

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра философских учений

А.И. Лойко  
И.И. Терлюкевич  
В.И. Канарская

## ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методическое пособие  
для студентов, магистрантов, аспирантов  
всех специальностей

Под общей редакцией А.И. Лойко

Минск  
БНТУ  
2012

УДК 001.891(075.8)

ББК 72 я 7

Л 72

**Р е ц е н з е н т ы:**

доц. кафедры ядерной физики БГУ, канд. техн. наук *И.А. Левко*;  
зам. декана ФТУГ БНТУ, канд. филос. наук, доц. *Е.Б. Якимович*

**Лойко, А.И.**

Л 72 Основы научных исследований: методическое пособие для студентов, магистрантов, аспирантов всех специальностей / А.И. Лойко, И.И. Терлюкевич, В.И. Канарская; под общ. ред. А.И. Лойко. – Минск: БНТУ, 2012. – 83 с.

ISBN 978-985-525-749-4.

В пособии содержится необходимый материал для подготовки к экзамену кандидатского минимума по философии и методологии науки, даются рекомендации по организации самостоятельной студенческой научно-исследовательской работы.

Автором введения и разделов 1, 2 является А.И. Лойко, раздела 3 – И.И. Терлюкевич, раздела 4 – В.И. Канарская.

УДК 001.891(075.8)

ББК 72 я 7

ISBN 978-985-525-749-4

© Лойко А.И., Терлюкевич И.И.,  
Канарская В.И., 2012

© БНТУ, 2012

## Введение

Данное методическое пособие предназначено для студентов, магистрантов и аспирантов всех специальностей. Оно рассчитано на общеметодологическую подготовку молодых ученых для решения задач инновационного развития страны; решает задачу формирования навыков научно-исследовательской деятельности у них; знакомит их с основными формами, методами научного поиска.

Республика Беларусь реализует стратегию высокотехнической модернизации промышленного, аграрного, транспортно-логистического, энергетического, социального комплексов, инновационной деятельности, предполагающей создание на территории страны импортозамещающих производств, аккумулирующих потенциал выпускников национальной высшей школы в области информатики, био- и радиофизики, ядерной физики, нанотехнологий, квантовой механики, медицинских специальностей, упаковочного производства, лесохимии и экологии.

Стремление Беларуси к устойчивому развитию актуализировало необходимость разработки методологических вопросов, связанных с инновационной безопасностью, решением задач эффективного использования потенциала национальной науки, инновационного менеджмента, существующей инновационной инфраструктуры. Фактически речь идет об эффективном использовании содержащихся в национальном человеческом капитале интеллектуальных ресурсов, сопутствующей ему материально-технической базы, финансовых средств, организационных структур.

Интеллектуальные ресурсы страны формируются системой воспитания и образования с учетом природных задатков детей и профориентационной работы. На первом этапе учащимся закладываются основы рациональной культуры, логического мышления, патриотизма. На втором этапе на уровне среднеспециального образования общеобразовательная компонента дополняется профессиональной подготовкой рабочих высокой квалификации, включая операторов, специалистов по обслуживанию информационных, промышленных, аграрно-технических, социальных систем и комплексов. На этапе высшего образования активизируется научно-исследовательское, проектно-конструкторское, организационно-управленческое, информационно-коммуникативное содержание интеллектуального потен-

циала национального человеческого капитала. Студент, магистрант, аспирант обретают навыки самостоятельного компетентного мышления, самоорганизации, находчивости и гибкости. Важную роль при подготовке компетентного специалиста играют вузовские научные школы, сочетающие педагогическую деятельность с поисково-исследовательской, научно-производственной в форме хоздоговорной тематики, совместных кафедр с промышленными и академическими структурами.

Мировой опыт показывает, что потенциал вузовской науки настолько огромен, что способен оказывать значительное воздействие на экономическое развитие государства в форме практических решений инновационных задач. В настоящем пособии ставится цель разработать инновационную модель вузовской технической науки применительно к реальным условиям молодого белорусского государства, существующих юридических предпосылок обеспечения по-добной деятельности. Тем самым ставится преемственная задача развития высшей технической школы в русле наметившейся тенденции обеспечения запросов промышленности, строительства, энергетики на уровне кафедральных и ничевских структур. Этот подход себя хорошо зарекомендовал, поскольку в 60–70-х годах XX века позволял формировать на базе отдельных факультетских структур новые и отраслевые институты, конструкторские бюро, кафедры на базе крупных промышленных предприятий. Очевидно, что наступил этап для выхода на уровень высокой компетенции. Этот уровень определяется юридическими гарантиями для формирования инновационного облика вузовской науки в виде технопарков, размещаемых на территориях технических вузов.

*Основы научных исследований* выполняют роль стратегического ориентира в формировании мировоззрения и духовной культуры личности. Это проявляется в следующем:

– задают человеку интегральное видение мира, их освоение помогает овладеть системным мышлением, преодолеть фрагментарность профессионального сознания;

– рассматривают мир через призму человеческого отношения к нему, способствуют пониманию каждым субъектом реальности как своего «личного мира», закладывают основы гуманистического миропонимания;

– помогают человеку самоопределиться в мире, решать наиболее важные смысложизненные вопросы, выработать стратегию своей жизнедеятельности;

– по своей природе всегда инновационны и критичны: с одной стороны, они дисциплинируют мышление человека, с другой – придают ему дополнительные «степени свободы», помогают организовать интеллектуальный творческий поиск.

Цели преподавания основ научных исследований:

– формирование у выпускника современного мировоззрения и интегрального видения мира, базирующегося на гуманистических идеях и принципах деятельности;

– овладение выпускником основами мировой и отечественной философской культуры;

– формирование способности к креативному и критическому мышлению в социально-преобразовательной и профессиональной деятельности, овладение современным стилем научно-практического рационально-ориентированного мышления;

– умение молодого специалиста четко формулировать и обосновывать свою социально-политическую и смысложизненную позицию.

Непосредственной задачей преподавания основ научных исследований является формирование у студента соответствующих предметных и операционных философских компетенций.

# Раздел 1. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1. Система инновационной деятельности

**Инновации** – это создаваемые (осваиваемые) новые или усовершенствованные технологии, виды товарной продукции или услуг, а также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера, способствующие продвижению технологий, товарной продукции и услуг на рынок.

**Инновационная среда** – создаваемая философией научно-технического прогресса атмосфера культивирования ценностей высокотехнологичной деятельности и предпринимательства. В более конкретном значении – создаваемая государством через юридические, экономические механизмы атмосфера становления инновационной инфраструктуры и института предпринимательства.

**Инновационная инфраструктура** – совокупность организационных структур, способных обеспечить инновационный процесс. К таковым относятся технопарки, технополисы, венчурные структуры, инновационные фонды.

