материал научно установленных фактов и научных эмпирических их обобщений, непрерывно увеличивающийся и современной философии уже в значительной степени чуждый. И как раз в переживаемый нами период такого роста научной творческой мысли оригинальная творческая работа философии в XX веке ослабла, несравнима по своей глубине и охвату с научным творчеством» [4, с. 275].

Вернадский обращал внимание на становление не только новой философии, но и новой науки, культуры в целом. На смену традиционной, классической культуре, возникшей в лоне гетеротрофной цивилизации, грядет новая, неклассическая культура с иной логикой и методологией, этикой и эстетикой, философией истории и политикой. Грядущая автотрофная цивилизация потребует биогеохимического насыщения и перестройки всей человеческой культуры. Особенное внимание В.И. Вернадский уделял логике. Логика здравого смысла (аристотелева логика) безнадежно устарела. Необходима новая логика: логика биосферы и ноосферы. Только с позиций этой логики появляется

ся возможность описания и осмысления биогеохимических процессов на Земле и в Космосе: «... научная творческая мысль выходит за пределы логики (включая логику и диалектику в разных её пониманиях). Личность опирается в своих научных достижениях на явления, логикой (как бы расширенно мы её не понимали) не охватываемые. Интуиция, вдохновение — основа величайших научных открытий, в дальнейшем опирающихся и идущих строго логическим путем, — не вызываются ни научной, ни логической мыслью, не связаны со словом и с понятием в своем генезисе» [4, с. 151–152]. При этом В.И. Вернадский отдавал должное индийской философской мысли, которая самостоятельно и критически подходит ко всем проблемам, волнующим сейчас человечество: «Она сейчас глубоко и самостоятельно охватывает одновременно и философскую и научную мысль в её целом — и философскую мысль Запада и Китая, с одной стороны, и научные достижения нашего времени — с другой стороны» [4, с. 315].

Владимир Иванович Вернадский — мыслитель планетарного масштаба, *завершитель русской космической школы*. Если Н.Ф. Фёдоров заложил фундамент русского космизма, то Вернадский придал ему законченный, завершённый вид. Сам ученый понимал всю важность охвата явлений в их целостности: «Меня уже давно удивляет отсутствие стремления охватить природу как целое ... Как будто какая-то леность ума. Чувствуется, что некоторым усилием можно подняться до охвата всего явления в целом, но этого усилия не делаешь и видишь по литературе, что оно не делается и другими» [4, с. 411].

Вернадскому удалось подняться на космическую высоту и обозреть биосферу Земли и человечество во всем многообразии связей с Космосом. Особенно это связано с космической антропологией. Им поставлена задача всемирно-исторической важности: описание и осмысление человека космического (автотрофного). Со временем человек «из существа социально гетеротрофного делается существом социально *автотрофным*. Последствия такого явления в механизме биосферы были бы огромны. Это означало бы, что единое целое — жизнь — вновь разделилось бы, появилось бы третье, независимое её

ответвление. В силу этого факта на земной коре появилось бы в первый раз в геологической истории земного шара *автотрофное животное* — автотрофное позвоночное ... Человеческий разум этим путем не только создал бы новое большое социальное движение, но ввел бы в механизм биосферы новое большое геологическое явление» [10, с. 482].

При этом нужно отличать человека автотрофного от искусственных автотрофных технологических систем, которые уже сейчас создаются, например космические технологические системы, где в какой-то мере выполняются два важнейших качества автотрофности: автономность и оптимальность; вместе с тем третье, самое важное качество — гармоничность — пока не востребовано, но в будущем будет разрешена и эта задача. Человек же автотрофный — весь в будущем. Он будет в полной мере наделен такими автотрофными качествами, как *автономность* (суверенность) поведения и мышления, т.е. будет наделен богатством структурно-функциональных связей с окружающим миром, что даст ему возможность проявить свою сущность во всем своем многообразии; *оптимальность* потребностей, связанных с ненарушением нравственных ограничительных табу: в своих взаимоотношениях с окружающим миром будет руководствоваться принципом самодостаточности; *гармоничность* связей с окружающим миром, предполагающая космологическое чувство любви ко всему сущему; гармоничный человек будет выстраивать свой биофизический и интеллектуально-духовный мир по законам естественности (красоты) [16, с. 170].

Правда, здесь возникают сложные и во многом нерешенные проблемы философского и культурологического плана, связанные с природой суверенности поведения и мысли человека, оптимальных потребностей и гармонического вхождения в космическое пространство. Где границы этой суверенности? Каковы должны быть оптимальные потребности человека и человечества в целом? Насколько органично войдет человек в природные иерархические структуры, чтобы, приняв образ естественно-природного, вместе с тем не потерять свое, наработанное с таким трудом, искусственно-технологическое?

Человечество подошло к такому рубежу своего развития, что необходим коренной переворот взглядов, идей, концепций на общество и природу. Традиционное антропокосмическое представление о мире изжило себя, исчерпало свои возможности, и на смену ему идет автотрофно-космологическое представление, где общество и природа будут рассматриваться в живом единстве с бесконечным Космосом. Опираясь на работы русских космистов, прежде всего В.И. Вернадского, можно сформулировать отличительные черты нового видения мира — автотрофно-космологического.

**Автономность** человеческой культуры, человеческого существования. Естественная биосфера также важна для функционирования и развития общественного производства, как и искусственная биосфера (техносфера и ноосфера). И все силы ума и воли человек должен направить не только на умножение искусственного, но и на сохранение естественного. Человек автономный свободен в выборе своего естественного и искусственного пространства. Такой выбор потребует кардинальной перестройки человеческого мышления, его логики и методов исследования в сторону единого, целостного научного знания.

**Оптимальность** человеческой культуры, человеческого существования. Искусственные технологии, созданные человеком, со временем не будут уступать по своей эффективности природным биосферным технологиям, более того, будут превосходить их, поскольку, органически войдя в природные иерархические системы, они будут осуществлять определенные изменения в них в согласии со своими космологическими (высшими) интересами.

**Гармоничность** человеческой культуры, человеческого существования. При создании искусственных технологий человек должен опираться на всю мощь естественных сил и технологий. Гармоничность означает приоритет естественного над искусственным, т.е. искусственное само должно приобрести качества естественного. Естественное должно стать основанием для проектных и конструкторских разработок человека. Это потребует радикальной переориентации образования (школьного и высшего), технологических поисков,

изменения традиций и норм обыденной жизни с гетеротрофных на автотрофные [16, с. 172–173].

Автотрофно-космическое видение мира как будущая модель миропостижения, стратегическая цель движения человечества будет создавать необходимое энергоинформационное духовно-материальное поле, вызывающее к жизни спасительное для человечества автотрофно-космическое бытие.

Если кратко обозначить достижения (мировоззренческие и методологические) В.И. Вернадского, то их можно выразить в следующих тезисах.

1. Человечеству предложен реальный путь спасения и выживания: фундаментально-стратегический проект обновленного человечества на путях автотрофности.

2. В качестве эволюционного механизма приобщения человека к Космосу предложена автотрофность как антиэнтропийный, самоорганизующийся и самоуправляемый биогеохимический процесс.

3. Всеобъемлющее (тотальное) рассмотрение науки и философии через призму биосферно-космологических ориентиров.

4. Системно-биосферное рассмотрение всего комплекса научных дисциплин с позиций новой биосферно-ноосферной логики и методологии.

5. Поставлена всемирно-историческая задача образования и воспитания нового, космического (автотрофного) человека.

### **1.10. Русский космизм. Глобальные проблемы XXI века**

Русский космизм является наиболее ярким выражением русской культуры. За последнее столетие в условиях необычайного развития науки, техники, технологии, образования, искусства, общественно-политической и религиозной деятельности вновь возникло интегрально-системное социокультурное явление, связующее воедино все сущее через призму космологических ориентиров. Результаты, достигнутые русской космической школой, являются фундаментом для станов-

ления единой планетарно-космической культуры человечества в XXI веке.

Русский космизм поставил ряд принципиально новых проблем, касающихся единства человека и космоса, морально-этической ответственности человечества в ходе космической экспансии:

1) современное нанотехнологическое движение, основоположником которого является Н. Федоров;

2) формирование космического мировидения (К. Циолковский);

3) преобразование формальной логики в космическую (воображаемую) логику Единого (Н. Васильев);

4) осмысление религиозной (православной) философии на онтогносеологической основе (Н. Бердяев);

5) создание биокосмической теории этногенеза (Л. Гумилёв);

6) перекодировка космического интеллектуального инструментария на человечески-знаковые словесно-семантические поля интеллекта (В. Налимов);

7) переход человечества на автотрофный цивилизационный и культурологический уровень (В. Вернадский).

Русская космическая школа поставила и разрешила труднейшие вопросы не только в области онтологии и гносеологии, но и в области политики, экономики, технологии и образования. Самое главное: русские мыслители сформулировали стратегическую цель будущего человечества – овладение автотрофными механизмами природной и социальной действительности.

Специфика русской космической школы заключается [28]:

– в тотальном рассмотрении всех форм человеческой жизнедеятельности через призму космологических ориентиров;

– органическом совмещении онтологических и гносеологических представлений с учетом иерархического характера земных и космических наблюдателей;

– софийной духовности (положительно-нравственное начало), выступающей системообразующим фактором космологической тотальности;

– автотрофности (антиэнтропийное самоорганизующееся начало), выступающей в качестве эволюционного механизма приобщения человека к Космосу.

Человечество стремительно входит в искусственный (бесприродный) технологический мир. Проблема состоит в том, на какой основе (гетеротрофной или автотрофной) будет выстраиваться этот мир. В гетеротрофном технологическом мире, основанном на уничтожении естественной биосферы, человек постепенно утратит свою духовно-творческую силу и будет осуществлять обслуживающую функцию по отношению к техносферическим системам. Автотрофный технологический мир, построенный на гармоничном совмещении человека и окружающей среды, даст шанс сохранить и возвысить в человеке духовно-нравственную основу. Особенную роль в становлении автотрофно-космического взгляда на мир сыграли основоположники русского космического движения Н. Федоров и В. Вернадский.

В труде «Философия общего дела» Н. Федоров ставит ряд проблем, которые должно решить человечество. Он предлагает подробнейший план регуляции природных и социальных явлений, особенно выделяя «продовольственную» и «санитарную» регуляцию [8].

Продовольственная регуляция связана с овладением атмосферическими явлениями, с управлением метеорическими процессами, и даже движением самого Земного шара.

Санитарная регуляция — это, по сути, вопрос об оздоровлении Земли, и при том всей, а не какой-то отдельной местности.