**Инновационный процесс** – деятельность, обеспечивающая создание и реализацию инноваций в виде трансфера технологий.

**Трансфер технологий** – процесс трансформации новационного ресурса в полезную технологическую, артефактно-потребительскую коммерческую функцию.

**Инвестиции** – финансовое вложение в инновационные проекты с целью получения прибыли от их реализации.

**Инвестиционный климат** – создаваемая государством атмосфера инвестирования соответствующими гарантиями права собственности на финансовый капитал и получаемую прибыль с точки зрения соблюдения обеими сторонами взятых на себя обязательств.

**Инвестиционные риски** – отсутствие гарантий полного соответствия результата с точки зрения ожиданий на входе инновационного процесса и выходе из него, что чревато потерей вложений.

**Венчурное финансирование** – финансирование инновационных предприятий малого бизнеса, занятых разработкой и производством наукоемкой продукции, связанной с привлечением частного капитала.

**Консалтинг** – коммерческий рынок, связанный с оказанием услуг в области информации, знаний, инновационных продуктов (электронная база данных).

**Интеллектуальная собственность** – отражает закрепленное юридически авторское право на продукты интеллектуальной деятельности в научной, промышленной и маркетинговой областях.

**Патентно-лицензионная деятельность** – работа, связанная с правовым и организационным обеспечением коммерческого использования объектов интеллектуальной собственности, защита прав разработчика.

**Объекты интеллектуальной промышленной собственности** – изобретения, ноу-хау, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, знаки обслуживания, фирменные наименования, наименования места происхождения товара.

**Форма охраны объектов промышленной собственности** юридически обозначается как патент. Этот документ удостоверяет авторство, приоритет или право владения данным продуктом и исключительное право на его использование. Функцию патентного органа выполняет Национальный центр интеллектуальной собственности. В своей деятельности он руководствуется Законом Республики Беларусь «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы».

**Ноу-хау** не патентуемые:

- знания, используемые в строгой секретности;
- опыт научно-технического, производственного, управленческого, коммерческого характера, применяемый в научных исследованиях, разработках, технологических процессах, маркетинге, эксплуатации и обслуживании.

## 1.2. Структура научных исследований

**Научные исследования** – поисковая изыскательская деятельность, связанная со сбором недостающей информации: знаний о природе, человеке, технических устройствах и процессах, природной и социальной среде, человеко-машинных системах, используемая для разработки теорий, формирования законов, оптимизации проектно-конструкторских решений.

**Лизинговая деятельность** – оптимизированная деятельность, основанная на передаче прав использования изобретений, промышленных образцов, товарных знаков, ноу-хау. В широком смысле – передача другим организациям специалистов, промышленной и строительной техники в целях решения инновационных задач и эффективного использования имеющихся ресурсов. Предоставление прав оформляется в виде лицензий (лицензионного договора). Основное преимущество лизинга заключается в концентрации НИОКР на уровне специализированных компаний, что позволяет производителям сотрудничать с этими компаниями и экономить собственные ресурсы, поскольку стоимость лицензии значительно ниже затрат на НИОКР.

**Франчайзинг** – способ инновационного развития, основанный на лицензионном договоре на право использования проверенной рынком технологии ноу-хау и товарного знака (бренда). Многие белорусские предприятия таким образом получают доступ к инновационным продуктам и технологиям. В свою очередь европейские партнеры получают возможность увеличить объемы производства и реализовать их на новых рынках.

**Инжиниринг** – деятельность, связанная с разработкой инновационных проектов, организацией производственных процессов на предприятии в рамках внедряемого новшества.

**Теоретические научные исследования** основаны на применении математических и логических методов познания объекта. Результатом теоретического исследования является установление зависимостей, описание свойств и закономерностей. Результаты теоретического исследования требуют верификации.

**Теоретико-экспериментальные научные исследования** предусматривают экспериментальную деятельность на натуральных объектах или моделях.

**Эмпирические научные исследования** проводятся в лабораторных условиях, где изучаются свойства, зависимости и закономерности, а также проверяются выдвинутые теоретические положения.

**Фундаментальные исследования** направлены на открытие и изучение явлений и законов природы, создание принципов исследования.

Цель: открытие законов, обнаружение связей между явлениями, создание новых теорий. Фундаментальные исследования связаны со значительным риском и неопределенностью с точки зрения получения конкретного положительного результата, вероятность которого



не превышает 10 %. Такие исследования ведутся на границе известного и неизвестного. Несмотря на это, именно фундаментальные исследования составляют основу развития как самой науки, так и общественного производства.

**Прикладные исследования** – создание новых либо совершенствование существующих средств производства, предметов потребления и т. д. Объектами исследования технических наук являются машины, технологии, организационная структура. Практическая ориентация и конкретное целевое назначение прикладных исследований делает вероятность получения ожидаемых от них результатов весьма значительной, не менее 80–90 %. В результате прикладных исследований на основе научных понятий создаются технические знания.

**Комплексные научные исследования** изучают разнородные свойства объекта, каждое из которых может предусматривать применение различных методов и средств исследования. Примером комплексного исследования служит оценка надежности нового автомобиля. Надежность автомобиля является интегральным свойством и обуславливается такими его отдельными свойствами, как безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость и долговечность деталей.

**Дифференцированным научным исследованием** называется исследование, в процессе которого познается одно из свойств или группа однородных свойств. Каждое в отдельности исследуемое свойство надежности автомобиля является дифференцированным.

*По степени важности* научные исследования подразделяются на работы, выполняемые по научно-техническим программам, утвержденным Государственным комитетом по науке и технологиям; работы, выполняемые по планам отраслевых министерств и ведомств; работы, выполняемые по планам научно-исследовательских организаций.

*В зависимости от источника финансирования* научные исследования делят на: госбюджетные, хоздоговорные и нефинансируемые. Госбюджетные научные исследования финансируются республиканскими органами государственного управления, НАН Беларуси, государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, за счет средств республиканского бюджета. К финансированию программ могут привлекаться и иные средства, включая средства местных бюджетов и инновационных фондов республиканских органов государственного управления. Хоздоговор-

ные работы финансируются организациями-заказчиками (производственными либо научно-исследовательскими) на основе хозяйственных договоров. Нефинансируемые исследования проводятся по собственной инициативе научного коллектива.

Посредством **поискового исследования** устанавливаются принципиальные основы, пути и методы решения поставленной задачи.

**Научно-исследовательские разработки** устанавливают необходимые зависимости, свойства, закономерности, создающие предпосылки для дальнейших инженерных решений.

**Опытно-промышленные разработки** имеют цель довести исследования до практической реализации и апробации в условиях производства. На основе результатов опытно-производственной проверки вносятся коррективы в техническую документацию для внедрения разработки в производство.

**Научное направление** – это наука или комплекс наук, в области которых ведутся исследования.

**Комплексная научная проблема** – совокупность проблем, объединенных единой целью.

**Специфические научные и технические проблемы** – это характерные для определенных производств, отраслей промышленности задачи. Так, в автомобильной промышленности актуальными являются экономия топлива и создание новых видов горючего.

**Тема научного исследования** дает ответы на конкретные научные вопросы, охватывающие часть проблемы.

**Научный вопрос** – научная задача, относящаяся к конкретной теме научного исследования. Направление научного исследования определяется научной программой, государственной темой, хозяйственной тематикой. Тема научного исследования должна быть актуальной, иметь научную новизну, вносить вклад в развитие общества, быть экономически эффективной для народного хозяйства. Требование экономичности иногда заменяется требованием значимости, определяющим престиж национальной науки, государства. Выбор темы существенно упрощается при наличии традиции научной школы.

**Результативность научного исследования** зависит от организации планирования выполнения работы. Планы и последовательность действий ученых зависят от вида объекта, целей научного исследования. Так, если оно проводится на технические темы, то вна-

чале разрабатывается основной предплановый документ – технико-экономическое обоснование, – а затем осуществляются теоретические и экспериментальные исследования, составляется научно-технический отчет и результаты работы внедряются в производство.

***Этапы научного исследования:***

- 1) подготовительный;
- 2) исследовательский;
- 3) работы над текстом;
- 4) внедрения результатов научного исследования.

*Подготовительный этап* предполагает выбор темы; обоснование необходимости проведения исследований; определение гипотезы, целей и задач исследования; разработку плана или программы научного исследования; подготовку средств исследования (инструментария).

Сначала формулируется тема научного исследования, обосновываются причины ее разработки. Путем предварительного ознакомления с литературой и материалами ранее проведенных исследований выясняется, в какой мере вопросы темы изучены и какие получены результаты. Внимание концентрируется на вопросах, на которые ответов нет либо они недостаточны. Составляется список нормативных актов, отечественной и зарубежной литературы. Разрабатывается методика исследования и подготавливаются средства НИР.

*Исследовательский этап* включает систематическое изучение литературы по теме, статистических сведений, архивных материалов; проведение теоретических и эмпирических исследований; обработки, обобщения и анализа полученных данных; объяснения новых научных фактов, аргументирования и формулирования положений, выводов и практических рекомендаций и предложений.

*Работа над текстом* предполагает определение композиции (строения, внутренней структуры) работы; уточнение заглавия, названий глав и параграфов; подготовку черновой рукописи и ее редактирование; оформление текста, в том числе списка использованной литературы и приложений.

*Внедренческий этап* состоит в передаче разработок в производство и обеспечении их авторского сопровождения.

***Замысел научного исследования*** – это основная идея, которая связывает структурные элементы методики, определяет порядок проведения исследования, его этапы.

В замысле исследования содержатся:

- цель, задачи, гипотеза;
- критерии, показатели;
- последовательность применения методов, порядок управления ходом эксперимента, порядок регистрации, накопления и обобщения экспериментального материала.

Замысел исследования предполагает:

- выбор проблемы и темы;
- определение объекта и предмета, целей и задач;
- разработку гипотезы исследования;
- выбор методов и разработку методики исследования.

### 1.3. Структурные компоненты исследовательского процесса

К компонентам относятся:

- общее ознакомление с проблемой исследования;
- формулирование целей исследования;
- разработка гипотезы исследования;
- постановка задач исследования;
- организация и проведение эксперимента;
- обобщение и синтез экспериментальных данных.

#### *Организация и проведение эксперимента*

**Методика научного исследования** – это совокупность приемов и способов исследования, порядок их применения, интерпретации полученных результатов. Зависит от характера объекта изучения, методологии, цели исследования, разработанных методов, общего уровня квалификации исследователя.

**Объект научного исследования** – система, процесс или явление, порождающие проблемную ситуацию, требующую изучения.

**Предмет научного исследования** – часть, сторона, свойство, отношение объекта, исследуемое с определенной целью в данных условиях, элемент объекта исследования.

**Гипотеза** – научное предположение, представляющее вероятное решение проблемы. Должна быть сформулирована ясно, точно, не-

противоречиво, иметь связь с теорией.

**Задачами научного исследования** называются вопросы, получение ответов на которые необходимо для достижения цели исследования.

**Научный метод** – это способ достижения цели исследования. Методы научного познания делятся на общие и специальные. К общим методам относятся: теоретические, эмпирические, математические.

#### ***Теоретические методы научных исследований:***

– моделирование позволяет применять экспериментальный метод к объектам, непосредственное действие с которыми затруднительно или невозможно, предполагает мыслительные действия с моделью;

– абстрагирование состоит в мысленном отвлечении от несущественного и фиксации одной или нескольких интересующих исследователя сторон предмета;

– анализ – метод исследования путем разложения предмета на составные части;

– синтез – соединение полученных при анализе частей в целое.

#### ***Математические методы включают:***

– статистические методы;

– методы и модели теории графов и сетевого моделирования;

– методы и модели динамического программирования;

– методы и модели массового обслуживания;

– метод визуализации данных (функции, графики и др.).

#### ***Эмпирические методы научных исследований***

Научное наблюдение – это преднамеренное и целенаправленное восприятие, обусловленное задачей деятельности. Объект изучается в естественных условиях его существования, без воздействия на него и среду.

Научное измерение – это определение отношения измеряемой величины к другой величине, принятой за единицу. Как совокупность действий направлено на нахождение числового значения (длины, объема, длительности и т. д.). Действуют международные системы единиц измерения и их эталоны. Создание универсальных систем единиц измерения придало научным наблюдениям точность и всеобщность. Например, с появлением механических часов в XIII–XIV веках в Европе утверждаются единицы времени: секунда, минута, час, год.

Разработкой измерительной техники занимается метрология. Она

изучает методы и принципы получения опытным путем информации о величинах, характеризующих свойства и состояния разных объектов, создает измерительные приборы.

**Научный эксперимент** – метод познания, основанный на фиксации и контроле заданных исследователем условий. Он предполагает установление физической связи объекта с наблюдателем, контроль средств, воздействующих на объект, а также устранение всех ненужных влияний на объект и исследовательский процесс. Проверка гипотез и теорий – функция эксперимента.

***Публикация результатов научных исследований:***

- в виде тезисов докладов на конференциях, симпозиумах, совещаниях;
- научной статьи;
- монографии как развернутого изложения результатов исследования какой-либо научной проблемы;
- публикаций на правах рукописей, диссертации, автореферата;
- отчета о научной работе.

**Тезисы научных докладов** – это конспективное изложение материалов устного выступления (доклада) участника конференции.