Идею регуляции Федоров связывает с изменением *психофизической* природы человека. Человек должен научиться трансформировать собственную природу, превратить «питание в сознательно творческий процесс, обращение человеком элементарных космических веществ в минеральные, потом растительные и, наконец, живые ткани...» [8, с. 405]. Позднее В.И. Вернадский назовет эти процессы социально автотрофными, т.е. человек научится поддерживать и воссоздавать свой организм, не уничтожая другой жизни, — как растение, из самых простых природных неорганических веществ. И этим самым преодолает «грех» пожирания и убийства [10, с. 482].

Центральный пункт регуляции по Федорову — это *воскрешение* всех умерших на Земле. Самая фантастическая идея Федорова, которая привела в смятение выдающиеся умы России. При этом ставится реально осуществимая задача воскрешения поколений сначала в изучающей памяти. Он призывает к тотальной консервации памяти, созданию всеобъемлющих библиотек и музеев по всем отраслям культуры (наука, искусство, техника и т.д.). Следует подчеркнуть, что с тех пор человечество значительно продвинулось в данном направлении: фотография, кино, телевидение, видеоманитонные записи, синтезаторы звуков, голография, новейшие методики восстановления умерших форм, применяемые в археологии и палеонтологии. Двигаясь в данном направлении, человечество со временем овладеет методами патрофикации (отцетворения), т.е. рукотворного реконструирования предшествующих поколений. Федоров предлагал создать для этого специальные научно-технические центры, которые изучали бы научно-технические приемы управления всеми молекулами и атомами всего мира, чтобы «рассеянное собрать, разложенное соединить, т.е. сложить в тела отцов» [8, с. 528].

У Н. Федорова воскрешение мыслится как следующий ряд: буквально сын воскрешает отца как бы из себя, отец — своего отца и т.д. вплоть до первоотца и первочеловека. Естественно, восстановление предка осуществляется по той наследственной информации, которую он передал потомкам. Федоров специально подчеркивал значение наследственности, необходимости тщательного изучения себя и предков. В пределе ставится задача восстановить весь последовательный генетический код человека.

Федоров подчеркивал, что воскрешение невозможно для духовно ограниченных, физически смертных существ. Это под силу духовно-нравственному космическому человеку будущего. Он упорно развивал момент преобразования в воскресительном процессе, но, тем не менее, многие несправедливо упрекают его в некромантии, воскрешении трупов и т.п. Заслуга Н. Федорова заключается в том, что он впервые в космическом размахе понял онтологический разрыв в природе

человека, который принял свой тотально-завершающий вид в XX веке. В онтологическом плане это противостояние естественного и искусственного, а в гносеологическом — фундаментального и технологического. Техногенная цивилизация XX века пошла по линии необычайного усиления искусственного за счет уничтожения естественного, что в конечном итоге приведет к неминуемой деградации и гибели человеческого рода.

Продолжая размышления Н. Федорова о космическом человеке будущего, В.И. Вернадский в статье «Автотрофность человечества» [10] предложил реальный конструктивный выход из создавшегося культурологического и цивилизационного тупика. Он сформулировал проблему поиска механизмов *совмещения* живых и косных систем. В качестве глубинного онтологического основания совмещения служит представление об автотрофных и гетеротрофных живых системах. Автотрофно-гетеротрофное представление дает возможность понять природу человека, эволюционно-инволюционный характер его научно-технологических устремлений.

В чем же принципиальное отличие автотрофов от гетеротрофов?

Особенность автотрофов (в основном это мир зеленых растений) заключается в том, что они при помощи космических лучей (прежде всего солнечных) сами строят свой организм на основе косного низкоорганизованного вещества, энергии и информации окружающей среды. Гетеротрофы (животные, очень небольшая часть растений, часть микроорганизмов и человек) живут за счет автотрофов. Автотрофы — это создатели и кормильцы биосферы, они не только кормятся сами, но и кормят других. Автотрофы обеспечивают энергоинформационный вход в биосферу солнечных и космических излучений, связывая и трансформируя их в энергию и информацию более высокого порядка. Более того, формируя естественную биосферную реальность, автотрофы в конечном итоге приводят к появлению человека, белково-нуклеидного рефлексирующего существа, а если говорить о перспективе — то и к появлению человека космического.

На первый план в XXI веке выходит инженерно-биотехнологическая задача окультуривания растений и животных, создания

тончайших автотрофных технологий, органически вписывающихся в окружающий человека биосферный мир.

В этом случае изменятся формы и структуры общественного производства, изменится сам человек, «утончится» его биопсихофизическая основа, его система потребностей станет *оптимальной*, учитывающей природно-космологические закономерности.

Главное в автотрофности — миграция и трансформация атомов в биосфере (естественная радиоактивность). Раскрывая тайны этой трансформации, связанные с фото-, хемо- и космосинтезом, человечество научится искусственно, сперва в лабораторных, а затем и в промышленных условиях, воспроизводить природно-автотрофные процессы, приспособив их к своим потребностям, освобождаясь при этом от биосферной зависимости [10, с. 485].

Вернадский впервые осмыслил специально-биологическую автотрофно-гетеротрофную проблему как проблему общенаучную. Нами же была предпринята попытка трансформировать эту проблему как культурологическую и цивилизационную [29]. В качестве методологического инструментария использован *биоавтотрофно-космологический* принцип. Выявлены и сформулированы онтогносеологические качества автотрофных систем как природного, так и социального плана:

- 1) *автономность* существования (независимость от живого вещества);
- 2) *оптимальность* (развитые обратные связи, цикличность);
- 3) *гармоничность* сосуществования с окружающей средой.

Многое уже делается в автотрофном направлении: в нанотехнологии, в космической технике и технологиях, в общественном производстве, особенно связанном с производством продуктов и лекарств. Но пока это стихийный, неосознанный процесс, который человек плохо представляет и поэтому необдуманно наносит своему организму и биосфере в целом непоправимый ущерб. Все дело в том, чтобы научиться управлять этими процессами.

Проектирование и конструирование искусственных автотрофных технологий разрешит экологические проблемы, снимет с человека

тяжкий нравственный груз вины перед всем живым, даст возможность человечеству выжить в экстремальных условиях на путях будущего устойчивого развития. Удивительно, что еще в начале XX века В. Вернадский указал человечеству выход из катастрофического положения, в котором оно оказалось. В философской и научной литературе широко употребляется понятие «ноосфера», но мало кто увязывает поиски мыслителя с идеей автотрофности, вследствие чего смысл понятия ноосферы остается непроясненным. Ноосфера без автотрофности выступает выхолощенной и непривлекательной абстракцией. Автотрофный же взгляд на ноосферу позволяет выявить основные этапы (уровни) ее становления и развития.

Почему же автотрофная идея, высказанная русскими космистами, до сих пор не востребована культурным и философским сообществом и даже в самой России вызывает равнодушие и негативное восприятие? Причин здесь несколько. Назовем главную: эта идея мешает мировому криминально-олигархическому сообществу удовлетворять свои непомерные паразитарно-гетеротрофные потребности, контролировать и управлять всем человеческим сообществом.

В итоге можно дать предварительный научно-технологический прогноз задач (проблем), которые позволили бы нашей цивилизации не только выжить, но и занять достойное место в природно-иерархической космической системе. Перечислим некоторые из них.

1. Раскрытие природы человеческой агрессивности — откуда возникает эгоистическое, злое начало в человеке. Это предстоит понять, изучая генетику поведения и исследуя зоопсихологический и этологический филогенез, причины усиления гетеротрофной социальной паразитарности человеческого общества.

2. Формирование новой научной и инженерно-образовательной дисциплины для подготовки специалистов по разработке биосферно-технологических систем робототехнического профиля в автотрофном направлении.

3. Изучение автотрофных закономерностей развития био-, техно- и ноосферы.

---

4. Разработка мировоззренческих и методологических аспектов к всеобъемлющего перехода человечества на автотрофный образ жизни.

5. Изучение механизмов наследственности (расшифровка молекулярно-генетических и организменных программ старения).

6. Разработка теоретических и практических аспектов клонирования органов и тканей, клонирование человека.

7. Исследование происхождения жизни на Земле в связи с общей теорией эволюции Вселенной (Большой взрыв, пространственно-временная асимметрия, элементогенез, космическая органика, естественный отбор на макромолекулярном уровне, роль слабых электрических полей в генезисе живой материи).

8. Изучение роли электромагнитных колебаний, в том числе световых потоков, в дистантной передаче структурной автотрофной информации.

9. Формирование человеческого автотрофного сознания (подсознания и надсознания).

10. Разработка теории природных и социальных катастроф. Создание на этой основе технико-технологической системы «космический щит», минимизирующей опасность столкновения с космическими объектами.

11. Создание управляемого атомного и термоядерного синтеза как энергетической основы перехода человечества к автотрофному существованию.

12. Моделирование и конструирование наиболее тонких эфироторсионных процессов и взаимодействия их с атомами, полями и различного рода излучениями, включая гравитацию.

13. Разработка стратегий глобального мониторинга качества среды обитания человека с использованием аэрокосмических и ядерно-физических методов, компьютерное моделирование, развитие и адаптация сложных и сверхсложных открытых неравновесных саморегулирующихся автотрофных систем.

В заключение приведем слова великого русского философа Николая Александровича Бердяева: «Чтобы добыть свет в нахлынувшей

на мир тьме, необходимо космическое углубление сознания. Если остаться на поверхности жизни, то тьма поглотит нас» [30, с. 400].

### **1.11. Глобальная систематика современных научных знаний и проблемы высшего технического образования**

Потребность в классификации и группировке научных и инженерных знаний существует в науке и образовании постоянно и обусловлена настоятельной необходимостью:

- четкого (целевого) распределения материальных ресурсов;
- системного формирования творческих научных коллективов;
- научно обоснованной аттестации ученых и инженеров;
- создания рациональной системы инженерного образования;
- организации единой системы научно-технической и образовательной информации.

В XX веке произошли значительные изменения в составе и структуре научного знания. Возникли принципиально новые научные направления. Революционные открытия в науке, технике, технологии общественного производства привели к концептуальной перестройке не только научного знания, но и инженерно-технического. В этих условиях задача упорядочения наличного научного и инженерно-технического знания становится все более важной и трудной.

Систематика современных научных знаний включает в себя такие методологические процедуры, как классификация и группировка. Говорить о систематике научных знаний до начала XIX века не имеет смысла. Первые, действительно объективные классификации и группировки наук появились в работах Ф. Энгельса и связаны с иерархией форм движения материи, уровней её организации. Он выделяет следующие принципы классификации и группировки научных знаний:

- 1) каждая из форм движения материи должна быть связана с определенным материальным носителем;
- 2) формы движения материи качественно различны и несводимы друг к другу;

3) при надлежащих условиях они превращаются друг в друга;

4) формы движения отличаются по степени сложности, высшая форма понимается как синтез низших; при этом важно избегать как отрыва высших форм от низших, так и механического сведения высших форм к низшим [31, с. 568–580].