**Научный отчет** об экспериментальной работе исчерпывающе освещает выполненную работу по ее завершении или за определенный промежуток времени. Научный отчет включает пояснительную записку о решении поставленных задач и приложения к ней. В пояснительной записке излагается последовательность выполнения программы исследования, дается сводка материалов, расчетов, обоснований. В первом разделе отчета акцентируется внимание на постановке проблемы, ее концептуальной разработке и формулировке задач исследования, а также освещается состояние проблемы и существующие к ней подходы. Во втором – методологическом разделе – обосновываются выбор и инструментарий исследования, типология выборки, методы сбора информации. В третьем – содержательный анализ полученных результатов исследования и конкретные выводы. В приложениях к записке даются цифровые, графические и прочие показатели и документы, а также все формы анкеты, бланки, тесты и т. п.

Отчет служит исходным документом подготовки директивных решений и разного рода литературных материалов в виде монографий, коллективных публикаций, книг, сборников, статей, диссертаций.

ций и т. п.

#### 1.4. Полный цикл научных исследований (НИОКР)

Решает задачи:

- 1) получения новых знаний в области развития природы и общества, новых областей их применения;
- 2) теоретической и экспериментальной проверки возможности материализации в сфере производства разработанных на стадии стратегического маркетинга нормативов конкурентоспособности товаров организации;
- 3) практической реализации портфеля новшеств и инноваций.

НИОКР включает:

- фундаментальные исследования (теоретические и поисковые);
- прикладные исследования;
- опытно-конструкторские работы;
- опытные, экспериментальные работы (могут выполняться на любом из предыдущих этапов).

Подготовка научных кадров осуществляется через аспирантуру и докторантуру, организацию научной деятельности студентов. В Беларуси функционирует 184 совета по защите диссертаций (134 докторских и 50 кандидатских), которые обеспечивают защиту диссертаций по 275 специальностям. Развитие кадрового потенциала науки регулирует Государственная программа «Научные кадры».

**Национальная патентная система** – это нормативно-правовая база по охране объектов промышленной собственности – изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, товарных знаков и знаков обслуживания, селекционных достижений, топологий интегральных микросхем.

**Инфраструктура научных исследований.** В Республике Беларусь функционирует около 300 научных организаций, в которых научными исследованиями и разработками занимается свыше 30 тысяч человек. Традиционно преобладают исследования и разработки в области технических наук. Основные кадровые и финансовые ресурсы сосредоточены в Национальной академии наук Беларуси, министерствах образования, здравоохранения, промышленности, концерне «Белнефтехим». Национальная академия наук Беларуси явля-

ется высшей государственной научной организацией республики, на которую возложены задачи по развитию и координации отечественной науки и формированию государственной научно-технической политики.

**Государственная научно-техническая политика** направлена на приоритетную поддержку наиболее перспективных научных исследований, научно-технических разработок и инновационных проектов, ориентированных на решение проблем социально-экономического развития страны. Система управления научными исследованиями и разработками базируется на использовании программно-целевых методов. Это государственные программы фундаментальных исследований в области естественных, технических и общественных наук. Научные исследования и разработки по заказам республиканских органов государственного управления, облисполкомов, Минского горисполкома, президентские программы, отраслевые, региональные научно-технические программы, инновационные проекты.

**Программно-целевые методы** обеспечивают преимущественную поддержку приоритетных направлений научно-технического развития (машиностроение, информатизация, лекарства и медицина, экология, сельское хозяйство, лазерные и плазменные технологии, оптоэлектроника, новые материалы с особыми свойствами, методы технической диагностики, химического синтеза веществ, селекции растений, биотехнологий и др.). В этих целях при государственной поддержке созданы и функционируют Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (БРФФИ), Белорусский инновационный фонд (Беллинфонд), Фонд информатизации Республики Беларусь.

**Научная школа** – организационно-творческая структура деятельности, обязанная своим существованием видному ученому-организатору, способному на основе полученных результатов создать целое направление исследований и кадровый потенциал в виде подготовленных кандидатов и докторов наук, а также обеспечить преемственность поколений, актуальность проводимых исследований и разработок. В БНТУ функционирует 46 научных школ. Среди них «Синтез литейных материалов, механизмы их регенерации и многократного использования, компьютерное моделирование и разработка технологических процессов изготовления сложнопрофильных отливок



черных и цветных сплавов» (основоположник – Фонд технических наук, профессор Кукуй Д.М.), школа строительной механики (доктора технических наук, профессора Борисевич А.А., Сидорович Е.М., Босаков С.В.), физики лазерных материалов (доктор физико-математических наук, профессор Кулешов Н.В.).

**Научные изыскания** – научные исследования в рамках проекта, призванные собрать недостающую информацию, произвести обоснования теоретического и эмпирического характера, изучить структуру новых материалов, территорий для последующего использования в инженерных решениях.

**Модернизация** – осовременивание существующей инфраструктуры деятельности исходя из принципов ресурсосбережения, энергоэффективности, рентабельности, экологической безопасности, эргономичности, надежности осуществляется посредством трансферта технологий. Преимущества модернизации состоят в том, что она не предлагает полной остановки действующего производства или процесса. В ее основе лежит системотехническая методология модульного достраивания недостающих сегментов технологического процесса, выводящих его на максимально полную переработку сырья. Объектами модернизации являются промышленные, социальные, природно-ландшафтные комплексы, среди последних выделены в виде государственных программ Беловежская пуца, Припятское Полесье, Браславские озера, Нарочанский край, Августовский канал. Совокупность модернизированных программ формирует инновационную сущность государства.

**Технополис** – структура, подобная технопарку, включающая небольшие города – наукограды, – развитие которых целенаправленно ориентировано на расположенные в них научные и научно-производственные комплексы. Объединение мелких фирм в совокупности создает инфраструктуру, необходимую для реализации крупных инноваций. Центром технополиса является крупный университет – генератор и носитель фундаментального знания, лежащего в основе инноваций.

**Научно-финансово-промышленные группы** (НФПГ) решают задачи интеграции и активизации интеллектуальных, информационных, материально-технических и финансовых ресурсов для развития научно-технического потенциала региона, страны.

Участниками НФПГ могут быть научные и научно-образователь-

ные учреждения, финансовые группы и банки, региональная администрация и промышленные предприятия.

Задачи НФПГ:

- конкурсный отбор инновационных проектов;
- вложение реальных инвестиций в наиболее перспективные инновационные проекты;
- организация совместной производственной и коммерческой деятельности участников НФПГ;
- создание новых рабочих мест как важнейшая социальная задача;
- финансирование НИОКР.

Участники НФПГ добровольно объединяют свои ресурсы на взаимовыгодной основе. За счет программно-целевой направленности и многоканального финансирования проектов достигается максимальная экономическая эффективность.

***Национальная инновационная система Республики Беларусь*** – это совокупность законодательных, структурных и функциональных компонентов, обеспечивающих развитие инновационной деятельности в Республике Беларусь.

***Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь*** (ГКНТ) является республиканским органом государственного управления, проводящим государственную политику и реализующим функцию государственного регулирования и управления в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности, а также охраны прав на объекты интеллектуальной собственности, и подчиняется Совету Министров Республики Беларусь.

***Элементы инновационной инфраструктуры Республики Беларусь:***

- парк высоких технологий (специализация – IT – индустрия и сопутствующие отрасли);
- научно-технологические парки (технопарки) – 10 организаций, позиционирующих себя в качестве технопарков, 3 из которых имеют соответствующий статус, присвоенный ГКНТ;
- Белорусский инновационный фонд;
- бизнес-инкубаторы, в том числе специализирующиеся на поддержке инновационных предприятий – 9;
- центры трансферта технологий, включая Республиканский центр

трансферта технологий и его региональные представительства, а также организации, с которыми заключены соответствующие соглашения о сотрудничестве – 24;

- инновационные центры – 5;
- научно-производственные (научно-практические) центры – 56;
- информационные и маркетинговые центры – 10;
- научно-технические библиотеки, включая заводские – 476;

Потребителями услуг, инновационной инфраструктуры являются 318 инновационно-активных предприятий.

**Бизнес-инкубаторы** – это экспертиза инновационных проектов; поиск инвесторов и при необходимости предоставление гарантий; предоставление на льготных условиях помещений, оборудования, опытного производства; оказание на льготных условиях правовых, рекламных, информационных, консультационных и прочих услуг. Срок пребывания клиента в бизнес-инкубаторе – от 1 до 2,5 лет. За каждую услугу клиенту выписывается чек. После выхода из бизнес-инкубатора в течение 1,5–2 лет финансовая задолженность должна быть погашена. Кроме того, в договоре могут быть предусмотрены отчисления из прибыли в пользу бизнес-инкубатора (как правило, не более 5 %), которые предприниматель выплачивает в течение 3–5 лет после выхода.

**Технопарк** – инновационная организация, главной целью которой является превращение результатов научно-технических работ в новые конкурентоспособные товары и услуги, резкое сокращение инновационного цикла от идеи до товара. Эта цель достигается за счет выращивания малых и средних инновационных фирм на базе какого-либо вуза или научного учреждения. Для достижения главной цели технопарк решает следующие задачи:

- организационное, правовое, информационное, экономическое консультирование и содействие развитию малых инновационных фирм;
- организация служб коллективного пользования для маркетинговой, рекламной, издательской, внешнеэкономической деятельности, лицензирования, сертификации, патентования;
- поиск источников финансирования;
- создание совместных предприятий в различных областях инновационной деятельности;
- проведение выставок, семинаров, конференций;

- подготовка и переподготовка специалистов;
- реализация торговой и посреднической деятельности.

В Республике Беларусь насчитывается 10 технопарков.

Трансферт инноваций из научной сферы в производственную, а затем ее коммерциализация происходит посредством формирования специальных организационных структур, получивших название субъектов инновационной инфраструктуры. Положение о порядке создания субъектов инновационной инфраструктуры было утверждено Указом Президента Республики Беларусь № 1 от 3 января 2007 года. Инновационная инфраструктура предполагает наличие технопарков, технополисов, инновационно-технологических центров, малых инновационных и венчурных предприятий, свободных экономических зон.

Технопарк «Политехник» посредством развитой сети информационно-маркетинговых служб продвигает университетские разработки в производство. Научно-производственные структуры выпускают и реализуют конечную инновационную продукцию на рынке. Более 40 % от объема финансируемых в республике НИР используются в БНТУ. Технопарк выполняет функцию бизнес-инкубатора, создавая и поддерживая малые инновационные предприятия.

Технопарк – координатор инновационной деятельности не только в рамках университета, но и в масштабах всей образовательной системы страны. На базе технопарка создан Межвузовский центр маркетинга научно-исследовательских разработок, где собрана информация о разработках высших учебных заведений и научных учреждений Министерства образования Республики Беларусь и направлениях их деятельности. На базе технопарка созданы Белорусско-Венесуэльский центр научно-технического сотрудничества, Белорусский центр научно-технического сотрудничества с провинциями КНР, Белорусско-Латвийский центр трансферта технологий и другие совместные структуры.

*Менеджер в области инновационной деятельности* – это предприниматель, склонный к оправданному риску. Содержание труда данных специалистов основано на четком знании организационных процессов, происходящих при осуществлении инновационной деятельности, законодательных особенностей, возможностей финансирования, экономики и маркетинга.

**Инновационные сети** действуют на уровнях: глобальном – наиболее эффективно осуществляющие фундаментальные исследования, – национальном, региональном, отраслевом. Это профессиональные объединения инфраструктурных организаций или физических лиц, деятельность и услуги которых связаны с коммерциализацией и передачей технологий, созданием и управлением стартап-компаниями, инновационным развитием. Их методологический инструментарий – промышленно-академические связи, написание бизнес-планов, бенчмаркинг, создание нового бизнеса, финансирование новшеств, формирование инновационной культуры и менеджмента и многое другое. Ключевая функция, которую обеспечивает взаимодействие операторов сетей, – распространение разного рода информации с помощью различных форм и методов своей деятельности или предоставления услуг.

Развитие сетевых структур осуществляется через использование новейших телекоммуникационных технологий, что создает особую форму устройства внешней среды этих субъектов. Виртуальные по форме, они не имеют жесткого организационно-правового поля. В подобных объединениях действуют механизмы горизонтальных связей с партнерами и специфическая координация сотрудничества. Наличие многоуровневых сетей, их плотность и масштаб позволяют определить конкурентоспособность той или иной экономики и ее инновационность.

**Инновационная система** как совокупность взаимосвязанных хозяйствующих субъектов, осуществляющих разработку, создание и производство инноваций, а также интеллектуальных продуктов для достижения своей цели – организации эффективного производства при оптимальном использовании ресурсов – имеет инфраструктуру. Одним из ее элементов являются образованные на добровольной основе инновационные сети. Они непосредственно не участвуют в создании новаций, но играют важную роль в обеспечении всего инновационного процесса.

**Государственные программы научных исследований** подразделяются на государственные программы фундаментальных, ориентированных фундаментальных и прикладных научных исследований.

Государственная программа фундаментальных исследований – это комплекс взаимосвязанных теоретических и (или) экспериментальных поисковых научно-исследовательских работ, направленных

на получение новых знаний об основных закономерностях развития природы, человека, общества, искусственно созданных объектах и способах их применения. Конечной целью государственной программы фундаментальных научных исследований является получение новых научных знаний, выражаемых в виде законов, теорий, гипотез, принципов, направлений исследований и в других формах.