К четырем вышеобозначенным принципам советский философ академик Б.М. Кедров добавил еще один принцип: для каждого вида материальных систем следует выделять главную (высшую) форму и побочные (низшие) формы [32, с. 286].

В XX веке, в связи с открытием микрофизической реальности, встала проблема классификации и группировки микрофизических форм движения, особенно вакуумных. Известный советский ученый А.В. Вейник еще в 60-х годах XX столетия предложил классифицировать микрофизические (вакуумные) формы (кварковые и лептокварковые) по следующим уровням: аттоформы, фемтоформы, пикоформы и наноформы [33, с. 3–21]. Материальным носителем вакуумных форм являются мельчайшие субчастицы. Последние достижения астрофизики и космологии позволяют выделять наряду с микро- и макроформами движения мегаформы: галактические и межгалактические формы движения.

Таким образом, выстраивается глобальное линейно-генетическое представление о формах движения материи, которое охватывает всё богатство накопленных современной наукой и практикой формообразующих материальных связей: микрофизические (кварковые и лептокварковые формы движения материи), атомно-молекулярные, геологические, социотехнические, звездно-планетные и галактические. Гипотеза В.И. Вернадского об автотрофном будущем человечества [10, с. 462–486] позволила нам выделить вслед за социотехническими формами социоавтотрофные и социогетеротрофные формы движения материи [3]. При этом очень важно подчеркнуть следующее. Каждая из форм движения материи должна иметь свой, только ей присущий материальный носитель: кварки и элементарные частицы, атомы, молекулы, химические соединения, минералы, биосфера в целом,

человек, техносфера, автотрофные и гетеротрофные социотехнические системы, звезды с планетами, звездные скопления, галактики и межгалактические системы. Кроме того, формы движения должны качественно различаться и при надлежащих условиях превращаться друг в друга.

Остается нерешенной классификационная проблема механической формы движения материи, которая не имеет своего специфического материального носителя. Механическое движение изучает наука механика, и она по этой причине не вписывается в линейно-генетический классификационный ряд наук. То же самое происходит с такой наукой, как математика, которая изучает пространственные и количественные отношения (свойства) реальности. Нам представляется, что наряду с линейно-генетической разверткой форм движения материи необходимо выделять структурно-функциональную развертку форм движения, имеющую отношение ко всему космогенетическому ряду. Исходя из современных данных науки и инженерной практики, наряду с механической формой движения, не имеющей специфического материального носителя, необходимо выделять термодинамическую форму, которая также не имеет своего специфического материального носителя. Это дает возможность выделить в самостоятельный структурно-функциональный ряд такие науки, как механика, математика, термодинамика. В итоге выстраивается своеобразная таблица классификационных форм движения материи, где генетическое и структурное начала органически взаимосвязаны [3, с. 82–92].

Систематика научных и инженерных знаний имеет не только онтологический аспект (классификация и группировка форм движения материи). На этой основе выстраиваются гносеологическая и образовательная классификационные системы знаний. Как правило, исследователи обращают внимание на последние два аспекта классифицирования, часто не замечая их специфики.

Сложность систематизирования современных научных знаний заключается в том, что необходимо органически увязать воедино (при этом не смешивая их) три совершенно разные классификационные сис-

темы знаний в соответствии с четко поставленной стратегической задачей. В современной классификационной литературе системные цели явно не обозначены (или направлены на текущие сервисно-рыночные задачи), структуризация научных знаний в большинстве своем носит предметно-образовательный характер и не затрагивает всего многообразия научных и технологических связей в быстро развивающемся природно-социальном мире.

В таком случае систематика научных знаний носит многоуровневый характер и предполагает:

- 1) классификацию и группировку форм движения материи (онтологический аспект);
- 2) классификацию и группировку научных знаний о формах движения материи (гносеологический аспект);
- 3) классификацию и группировку образовательно-технологических знаний, связанных с подготовкой специалистов высшей квалификации (образовательно-инженерный аспект).

**Онтологический аспект** систематизации современных научных знаний состоит в том, что классификация и группировка наук должна проводиться не только по специфическим формам движения материи, но и по всеобщим, универсальным формам (свойствам) движущейся материи. При этом, на наш взгляд, необходимо выделять троякого рода онтологические свойства:

- а) онтологические свойства 1-го рода, связанные с пространством, временем, качеством и количеством;
- б) онтологические свойства 2-го рода, обусловленные механическими, термодинамическими и спин-торсионными проявлениями движущейся материи.
- в) онтологические свойства 3-го рода, обусловленные вещественными, энергетическими и информационными проявлениями движущейся материи.

Онтологические свойства 1, 2 и 3-го рода позволяют дать троякую классификацию структурно-функциональных наук. Первый ряд будет связан с такими науками, как математика, науки о времени и

качестве, второй ряд — с механикой, термодинамикой и третий ряд — с науками о веществе, энергии и информации. В связи с этим систематика научных знаний будет осуществляться как в структурно-генетическом, так и в структурно-функциональном плане. В первом случае становление целостного научного знания необходимо начинать с физико-химических, геологических, биологических, социальных представлений вплоть до постсоциальных (автотрофно- и гетеротрофно-социальных); во втором случае будет формироваться интегративно-стержневое знание, пронизывающее естественно-историческое представление о движущейся материи.

Вышописанная систематика научного знания затрагивает естественно-природные и естественно-социальные проявления материи. В XX веке наряду с миром естественным возник мир искусственно-технологический, созданный человеком. Поэтому систематика научных знаний раздваивается на фундаментальную систематику знаний о естественном и технологическую (техническую) систематику знаний об искусственном. Технологическая систематика в свою очередь подразделяется на классификацию природно-технологического знания о технологических формах движения в природе и классификацию социально-технологического знания о технологических формах движения в обществе. Отсюда следует важный вывод о том, что естествознание и обществознание будут иметь свои, только им присущие фундаментальные и технологические составляющие. В конечном итоге встает проблема интеграции фундаментального и технологического знания, которая, на наш взгляд, разрешается в биоавтотрофно-космологическом направлении [16]. Следовательно, необходима наука, которая связала бы воедино знание о естественном и искусственном. И такой научной дисциплиной является *автотрофология* (термин предложен нами), которая рассматривает механизм совмещения фундаментального и технологического в едином научном знании. Онтологическая систематика научных знаний приводит к формулировке трех принципов:

- 1) различие специфических форм движения материи и универсальных форм (свойств) движущейся материи;

2) различие миров естественных и искусственных и соответственно различие естественной и искусственной систематизации научных знаний;

3) установление связи естественного и искусственного на биоавтотрофно-космологической основе.

Гносеологическая систематика научных знаний приводит к формулировке двух принципов:

1) различие дихотомии «фундаментально-прикладное знание» от дихотомии «фундаментально-технологическое знание»;

2) синтез фундаментального и технологического знания на биоавтотрофно-космологической основе.

**Образовательно-инженерный аспект** систематизации современных научных знаний предполагает подготовку инженеров-мыслителей космического масштаба, которые будут способны дать всеобъемлющую оценку планетарно-технологической деятельности. Именно такая стратегическая цель позволит описать границы человеческого, в том числе инженерного, разума и все последствия перехода в иной цивилизационно-культурологический мир. Достижение поставленной цели требует радикальных преобразований процесса подготовки специалиста в области техники и технологии. Исходя из вышеизложенного, можно выделить три направления реформирования высшего инженерного образования:

1) тотальную фундаментализацию инженерного образования;

2) тотальную технологизацию инженерного образования;

3) синтез фундаментального и технологического на биоавтотрофно-космологической основе.

Тотальная фундаментализация предполагает интеграцию всех фундаментальных учебных дисциплин в единый системный комплекс с учетом стратегических целей подготовки инженеров. Методологически и методически эта проблема до сих пор не решена. Основное противодействие (непонимание) вызывает включение в состав фундаментальных дисциплин всего комплекса философских, социально-исторических и языковых дисциплин. При этом философия связывает в

единый методолого-методический узел всю совокупность фундаментальных учебных дисциплин. В организационном плане это должно проявиться в создании фундаментального (или общеобразовательного) отделения, в которое войдут общие кафедры философского, естественно-математического, социально-исторического, гуманитарно-культурологического и языкового профиля. Список фундаментальных дисциплин будет изменяться в зависимости от профиля вуза, его финансовых и методических возможностей и пополняться за счет глобально ориентированных информациологии, трансперсональной психологии, биоэнергоинформатики т.д.

Следующим организационно-образовательным шагом должно стать открытие технологического отделения, которое бы объединило все многообразие инженерных профилирующих дисциплин в соответствии с постоянно меняющимися потребностями развивающегося общества. Важным здесь является выбор модели национальной экономики, национальной доктрины как образования в целом, так и инженерного образования в частности. Разные модели и доктрины (различных стран) будут определять технолого-методологическую и мировоззренческую специфику подготовки инженеров XXI века. В этом плане возникает проблема совмещения стратегического и тактического (прагматического) подходов в подготовке инженеров. На наш взгляд, такое совмещение возможно на биоавтотрофно-космологической основе. Именно данный подход позволит совместить фундаментальность инженерного образования с теми или иными прагматическими целями, например подготовка инженеров-бизнесменов, инженеров-менеджеров и т.д. [3, с. 154–176].

На основании вышеизложенного можно сделать следующее заключение:

1) недопустимо смешивать онтологическую, гносеологическую и образовательную составляющие при классификации и группировке знаний — это разные уровни систематизации;

2) фундаментализацию и технологизацию научных и инженерно-образовательных знаний необходимо проводить последовательно до

системно-логического завершения, т.е. необходим тотальный фундаментально-технологический подход;

3) синтез фундаментального и технологического знания необходимо проводить на биоавтотрофно-космологической основе.

### **1.12. Многоуровневая система фундаментальной и технологической подготовки в техническом университете будущего**

Многоуровневая (двухуровневая) структура программ высшего профессионального образования в Российской Федерации была введена и действует наряду с традиционной одноуровневой системой подготовки специалистов с 1992 года. Успешно завершившие обучение на первом уровне получают степень бакалавра техники и технологии по направлению подготовки. Обучение на втором уровне, в магистратуре, проводится по индивидуальным образовательным программам, которые характеризуются преобладанием научно-исследовательских и проектно-конструкторских компонентов подготовки. После присоединения России к Болонскому процессу по заданию Министерства образования рядом вузов была разработана подробная структура двухуровневой подготовки инженеров. Инженер-бакалавр — это специалист, который поддерживает, эксплуатирует, модернизирует созданные объекты и процессы. Инженер-магистр — это профессионал с глубокой фундаментальной и специально-технологической системной подготовкой, который способен разрабатывать новые принципы функционирования технических и социальных систем.