Государственная программа ориентированных фундаментальных исследований – это комплекс тематически связанных заданий, направленных на решение отдельной крупной научной проблемы и на выяснение направлений дальнейшего использования полученных при этом новых знаний для получения практически важных результатов. Конечными целями государственной программы ориентированных фундаментальных научных исследований являются получение новых знаний в рамках отдельной крупной научной проблемы, а также получение научных результатов, ориентированных на практическое применение.

Государственная программа прикладных научных исследований – комплекс заданий, направленных на исследование путей практического применения открытых ранее явлений и процессов, решение конкретных научных задач, имеющих непосредственное практическое использование в народном хозяйстве. Конечными целями государственной программы прикладных научных исследований являются получение практически важных научных результатов, выражающихся в создании лабораторных образцов или макетов изделий, технологий, веществ, сортов и гибридов растений, пород животных, методик и методических рекомендаций, а также проведение организационно-методических мероприятий по выполнению разработок в рамках государственных целевых и государственных научно-технических программ.

Программы научных исследований могут быть комплексными и включать фундаментальные и прикладные исследования. В таких случаях направленность заданий и конечные цели разделов должны отвечать требованиям, предъявляемым к соответствующим программам.

Программы разрабатываются на срок, необходимый для достижения поставленных в них целей, но не более чем на 5 лет.

Организационное и методическое обеспечение разработки и выполнения программ научных исследований осуществляет Национальная академия наук Беларуси с участием других государственных

ных заказчиков, а также Совета по координации фундаментальных и прикладных исследований (СКФПИ), программ прикладных научных исследований и программ комплексного характера, содержащих прикладную часть – НАН Беларуси совместно с СКФПИ и Государственным комитетом по науке и технологиям с участием других государственных заказчиков программ.

Программы научных исследований разрабатываются по приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь, утверждаемых Советом министров Республики Беларусь по представлению Национальной академии наук Беларуси, с учетом приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь.

**Система НИРС Республики Беларусь** включает участников НИРС, нормативную базу, информационно-аналитическую систему, систему координации и управлений, систему мероприятий, систему финансирования, стандарты. Эффективная работа всей системы НИРС возможна лишь при условии эффективного функционирования всех ее составляющих.

Научно-исследовательская работа студентов вуза Республики Беларусь характеризуются множеством форм и методов работы.

Система республиканских мероприятий включает:

- конкурсы;
- конференции студентов и аспирантов;
- выставки разработок, выполненных с участием студентов;
- мероприятия, посвященные пропаганде важности и значимости научной работы студентов;
- мероприятия, посвященные проблемам организации работы с одаренной молодежью среди сотрудников вуза.

**Конкурсы** решают задачи выявления лучших из лучших, поощрения, стимулирования, привлечение к НИРС широкого круга студентов. В систему республиканских мероприятий НИРС входят нижеперечисленные конкурсы.

1. Конкурс научных работ студентов высших учебных заведений Республики Беларусь. Ориентирован, в основном, на студентов, занимающихся с научным руководителем. Система поощрения участников конкурса имеет многоуровневую структуру: лауреаты конкурса, авторы работ первой, второй, третьей категорий. Авторы лучших работ

поощряются Специальным фондом Президента Республики Беларусь.

2. Конкурс на соискание грантов докторантами, аспирантами, студентами, обучающимися в учреждениях Министерства образования Республики Беларусь. Целью конкурса является адресная поддержка аспирантов, докторантов, студентов, добившихся наилучших результатов в научно-исследовательской деятельности.

3. Конкурс, проводимый Специальным фондом Президента Республики Беларусь, на оказание финансовой поддержки интеллектуальным и творческим объединениям учащихся и студентов, завоевавшим общественное признание перспективными разработками и достижениями.

4. Конкурсы молодежных инновационных проектов, в которых могут участвовать и студенческие коллективы, проводятся различными организациями.

5. Педагогическим, научным работникам и иным лицам, внесшим особый вклад в развитие способностей одаренных учащихся и студентов в области образования, науки, техники и передовых технологий, разработку современных методик их воспитания и обучения, на конкурсной основе присуждаются поощрительные премии Специального фонда Президента Республики Беларусь.

**Конференции.** В республике ежегодно проводится порядка 50 международных, республиканских, региональных конференций студентов по различным направлениям научной деятельности. Это позволяет студентам вузов (по большинству специальностей) провести апробацию результатов своих исследований.

## **Раздел 2. В ПОМОЩЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЮ И СТУДЕНТУ ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ**

### **2.1. Методы активизации творческого мышления**

Целесообразность применения метода, принадлежащего к той или иной группе, зависит от сложности решаемой задачи. Методы активизации творческого мышления направлены на устранение психологической инерции мышления, препятствующей нахождению изобретательских решений. Они позволяют увеличить число выдвигаемых идей, повышают производительность процесса. К наиболее известным



методам психологической активизации относятся: мозговой штурм, теневая мозговая атака, метод фокальных объектов, синектика, метод «приемы аналогий», конференция идей, метод «коучинг» и другие.

К методам систематизированного поиска относятся: функционально-стоимостный (ФСА) и морфологический анализы, функциональный метод проектирования Митчетта, списки контрольных вопросов, методы гирлянд ассоциаций и метафор, многократного последовательного классифицирования, синтеза оптимальных форм, системного экономического анализа и поэтапной отработки конструктивных решений.

Среди данных методов некоторые являлись развитием или синтезом других (например, метод ФСА). *Функционально-стоимостный анализ* (ФСА) – метод технико-экономического исследования технических систем, направленный на оптимизацию соотношения между их потребительскими свойствами и затратами на проявление этих свойств.

#### *Основные принципы ФСА*

1. Функциональный подход, который предполагает абстрагирование от объекта как материально-вещественной структуры, формулирование его главной полезной функции (ГПФ) по строгим правилам, с учетом того, что выполнению полезных функций в анализируемом объекте всегда сопутствуют вредные и нейтральные функции, и представление объекта как комплекса выполняемых им функций. Функции классифицируются и ранжируются по значимости, относительно ГПФ, а также оценивается их качество выполнения.

2. Стоимостный подход и экономический анализ.

3. Системный подход и поэтапность проведения ФСА.

4. Выявление нежелательных эффектов.

5. Коллективное творчество.

6. Применение дополнительных методов технического творчества (методы активизации творческого мышления, ТРИЗ).

7. Алгоритмичность анализа.

8. Итеративный подход.

Результатом проведения ФСА является построение модели идеального объекта на заключительном этапе функционально-идеального моделирования, а также сбор необходимой информации по реализации идеальной модели.

Выделяют два метода направленного поиска: функционально-

физический метод поискового конструирования Р. Колера и теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Последний метод был разработан в 60-х годах XX века. Автором теории является Генрих Саулович Альтшуллер – писатель-фантаст, инженер, изобретатель. Его работа началась с противоречия. Проанализировав десятки тысяч изобретений из патентных баз и технической литературы, обнаружил, что огромное многообразие уникальных задач из разных областей техники можно свести к ограниченному числу типовых технических противоречий, решения которых уже кем-то когда-то были найдены. Примеры противоречий: прочность – вес, скорость – маневренность и т. д. Альтшуллер считал, что техника развивается через возникновение и разрешение подобных противоречий. В противоположность широко распространенной идеологии поиска компромиссов он утверждал, что лучшее изобретательское решение устранит противоречие. Чтобы облегчить поиск таких решений, инженер собрал и систематизировал типовые решения часто встречающихся противоречий. Так появилась таблица приемов разрешения технических противоречий. В ТРИЗ главным направлением стало раскрытие закономерностей развития систем в технике, искусстве и в любой другой области, в которой возникают изобретательские задачи, т. е. творческие задачи, неразрешимые привычными путями.

ТРИЗ представляет набор методов, объединенных общей теорией. Основным инструментом является алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), который представляет ряд последовательных логических шагов, целью которых является выявление и разрешение противоречий, существующих в технической системе и препятствующих ее совершенствованию. Теория решения изобретательских задач помогает в организации мышления изобретателя при поиске идеи изобретения и делает этот поиск целенаправленным, продуктивным, способствует нахождению идеи более высокого изобретательского уровня.

*Недостатки ТРИЗ:* не были найдены четкие механизмы перехода от сформулированного противоречия к его практическому разрешению. Это создавало серьезные сложности в решении реальных задач с помощью АРИЗ. Диалектический подход, т. е. анализ противоречий, заложенный в АРИЗ, был искажен введением понятий технического и физического противоречия. Это искажение привело к трудностям в выявлении противоречия при попытках решения с помощью

АРИЗ реальных изобретательских задач. Большинство из сформулированных законов развития технических систем является закономерностями развития техники, причем далеко не полными. По этой причине, стройной методологии решения задач, основанной на законах развития, так и не появилось, а сформулированные законы в основном использовались в качестве методических обоснований к приводимым примерам изобретений. Как и любая методика, Теория решения изобретательских задач не является универсальной.

Эти законы развития технических систем не применимы к живым и информационным системам. ТРИЗ не решит задачу, если нет четких данных о причинно-следственных связях между элементами внутри системы и характере взаимодействия системы с надсистемой.

На определенных этапах работы по методике ТРИЗ, либо ФСА, поиск новых идей и решений требует дополнительных знаний и привлечения специалистов из различных областей науки и техники. Здесь могут возникнуть следующие проблемы проектирования – нехватка знаний и ограниченность средств.

Несмотря на эти недостатки, работает Международная ассоциация ТРИЗ (МА ТРИЗ); региональные ассоциации ТРИЗ в США, Франции, Италии, Австрии, Израиле, Австралии, Южной Корее, Тайване, Мексике, Латинской Америке и в странах бывшего СССР. В США работает Институт Альтшуллера (The Altshuller Institute). Саммит разработчиков ТРИЗ имеет целью объединить специалистов, занимающихся развитием теории и методике. В Internet имеются сотни сайтов и более миллиона ссылок, посвященных теории решения изобретательских задач.

Проводятся международные конференции по ТРИЗ: в США – Институтом Альтшуллера, в Европе – МА ТРИЗ и ETRIA, в Японии – ТРИЗ-форум.

Для того чтобы решить исследовательскую задачу, нужно ее сформулировать как изобретательскую. Затем необходимо сформулировать к задаче противоречие и идеальный конечный результат (ИКР). Они выявляют суть, подталкивают к решениям. Формулировать ИКР и противоречие можно в нескольких вариантах, т. к. это позволяет найти несколько решений сразу.

Далее надо выявить имеющиеся ресурсы – все то, что может быть полезно при решении задачи. Желательно использовать ресурсы, которые уже присутствуют в проблемной ситуации, а также ре-

сурсы, затраты на получение и использование которых низки.

Найденные решения оценивают с позиций идеальности: задают вопросы:

- Насколько сложно и дорого осуществить решение?
- Задействованы ли ресурсы системы?
- Будут ли нежелательные эффекты при внедрении полученного решения?

ТРИЗ включает:

- законы развития технических систем (ТС);
- информационный фонд ТРИЗ (система приемов, эффекты, стандарты, ресурсы);
- вепольный анализ (структурный вещественно-полевой анализ) технических систем;
- алгоритм решения изобретательских задач;
- метод выявления и прогнозирования аварийных ситуаций и нежелательных явлений;
- методы системного анализа и синтеза (системный подход, анализ и синтез потребностей, функциональный анализ и синтез);
- функционально-стоимостный анализ;
- методы развития творческого воображения;
- теория развития творческой личности;
- теория развития творческих коллективов;

Разделы ТРИЗ можно разделить на методы решения проблем и методы развития творческих качеств.

Законы развития технических систем – наиболее общие статистические закономерности и тенденции развития техники, выявление в результате анализа патентного фонда и истории развития техники.

Информационный фонд включает:

- систему стандартов на решение изобретательских задач, т. е. типовые решения определенного класса задач;
- задачи-анalogии;
- технологические эффекты (технические, физические, химические, математические эффекты, в частности, наиболее разработанные из них в настоящее время – геометрические, а также таблицы их использования);
- приемы устранения противоречий и таблицы их применения;
- приемы разрешения технических противоречий (40 основных

приемов и таблица их применения и 10 дополнительных);

- приемы разрешения физических противоречий (приемы – антиприемы; способы разрешения физического противоречия);
- макро- и микроуровни приемов устранения противоречий;
- ресурсы природы и техники и способы их использования.

АРИЗ – это программа (последовательность действий) по выявлению и разрешению противоречий и решению задач. АРИЗ включает программу, информационное обеспечение, питающееся из информационного фонда, и методы управления психологическими факторами, которые входят составной частью в методы развития творческого воображения, также предусмотрены части, предназначенные для выбора задачи и оценки полученного решения.

Вепольный анализ – это специальный язык формул, с помощью которого легко описать любую техническую систему в виде определенной (структурной) модели.

Вепольный анализ (структурный вещественно-полевой анализ) позволяет создать структурную модель исходной технической системы, выявить ее свойства, с помощью специальных правил преобразовать модель задачи, получив тем самым структуру решения, которое устраняет недостатки исходной задачи.