Россия не может стоять в стороне от системных интеграционных процессов, которые наблюдаются в европейской высшей школе. Вместе с тем в российской высшей образовательной системе много признанных мировым сообществом достижений. Это прежде всего фундаментальность инженерного образования. В последние десятилетия, однако, происходит существенное снижение фундаментальной подготовки инженеров за счет «профилизации» общенаучных дисциплин, «опускания» фундаментально-теоретического материала до сервисно-

практической потребности. Между тем фундаментальность составляет основу профессионализма. Без фундаментальности и системности профессионализм сводится к умениям и навыкам.

Возникает настоятельная необходимость в системно-методологической осмысленности происходящих в высшей школе событий. Мы полагаем, что конструктивная диалектика фундаментального и технологического на биоавтотрофно-космологической основе позволит выйти из кризисного состояния, в котором оказалась высшая школа. Более того, такая стратегия даст возможность выстраивать логичную многоуровневую систему подготовки будущих инженеров.

Нами предложены основные принципы формирования образовательных программ технического университета:

1) принцип генерально-профилирующий (выделение сквозных и профилирующих учебных дисциплин);

2) принцип системно-генетический (системное развертывание сквозных дисциплин на всех курсах);

3) принцип фундаментально-технологический (каждая сквозная дисциплина имеет свои фундаментальные и технологические области);

4) принцип базисно-культурологический (каждая сквозная дисциплина имеет свое ядро (базис) и защитный слой культурологического наполнения).

Отсюда логично разворачивается образовательное «полотно» по двум уровням подготовки:

1) неполное высшее образование (бакалаврское), связанное с освоением фундаментальных и профилирующих дисциплин (инженер-бакалавр);

2) магистерское образование, связанное со специальными технологическими курсами исследовательской и проектно-конструкторской направленности; это курсы повышенной сложности, требующие методологического осмысления технико-технологических процессов, происходящих в современной культуре (инженер-магистр).

К вышеобозначенным двум уровням необходимо добавить еще один уровень (высший) — аспирантский.

Многоуровневая система инженерной подготовки может быть осуществлена только при следующих методологических условиях:

- 1) тотальной фундаментализации инженерного образования;
- 2) тотальной технологизации инженерного образования;
- 3) синтеза фундаментального и технологического на биоавто-трофно-космологической основе.

На последнее методологическое условие следует обратить особое внимание. Биоавтотрофно-космологический принцип в образовании проявляется в трех ипостасях: автономности; оптимальности; гармоничности. Автономность требует фундаментальную и технологическую составляющую инженерного учебного знания доводить до логико-дидактического завершения; оптимальность базируется на принципе автономности и требует учебное знание представить в максимально «упакованном» и «уплотненном» виде; принцип гармоничности раскрывает смысл новой (неаристотелевой) логики и методологии инженерного мышления, которые формируются под влиянием космобиосферной логики.

### **1.13. Изменение функций фундаментального и технологического знания в современном высшем образовании**

Высшее образование только тогда можно назвать высшим, когда оно духовно возвышает человека, дает ему возможность не только овладеть профессией, но и подняться до осознания своей причастности к мировым планетарно-космическим процессам. Суть высшего образования — в органической связи фундаментального и технологического знания. Вместе с тем нарастающая сервисно-потребительская идеология в обществе приводит к разрыву этой связи, к гиперудовлетворению все возрастающих материальных потребностей в ущерб духовным. Эта опасная тенденция может привести к катастрофическим последствиям в области образования и культуры в целом.

Сформулируем ряд положений, указывающих на изменение функций фундаментального и технологического знания в современном высшем образовании.

1. Положение о *достаточности* накопленного наличного знания. Высказывается предположение о «затоваривании» фундаментального знания, о том, что все более накапливается его «непереваренный» прикладной наукой избыток и общество стремится «притормозить» фундаментальную науку, пока произведенное ею знание не будет утилизировано [34, с. 80].

2. Положение о *прикладном* характере фундаментального знания. Посредством субсидий, премий, грантов капитал направляет фундаментальные исследования на решение тех проблем, которые являются приоритетными с прикладной точки зрения. Прагматическая полезность фундаментального знания стала определяющим мотивом его получения. Не стремление к истине, а сервисная ценность — вот чем направляются ныне исследования в области естество- и обществознания [35, с. 56–61].

3. Положение о *замещении* научного открытия технологическим изобретением. Фундаментальные научные открытия все более увязываются с изобретательским творчеством, которое находит практическое воплощение в общественном производстве и в обыденной жизни. Научное исследование окружающего нас мира постепенно преобразуется в разработку технологий. Происходит тотальная технологизация фундаментального знания [36, с. 239–244].

4. Положение о *замещении* фундаментально-стратегических ориентиров научного знания тактико-технологическими (сервисно-технологическими). Доминирует ориентация на общественное производство настоящего и близкого будущего при неосмысленности природы общественного развития. Долговременные интересы человечества, высказанные русской космической мыслью в прошлом столетии, до сих пор не учитываются при подготовке специалистов [3].

5. Положение об *изменении* ценностных приоритетов современного общества. Складывается впечатление, что главным государственным образовательным приоритетом должна стать подготовка профессионалов-бизнесменов, учитывающая сиюминутные интересы малого инновационного бизнеса. В этих условиях система высшего образова-

ния теряет свой статус и выступает в качестве приложения к рынку, где востребованы не фундаментально-духовные знания о мире, а сервисно-технологические инновационные умения и навыки [12].

Положение о достаточности существующего фундаментального знания представляется нам неправомерным, поскольку необходим переход на принципиально новый системно-методологический (биоавто-трофно-космологический) уровень, который позволит обозначить стратегические познавательные ориентиры, снимающие проблему «затоваривания» знания. Положение о прикладном характере фундаментального знания еще раз подчеркивает необходимость смены гносеологической пары «фундаментально-прикладное» на «фундаментально-технологическое» [3]. Наряду с фундаментальным знанием, имеющим свой прикладной аспект, возникает технологически-прикладное знание, тесно связанное с непосредственными потребностями человека. Если затрагивать проблему замещения научного открытия технологическим изобретением, то это положительный момент, указывающий на органическое «срастание» фундаментального и технологического знания.

Современному специалисту необходимы знания как профессионально-инновационные, связанные с бизнесом и рыночным производством, так и фундаментальные, удовлетворяющие его высшие интеллектуальные и духовные потребности.

#### **1.14. Методологические принципы формирования студенческих групп проектного обучения**

Одним из направлений совершенствования образовательного процесса является групповое проектное обучение (ГПО).

Технологическо-прикладные аспекты формирования студенческих групп проектного обучения должны быть органически включены в системно-методологический культурологический ряд. Это позволит развить не только специальные творческие способности, но и сформировать способности мировоззренческо-методологического плана.

Проблемы формирования групп проектного обучения поставлены и разработаны, предложены типовые учебные планы и программы [37].

Не умаляя достоинств существующих планов и программ, следует отметить отсутствие идеолого-методологической основы формирования групп проектного обучения. Вместе с тем основная проблема высшего технического образования — это проблема системной структуризации инновационных инженерных качеств через призму будущего более совершенного общества. Разные системные модели структуризации и цели дадут нам различный набор качеств специалиста, которые будут формироваться в ГПО. Как правило, системные цели явно не обозначены (или неявно направлены на решение текущих сервисно-рыночных задач), структуризация же в большинстве случаев несет предметно-профессиональный характер, не затрагивающий все многообразие связей будущего инженера в быстро меняющемся природно-социальном мире [38, 39].

В разработанной нами методологической программе, в основе которой лежит интегральная системная структуризация знаний через призму биоавтотрофно-космологических ориентиров будущего общества, предлагается достаточный и необходимый набор методологических принципов (требований) формирования групп проектного обучения [39].

**Принцип открытости (эмпатии)** — умение студентов проектной группы не только представить себе существование иной точки зрения (мировоззренческой или методологической), но и вжиться в неё, понять, что движет другим человеком, даже если он является участником другой студенческой проектной группы. Эмпатия формирует тотальную культурологическую открытость, ответственность не только за результаты проектной группы, в которой находится студент, но и за результаты совместной системно-проектной деятельности вуза по внедрению новой технической продукции для товарного рынка. Необходима коллективная корпоративно-системная работа, требующая некой сверхзадачи, выходящей за рамки конкретной задачи, стоящей перед участниками ГПО. На практике это означает, что происходит не только интенсивный обмен идеями и творческими находками, но и распределение необходимых ресурсов и обязанностей.

**Компаративистский принцип** обращает внимание на различные типы инженерного мышления и менталитета в культурах Запада и Востока. Идеи ГПО так или иначе разрабатывались в различных странах и регионах. Необходим компаративистский анализ научно-технических и социально-экономических инновационных программ с учетом проектного опыта, достигнутого в России. Инновационные разработки участников ГПО должны быть органически вписаны в национально-ориентированные (российские) технико-технологические и социально-экономические проекты. Культуролого-компаративистский взгляд на ГПО будет способствовать усвоению всего богатства мировых инноваций в области техники и технологии.

**Гармонический принцип** — осознание участниками ГПО важной роли гармонического начала при проектировании и конструировании наукоемких техносферических систем. Техносферические элементы должны создаваться по биоавтотрофно-космологическим законам: автономности, оптимальности и гармоничности. Более того, по биоавтотрофно-космологическим законам должны формироваться и студенческие группы проектного обучения. Они должны быть автономны, оптимальны и гармоничны. Автономность раскрывается через внутреннюю логику и постановку самостоятельных инновационных целей формирующихся групп. Оптимальность может быть выражена в четко структурированных системных целях и задачах. Гармоничность увязывает цели одних студенческих групп с целями других групп и системными целями вуза в целом. Основная проблема, стоящая перед участниками ГПО, – это суметь гармонически совместить в проектах природное и социальное, естественное и искусственное. Это залог решения экологических проблем. Социальная гармония должна быть объявлена главным ценностным ориентиром формирования и развития ГПО.

**Принцип фундаментально-технологической подготовки.** Участники ГПО должны пройти как фундаментальную (бакалавр), так и технологическую (магистр) подготовку. Необходимо осмыслить совместное проектное обучение как на фундаментальном, так и на

технологическом уровне. Более того, сама технология проектного обучения должна выстраиваться по фундаментальным законам. Это требует усилий по формированию диалектического (неординарного, парадоксального) инновационного мышления, основанного на синтезе фундаментального и технологического через призму проектного подхода. В этом случае необходим решительный поворот от линейно-бинарных моделей проектного обучения к многопозиционным логико-методологическим моделям. Переход от предметного к методологическому проектному обучению повысит вариативность и устойчивость формирующихся проектных групп.

**Концептуальный принцип.** Участники ГПО должны рассматривать свою деятельность с точки зрения глобальных интересов своей страны и всего человечества. Это способность интегрировать перспективные инновационные знания естественных, гуманитарных и технических дисциплин, владеть глубинными технологиями управленческой деятельности, что обеспечит реальное воплощение проектных идей в национальную государственную политику.

**Принцип этичности.** Воплощенные проекты должны выстраиваться по законам социальной справедливости и красоты. Это предполагает развитую отзывчивость, совесть, сопереживание и соучастие в общем проектном деле. Этико-эстетические принципы должны внести свой вклад в построение гармонического справедливого общества.

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

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.

## 2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ГРУППОВОМ ПРОЕКТНОМ ОБУЧЕНИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

### 2.1. Определение и свойства радиоэлектронных систем

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. Берта-ланфи [1].

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. Другое направление общей теории систем представляет собой некоторый математический аппарат, претендующий на строгое описание закономерностей формирования и развития любых систем.

ОТС базируется на трех постулатах [40]. *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 ее 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 объектами. Если технический объект — система, состоящая из взаимодействующих частей, а его части — подсистемы из частей более низкого уровня, то совокупность взаимодействующих технических систем — это надсистема (рис. 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, например интегральные микросхемы (ИМС). Но если поставить цель спроектировать новую ИМС для того же телевизора [41], 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.

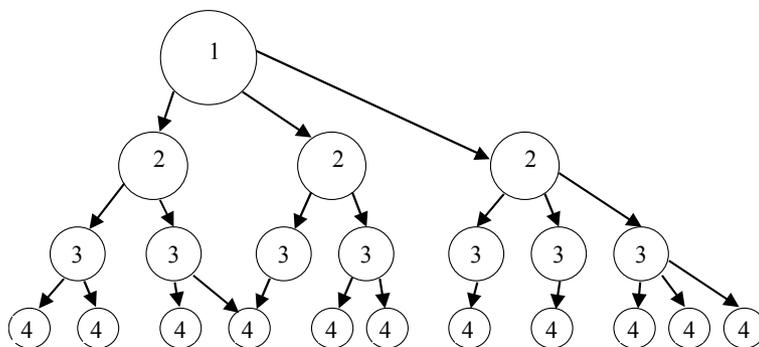


Рис. 2.1. Схема системного подхода:

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

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** (гр. *systema* — целое, составленное из частей, соединение) назовем некоторое множество связанных элементов, обладающее свойствами, не сводящимися к сумме свойств составляющих его элементов. Вообще, понятие «система» весьма многогранно. Кроме приведенного, наиболее общего определения, системой можно назвать:

– порядок, обусловленный определенным расположением частей (система работы);

– форму общественного устройства (государственная система);

– совокупность частей, связанных выполнением общей функции (нервная система);

– совокупность хозяйственных единиц, учреждений, организационно связанных 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 функций;

– *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 (рис. 2.2).

За реализацию полезных функций технических систем необходимо расплачиваться — это затраты на создание, эксплуатацию и утилизацию системы, создаваемые технической системой вредные функции. Технические системы развиваются — переходят из одного состояния в другое, качественно более совершенное, от простого к сложному, от низшего к высшему [42]. 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 электро-радиоэлементов различного структурного уровня, соединенных между

собой электрическими, магнитными, электромагнитными, тепловыми, механическими, оптическими, акустическими, химическими и пространственными связями, выполняющими единую функцию на объекте функционирования [43].

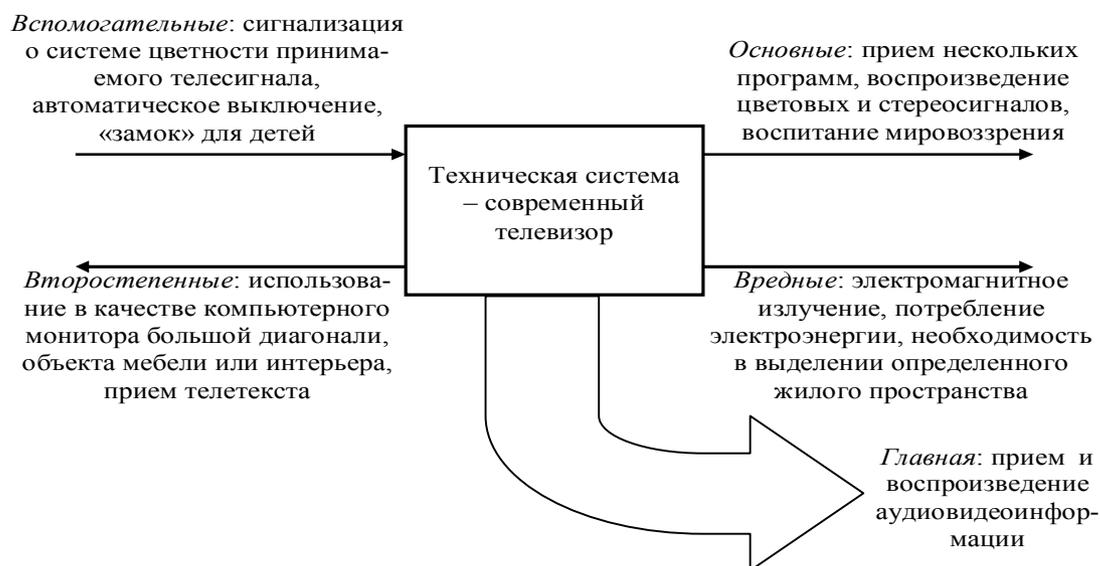


Рис. 2.2. Схема функций технической системы на примере современного телевизора

Рассмотрим графическую модель радиоэлектронной системы в общем виде (рис. 2.3), а также ее свойства [1].

**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 отсутствии этого условия система перестает выполнять свои функции, т.е. достигать поставленную цель. Место технической системы в техно-сфере в целом можно определить через понятие «экологическая ниша системы» — 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 (см. рис. 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 [44].

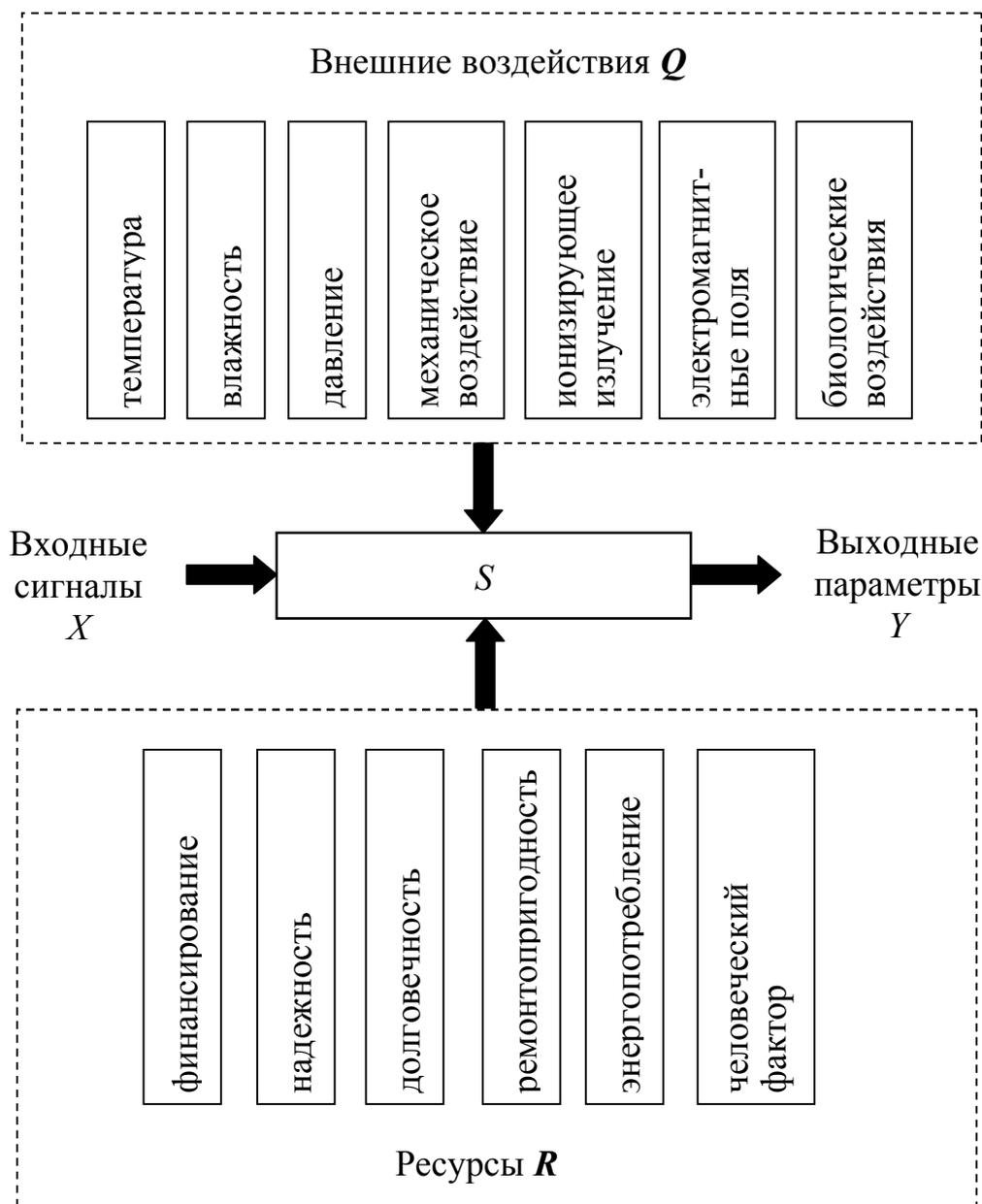


Рис. 2.3. Графическая модель радиоэлектронной системы

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

$$\|Y\| = f \|X\|.$$

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

**Свойство структурированности.** Каждой технической системе присуще свойство, которое называется различимостью частей, или структурированностью. Таким образом, подсистема, техническая система и надсистема образуют **иерархию систем** — расположение частей в порядке от низшего к высшему (см. рис. 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).

Заметим, что каждая составная часть радиоэлектронной системы в зависимости от ее уровня может быть надсистемой или подсистемой и т.д. (рис. 2.4). Под элементом будем понимать составную часть, которую с точки зрения цели функционирования системы делить не следует. Так, например, для специалиста по проектированию радиоэлектронных систем неделимой частью системы является электрорадиоэлемент, имеющий свои параметры. Эти параметры не определяются проектировщиком, а всего лишь выбираются, исходя из цели системы [45–50].



Рис. 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 (рис. 2.5).

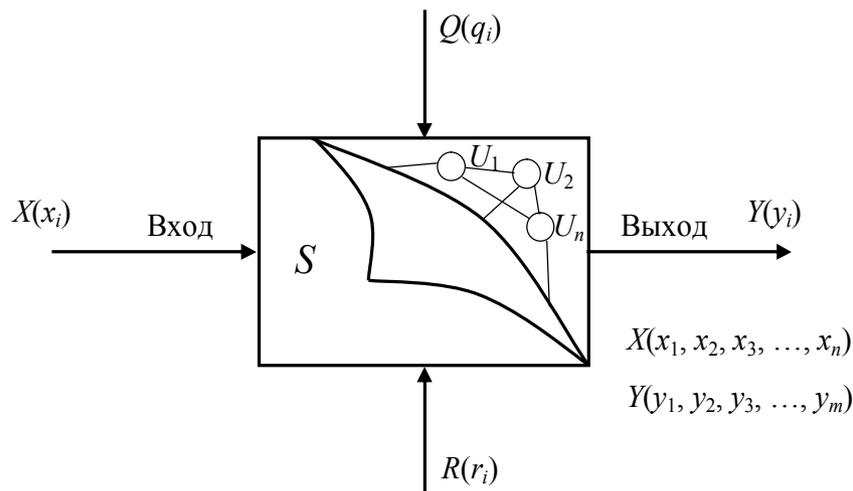


Рис. 2.5. Структурная модель радиоэлектронной системы

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 (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, он сопровождается упадком (ухудшением потребительских свойств) и деградацией, приводящей к полной утрате системой способности достигать поставленные цели.

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 (см. рис. 2.3). Управляющие воздействия в системе могут быть внешними и внутренними. К внешним воздействиям относятся 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 (англ. *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

$$\|Y\| = f \|Q\|,$$

а также ресурсную модель

$$\|Y\| = f \|R\|.$$

**Свойство эмерджентности** (англ. *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, когда появляется в целом нечто качественно новое, такое,

чего не было и не могло быть без этого объединения, называется *эмерджентностью*. Свойство эмерджентности изучает синергетика (гр. 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 (рис. 2.6, *a*).

Если соединить два таких автомата последовательно в кольцо (рис. 2.6, *б*), то в полученной системе обнаружится новое свойство. Она генерирует возрастающие последовательности: последовательность только четных чисел и последовательность только нечетных чисел.

Параллельное же соединение (рис. 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).

Противоречия в технических системах чрезвычайно разнообразны по форме и проявлениям, имеют преходящий исторический характер, взаимосвязаны и взаимообусловлены [51–53].

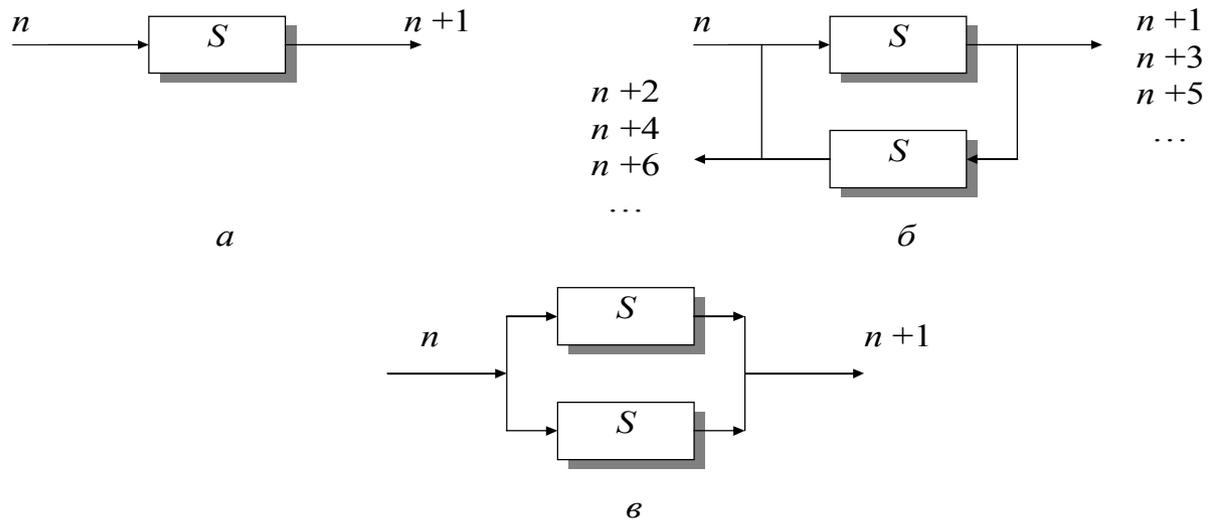


Рис. 2.6. Пример проявления эмерджентности:

*a* — инкремент; *б* — генерация возрастающих четных и нечетных чисел;  
*в* — увеличение надежности

В процессе решения научно-технических задач последовательно выявляются вначале внешние, а затем внутренние противоречия на все более глубоком 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** возникают между определяющими, т.е. внутренними и необходимыми, сторонами в структуре системы. Радикальное разрешение основного противоречия приводит к коренному изменению качественной определенности системы. **Главным противоречием** является такое, от разрешения которого в данный момент зависит дальнейшее развитие системы.

**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, т.е. 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 решения и некоторых элементов прежних решений, что демонстрирует 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, живых организмов и др.) можно изобразить в виде логической кривой (рис. 2.7), 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 1) 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  $B$ , 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 систем данного типа [54].

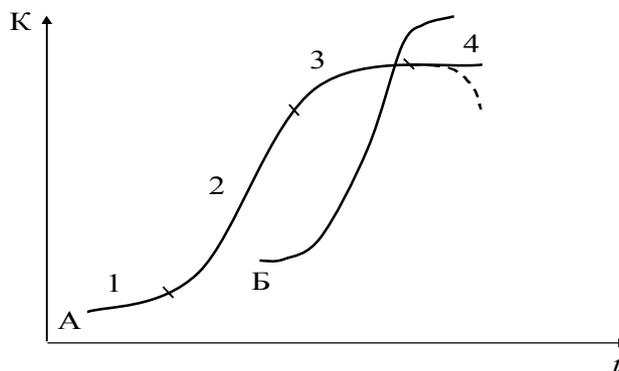


Рис. 2.7. Развитие качества системы во времени

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 радиоэлектронных систем

В рамках системного анализа выявляется и исследуется целенаправленность в развитии системного объекта. Для такого 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 [1]. Рассмотрим графическое представление любой технической системы и ее соотношения с моделью (рис. 2.8).

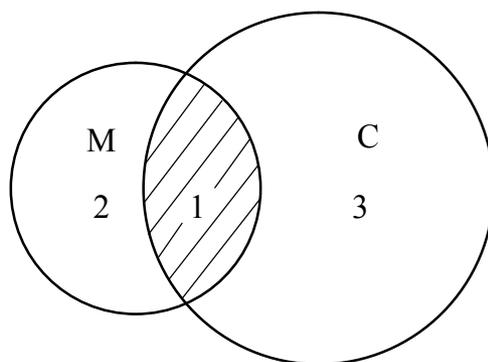


Рис. 2.8. Моделирование системы:

1 — область истинности; 2 — область виртуальности;  
3 — область недостаточности; М — модель; С — система

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

Таким образом, каждая модель должна обладать некоторой степенью адекватности проектируемой системе 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.

Рассмотрим общую **классификацию** современных моделей (рис. 2.9) [43]. Модели подразделяют на два основных класса: физические (материальные, приборные) и символические (языковые) модели.

**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 применение моделирования связано с проектированием специальных аналоговых или цифровых устройств, модели которых также входят в класс физических моделей.

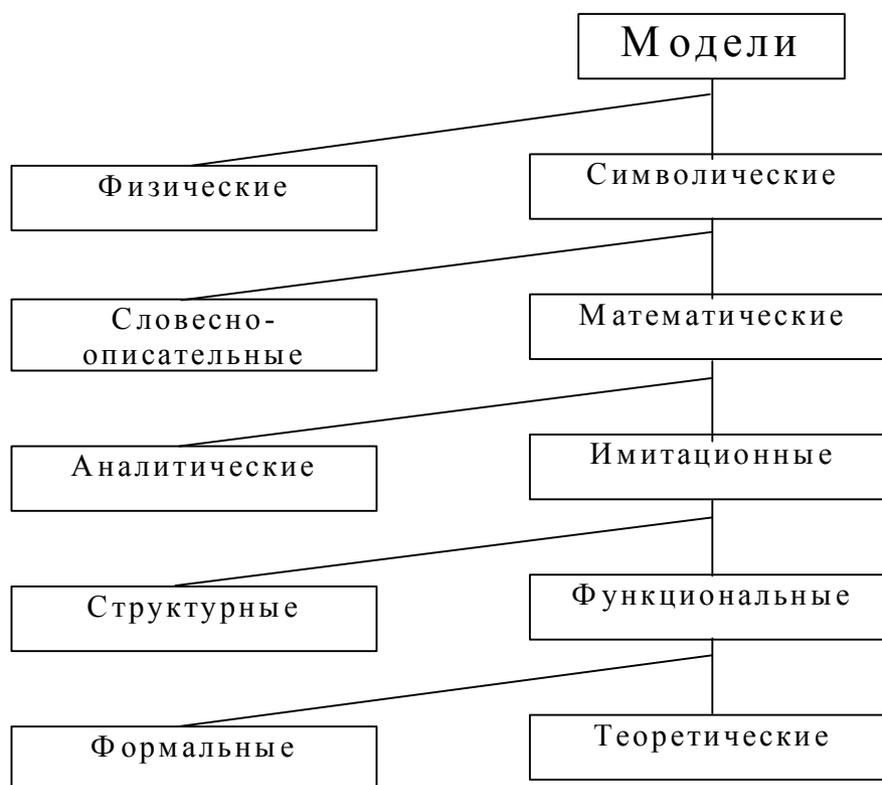


Рис. 2.9. Общая классификация моделей

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 математические модели представляют собой наиболее абстрактные и, следовательно, наиболее общие модели, они 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 получения, 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.

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 сис-

тему 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 моделирования систем положены нами в приведенную ниже системную технологию группового проектного обучения по конкретной проблеме инженерного проектирования радиоэлектронных систем.

### 3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ГРУППОВОГО ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

#### 3.1. 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 [1, 54–60].

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.

*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 покупательскую способность, развитие сопутствующих мультимедийных технологий и т.д. В общем случае потребность определяется многими факторами, а именно прогнозируемым возра-

стом потребителя, его возможностями, рекламой, политикой развития общества, сроками морального старения изделий.

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

**Анализ состояния рынка.** Для того чтобы правильно определить потребность, необходимо провести всесторонний анализ рынка 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.

Анализ состояния рынка проводится на основе определения объема продаж и запросов на разрабатываемое изделие. Основой для анализа может служить матрица потребности и реализации (табл. 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 изделия. 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.

**Прогнозирование объемов производства.** На этом этапе необходимо определить тип производства разрабатываемого изделия. Как известно, существуют следующие типы производства [50]:

- 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 может приносить только производство серийных, крупносерийных и массовых изделий. Исключение 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.

**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 вв. показывает, что такое утверждение, как правило, объясняется отсутствием у разработчика информации или недостаточной глубиной поиска.

Аналоги могут иметь различные принципы действия и совсем не обязательно 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 сведения обо всех найденных аналогах с отражением их схемных и конструктивных особенностей, желательно — изображение их внешнего вида и таблицу технических характеристик, а также детальное описание выбранного прототипа и обосновать необходимость дальнейшей разработки.

**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 (табл. 3.2).

Анализ табл. 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: высокая 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
...	...	...	...
...	...	...	...

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

### **3.2. Участники проблемной ситуации и анализ их интересов**

*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 решение, 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 истечения срока службы;
- безмолвные участники (прошлое поколение, будущее поколение, окружающая среда).

**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.

Если заказчик не является кредитоспособным, необходимо установить источники финансирования.

**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.

**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, позволяющее производить в условиях серийного производства изделия, обеспечивающие индивидуальные потребности клиента.

**Анализ возможностей потребителя.** Для современного потребителя характерны чувство моды, индивидуальность, желание обеспечить свои 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».

**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.

**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 нанесены 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.

**Анализ современного состояния и пути решения проблемы 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 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.

**Анализ возможных последствий решения проблемы для экологии.** При проектировании нового изделия необходимо учесть, какие последствия могут быть при его изготовлении, эксплуатации, утилизации. Указанный анализ удобно свести в таблицу (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Возможные последствия при изготовлении, эксплуатации,  
утилизации изделий

Стадии жизненного цикла изделия	Экологические факторы			
	Название фактора 1	Название фактора 2	...	Название фактора $m$
Изготовление	1. 2. ... $i$ ... $n$			
Эксплуатация	1. 2. ... $i$ ... $n$			

Стадии жизненного цикла изделия	Экологические факторы			
	Название фактора 1	Название фактора 2	...	Название фактора $m$
Утилизация	1. 2. ... $i$ ... $n$			

**Анализ последствий решения проблемы для 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. Его можно провести с помощью метода экспертных оценок или прогнозирования.

### 3.3. Формирование проблемного массива

**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, рекомендуется составить матрицу (табл. 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 ... 2.2 ...

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.

*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.

### **3.4. Формирование конфигуратора**

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:

- профессиональные (по характеру проблемы);
- математические;
- алгоритмические;

- финансовые;
- технические (язык чертежа, схемы);
- информационные.

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 (табл. 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.

Таблица 3.5

#### Языки, используемые в исследовании проблемной ситуации

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

### 3.5. Целевыявление

*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 технического объекта (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.

Этот единый набор включает следующие четыре группы (рис. 3.1):

- 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 человеческим фактором или воздействием положительных и отрицательных факторов на людей, которое вызвано созданным ТО.

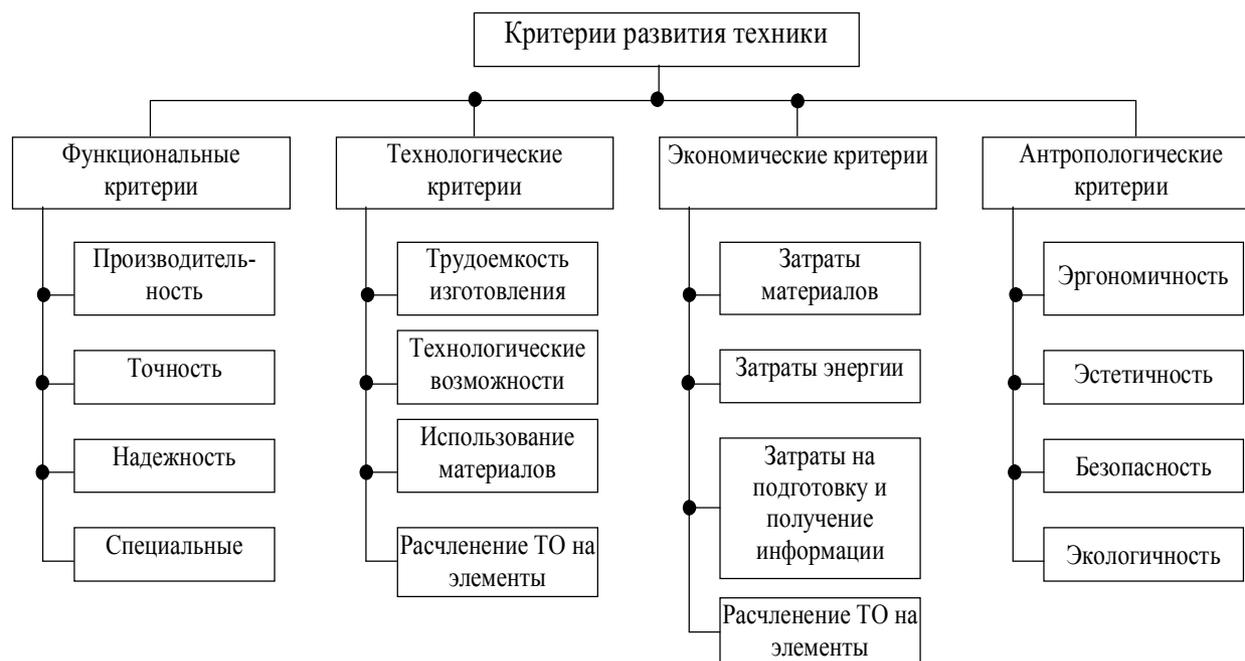


Рис. 3.1. Система критериев развития техники

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

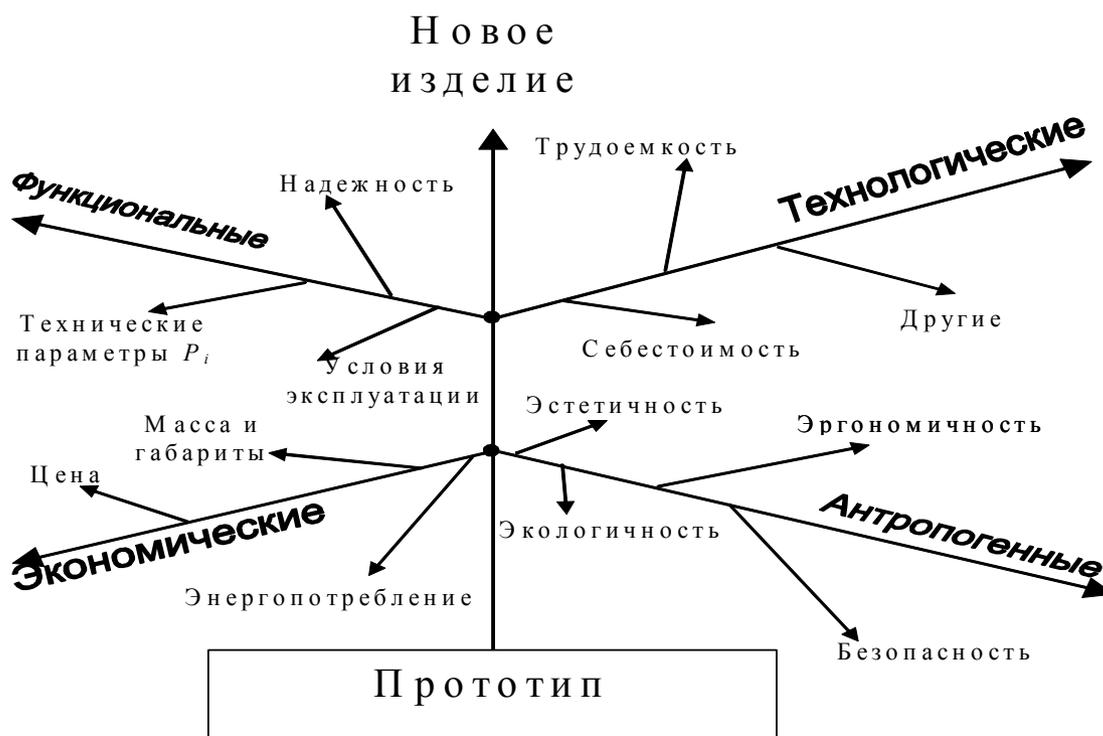


Рис. 3.2. Примерный вид дерева целей для радиоэлектронного устройства

В любом случае успешность целеваявления 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.

### 3.6. Исследование проблемы проектирования и пути ее решения

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

Исследование может быть проведено информационным, теоретическим, экспериментальным, экспериментально-теоретическим, теоретико-экспериментальными 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 принципа действия.

При информационном исследовании проводится 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 соответствии с выявленными целями. В процессе исследований необходимо определить 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. 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. Если проанализированные источники информации не дают ответов на поставленные вопросы, необходимо провести углубленные исследования экспериментальным, теоретическим методами или моделированием.

### **3.7. 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) теория решения изобретательских задач;
- 6) «изобретающие» пакеты 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 заданным ранее критериям.

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 радиоэлектронных средств 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 системный анализ 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.

Методология системного анализа и инженерного творчества настоятельно требует создания каждым инженером индивидуальной базы данных, содержащей банки физико-технических эффектов, эвристических приемов, собственных технических решений, которые наиболее приемлемы и доступны именно для индивидуального использования.

Существенную роль в инженерной деятельности играют методы физического и математического моделирования процессов, протекающих в проектируемых объектах различного системного уровня. Поэтому индивидуальная база данных должна содержать программные комплексы 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.

Методология и методика системного инженерного анализа только тогда приобретет свойства конструктивной и духовной нравственности, когда на земные инженерные проблемы мы попытаемся посмотреть из ближнего и дальнего Космоса. Современный инженер должен не только знать технику и технологию XXI века, но и отличаться высокой мотивацией к своей работе, быть фундаментально образованным в естественных и гуманитарных науках, иметь гармонически открытый характер. Речь идет о подготовке инженера космического масштаба, наделенного высочайшей духовностью. Только в этом случае групповое проектное обучение найдет свое оправдание и законное место в системе высшего инженерного образования.

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

## Список литературы

1. Алексеев В.П. Системный анализ и методы научно-технического творчества : учеб. пособие / В.П. Алексеев, Д.В. Озёркин. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2003. – 304 с.
2. Кессиди Ф.Х. Этические сочинения Аристотеля : в 4 т. / Ф.Х. Кессиди // Аристотель. Т. 4 / под общ. ред. А.И. Доватора. – М. : Мысль, 1984. – 830 с.
3. Московченко А.Д. Проблема интеграции фундаментального и технологического знания / А.Д. Московченко. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2001. – 192 с.
4. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста / В.И. Вернадский. – М. : Наука, 1988. – 520 с.
5. Карсавин Л.П. Философия истории / Л.П. Карсавин. – СПб. : Комплект, 1993. – 351 с.
6. Ястребицкая А.Л. Новая история : в 2 т. / Ястребицкая А.Л. // Культурология : энцикл. Т. 2 / гл. ред. С.Я. Левит. – М. : Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2007. – 1184 с.
7. Леонтьев К.Н. Избранное / К.Н. Леонтьев. – М.: Московский рабочий, 1993. – 400 с.
8. Федоров Н.Ф. Сочинения / Н.Ф. Федоров. – М. : Мысль, 1982. – 711 с.
9. Ортега-и-Гассет Х. Избранные труды / Х. Ортега-и-Гассет. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 703 с.
10. Вернадский В.И. Автотрофность человечества / В.И. Вернадский // Жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков / сост. Г.П. Аксенов. – М. : Современник, 1993. – 688 с.
11. Кедров Б.М. О науках фундаментальных и прикладных / Б.М. Кедров // Вопросы философии. – 1972. – № 10. – С. 32–58.
12. Беляев А. Технологическое образование на пороге XXI века / А. Беляев, В. Лившиц. – Томск : СТТ, 2003. – 504 с.
13. Московченко А.Д. Проблема классификации инженерно-технических наук // Философские вопросы развития науки и техники /

под ред. В.А. Дмитриенко. – Томск : Томск. гос. ун-т, 1982. – С. 179–192.

14. Агранович Б.Л. Системное проектирование содержания подготовки инженеров в области высоких технологий / Б.Л. Агранович, В.Н. Чудинов // Инженерное образование. – 2003. – Вып. 1. – С. 32–38.

15. Анализ зарубежных и российских учебных планов и содержание основных образовательных программ в области техники и технологий / под ред. С.А. Подлесного, Ю.С. Перфильева. – Абакан : Бригантина, 2006. – 318 с.

16. Московченко А.Д. Автотрофность: фактор гармонизации фундаментально-технологического знания / А.Д. Московченко. – Томск: Твердыня, 2003. – 248 с.

17. Московченко А.Д. Образовательные технологии в техническом университете / А.Д. Московченко // Технический университет: проблемы, опыт, перспективы: докл. междунар. симп. – Томск : Томск. политехн. ун-т, 1994. – С. 15–18.

18. Иноземцев Л.А. Патентоведение советских изобретений в зарубежных странах / Л.А. Иноземцев, Н.А. Чихачев. – М. : Машиностроение, 1979. – 296 с.

19. Штенников В.Н. Секреты «секретных изобретений» / В.Н. Штенников, И.А. Беляева // Изобретатель и рационализатор. – 2006. – № 6. – С. 23–28.

20. Кудрин Б.И. Неизбежность и практическая обусловленность трансформации мировоззрения технариев и гуманитариев постулатами третьей научной картины мира / Б.И. Кудрин // Трансцендентность и трансцендентальность техноценозов и практика Н-моделирования (будущее инженерии). Ценологические исследования : материалы 5-й междунар. науч. конф. по философии, технике и технетике. – М. : Центр системных исследований, 2000. – Вып 12. – С. 7–15.

21. Альтшуллер Г.С. Найти идею / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск : Наука, 1991. – 225 с.

22. Колеман Дж. Комитет 300 (тайны мирового правительства) : пер. с англ. / Дж. Колеман. – 3-е изд. – М. : Витязь, 2003.

23. Московченко А.Д. Идея автотрофности и ядерная энергетика XXI века / А.Д. Московченко // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : материалы 2-й междунар. конф. – Томск : Тандем-Арт, 2004. – С. 408–411.

24. Губарев В. Беседа с акад. Ф. Митенковым (об атоме на суше и на море) / В. Губарев // Наука и жизнь. – 2005. – № 3. – С. 27–44.

25. Васильев Н.А. Воображаемая логика. Избранные труды / Н.А. Васильев. – М. : Наука, 1989. – 164 с.

26. Ивахненко А. В природе запрета нет. — Возможное и невозможное в кибернетике / А. Ивахненко. – М. : Наука, 1963.

27. Кардашев Н. С. Стратегия и будущие проекты сети – проблема поиска внеземных цивилизаций / Н. С. Кардашев. – М. : Наука, 1981.

28. Московченко А.Д. Русский космизм и научно-технологические перспективы XXI века / А.Д. Московченко // Известия МАН ВШ. – 2004. – № 2. – С. 183–191.

29. Московченко А.Д. Проблема интеграции фундаментального и технологического знания : дис. ... д-ра филос. наук / А.Д. Московченко. – Томск, 1994.

30. Бердяев Н.А. Судьба России / Н.А. Бердяев. – М. : Фолио, 1999. – 736 с.

31. Энгельс Ф. Формы движения материи. Классификация наук / Ф. Энгельс, К. Маркс // Избранные сочинения : в 9 т. – Т. 5. – М. : Политиздат, 1986. – 719 с.

32. Кедров Б.М. Классификация наук (прогноз К. Маркса о науке будущего) / Б.М. Кедров. – М. : Мысль, 1985. – 543 с.

33. Вейник А.И. Термодинамическая пара / А.И. Вейник. – Минск: Наука и техника, 1991. – 576 с.

34. Юревич А.В. Асимметричное будущее / А.В. Юревич // Вопросы философии. – 2008. – № 7. – С. 76–82.

35. Никифоров А.Л. Фундаментальная наука в XXI веке. Фундаментальная наука умирает? / А.Л. Никифоров // Вопросы философии. – 2008. – № 5. – С. 58–63.

36. Московченко А.Д. Методологические проблемы технического изобретательства / А.Д. Московченко // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2007. – № 2. – С. 239–244.

37. Шарыгин Г.С. Групповое проектное обучение / Г.С. Шарыгин // Основные направления совершенствования образовательного процесса в наукоемких областях технических вузов / под ред. Ю.С. Перфильева. – Красноярск : ИПЦСФУ, 2007. – С. 218–221.

38. Московченко А.Д. Инновационные качества творческой личности инженера XXI века / А.Д. Московченко // Опережающее инновационное образование и подготовка специалистов в области техники и технологии : тр. междунар. симп., Москва, 27–28 марта 2007 г. – Томск: Томск. политехн. ун-т, 2007. – С. 69–71.

39. Московченко А.Д. Методологические проблемы инженерно-технического образования / А.Д. Московченко // Основные направления совершенствования образовательного процесса в наукоемких областях технических вузов / под ред. Ю.С. Перфильева. – Красноярск : ИПЦСФУ, 2007. – С. 6–36.

40. Основы научных исследований : учеб. пособие / под ред. В.И. Крутова. – М. : Высшая школа, 1989. – 400 с.

41. Еременко Д. Цифровое телевидение – в Москве / Д. Еременко // Stereo&Video. – 2002. – № 9. – С. 18–19.

42. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение / В.И. Карлащук. – М. : Солон-Р, 1999. – 512 с.

43. Скурихин В.И. Математическое моделирование / В.И. Скурихин, В.Б. Шифрин, В.В. Дубровский. – Киев : Техника, 1983. – 270 с.

44. Озёркин Д.В. Анализ и синтез термостабильных радиотехнических устройств и систем : дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2000. – 166 с.

45. Деньдобренько Б.Н. Автоматизация конструирования РЭА : учеб. для вузов / Б.Н. Деньдобренько, А.С. Малика. – М. : Высш. школа, 1980. – 384 с.

46. Разевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-CAP 7 / В.Д. Разевиг. – М. : Горячая линия – Телеком, 2003. – 368 с.
47. Дьяконов В. MathCAD 2001 : учеб. курс / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2001. – 621 с.
48. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс) : учеб. для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров ; под ред. О.П. Глудкина. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 768 с.
49. Городилин В.М. Регулировка радиоаппаратуры : учеб. для ПТУ / В.М. Городилин, В.В. Городилин. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 1992. – 271 с.
50. Чернышев А.А. Основы конструирования и надежности электронных вычислительных средств : учеб. для вузов / А.А. Чернышев. – М. : Радио и связь, 1998. – 448 с.
51. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988.
52. Половинкин А.И. Методы инженерного творчества : учеб. пособие / А.И. Половинкин. – Волгоград : ВолгПИ, 1984. – 364 с.
53. Алексеев В.П. Основы научных исследований и патентоведение: учеб. пособие / В.П. Алексеев, Д.В. Озёркин. – Томск : Изд-во ИОА СО РАН, 2003. – 180 с.
54. Мюллер И. Эвристические методы в инженерных разработках : пер. с нем. / И. Мюллер. – М. : Радио и связь, 1984. – 144 с.
55. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения / Г.С. Альтшуллер. – М. : Московский рабочий, 1973. – 296 с.
56. Буш Г.Я. Основы эвристики для изобретателей / Г.Я. Буш. – Рига : Знание, 1977.
57. Диксон Д. Проектирование систем: изобретательство, анализ, принятие решений : пер. с англ. / Д. Диксон. – М. : Мир, 1969. – 440 с.
58. Выявление обобщенных приемов улучшения основных характеристик преобразователей с распределенными параметрами / М.Ф. Зарипов [и др.] // Теория информационных систем и систем управления с распределенными параметрами. – М. : Наука, 1978. – С. 148–153.

59. Грамп Е.А. Функционально-стоимостной анализ: сущность, теоретические основы, опыт применения за рубежом / Е.А. Грамп. – М. : Информэлектро, 1980. – 64 с.

60. Петров В.М. Теория решения изобретательских задач – основа прогнозирования развития технических систем / В.М. Петров, Э.С. Злотина. – Л. : Квант, 1989. – 92 с.

Научное издание

**Московченко** Александр Дмитриевич  
**Алексеев** Валерий Павлович

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ФОРМИРОВАНИЯ ГРУПП ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ

Монография

Корректор Л.И. Кирпиченко  
Компьютерная верстка Г.В. Черновой

Подписано в печать 20.08.2010. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 7,9. Тираж 300. Заказ 408.

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники.  
634050, Томск, пр. Ленина, 40.  
Тел. (3822) 533018