ТРИЗ включает аппарат системных исследований, специализированный для анализа и синтеза технических систем, основанный на закономерностях развития техники, и для прогнозирования развития технических систем.

Функции ТРИЗ:

- решение творческих и изобретательских задач любой сложности и направленности без перебора вариантов;
- прогнозирование развития технических систем и получение перспективных решений (в том числе и принципиально новых);
- развитие качеств творческой личности;
- решение научных исследовательских задач;
- выявление проблем, трудностей и задач при работе с техническими системами и их развитии;
- выявление причин брака и аварийных ситуаций;
- максимально эффективное использование ресурсов природы и техники для решения проблем;
- объективная оценка решений;

- систематизирование знаний в любых областях деятельности, позволяющее значительно эффективнее использовать эти знания;
- развитие творческого воображения и мышления коллективов.

## 2.2. Эвристические методики и методы творческого мышления

**Аналогия.** Идею решения задач можно получить путем применения известного аналогичного решения, содержащегося в технической, художественной литературе, а также природе.

Выявлением и использованием аналогий в природе занимается бионика. Она исследует объекты живого и растительного мира и выявляет принципы их действия и конструктивные особенности, с целью применения этих знаний в науке и технике.

**Инверсия**, или **обратная аналогия**, означает выполнение чего-нибудь наоборот, т. е. если объект рассматривается снаружи, то, возможно, будет достигнут желаемый результат, если исследовать его изнутри. Если какой-то объект расположен вертикально, то применение инверсии означает, что его ставят горизонтально, и наоборот. Инверсия предполагает возможную замену подвижной части неподвижной, отказ от симметрии в пользу асимметрии, переход от растяжения к сжатию. Инверсные понятия: приемник и передатчик, модулятор и демодулятор, электрогенератор и электродвигатель.

**Эмпатия** – это отождествление себя с личностью другого человека, способность поставить себя на место другого. Приемом часто пользуются артисты, писатели, художники. Например, проектировщик отождествляет себя с разрабатываемым объектом, процессом, деталью. Применение заключается в том, чтобы человек посмотрел с позиции детали (с «ее точки зрения»), что можно сделать для устранения недостатков или выполнения новых функций.

**Фантазия.** Использование фантазии для стимулирования новых идей заключается в размышлении над некоторыми фантастическими решениями, в которых при необходимости используются нереальные вещи или сверхъестественные процессы. Часто бывает полезно рассматривать идеальные решения, даже если это сопряжено с некоторой долей фантазии. Есть надежда, что размышления о желательном

могут натолкнуться на новую идею или точку зрения, которая, в конечном счете, приведет к новому, осуществимому решению.

**Мозговой штурм.** Суть мозговой атаки: дать свободный выход мыслям из подсознания. При мозговой атаке нужно создать условия, чтобы расковать подсознание.

Цель: анализ круга возможностей; стимулирование воображения; создание поля идей, на котором можно выбрать наилучшую.

Процесс генерирования идей необходимо отделить от процесса их оценки. При обсуждении задачи многие не решаются высказывать смелые, неожиданные идеи, опасаясь насмешек, ошибок, отрицательного отношения руководителя.

Рекомендации по проведению мозгового штурма:

1. Назначьте кого-нибудь потенциально пригодного в качестве ведущего. Именно он должен обеспечить каждому из участников возможность обсуждения выдвинутых идей. Перед выступлением следующего участника ведущий обобщает предложения предыдущего.

2. Усиливайте и поощряйте все предложения. Не думайте на данном этапе о деталях, а сконцентрируйте усилия на выработке как можно большего числа идей. Поощряйте краткие выступления без оценки собственных или чужих мыслей.

3. Ошибочных идей не существует.

4. Выслушайте идею до конца.

5. Никто не знает ответов на все вопросы. Успех работы группы зависит оттого, будет ли способен каждый участник согласиться с мнением и замечаниями остальных. Приглашайте всех принимать активное участие и избегайте навязывать свою повестку дня.

6. Отберите наилучшие предложения. По истечении отведенного срока попросите участников разделить идеи на три группы: 1 – имеющие отличный потенциал, 2 – хорошие, 3 – неприемлемые.

7. Сконцентрируйте внимание на наиболее обещающих предложениях из первой группы. Отшлифуйте эти идеи. Проведите второй мозговой штурм, чтобы определить, почему они хорошо подходят и как они могут быть реализованы. Поищите способы извлечения из них наибольшей прибыли.

8. Сохраняйте лучшие идеи. Ведите картотеку других возможностей.

**Морфологический анализ** является примером системного подхода. Метод разработан Ф. Цвикки, который интуитивно применил морфологический подход к решению астрофизических проблем и предсказал существование нейтронных звезд.

Для проведения морфологического анализа необходима точная формулировка проблемы. Независимо от того, что в исходной задаче речь идет только об одной конкретной системе, обобщаются изыскания на все возможные системы с аналогичной структурой, и в итоге дается ответ на более обширный вопрос.

Суть анализа состоит в построении таблиц, которые должны охватить все варианты. Метод способен породить много комбинационных идей, но не способен выделить достаточную для решения задачи.

**Метод контрольных вопросов** позволяет генерировать идеи и решения, стимулировать их с помощью наводящих вопросов. Применяется в форме монолога, обращенного к самому себе, либо диалога изобретателей. Авторы отбирают вопросы, которые обеспечивают преимущества метода контрольных вопросов перед обычным методом проб и ошибок. Один из наиболее полных и удачных списков контрольных вопросов принадлежит английскому изобретателю Т. Эйлоарту. Согласно ему необходимо:

- узнать мнение некоторых неосведомленных в данном деле людей, т. е. избежать психологической инерции;

- устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая без критики каждую идею;

- испробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское и т. д.;

- представить фантастические, биологические, экономические, химические и другие аналогии.

Вопросы в такой системе позволяют полнее увидеть свойство совершенствующего объекта, но как его изменить они не подсказывают.

Б. Ванганди разработал 108 приемов и вопросов, использование которых может или эффективно решить проблему, или привести к новой идее.

1. Изложите свою проблему в форме рассказа, так как можно обнаружить незамеченную ранее информацию детали.

2. Что в проблеме является наиболее важным?

3. Найдите новую формулировку проблемы.



4. Что изменится после решения проблемы?
5. Измените название проблемы.
6. Почему данная ситуация является проблемой? и т. д.

Сущность **метода фокальных объектов** состоит в перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый. Этот метод не дает гарантии, что может получиться что-то конкретное, но он раскрепощает мышление и приводит к неожиданным комбинациям. Метод содействует развитию фантазии, но говорить о каком-то направленном или планируемом изменении объекта не приходится.

**Метод синектики**, предложенный В.Дж. Гордоном, является наиболее эффективным методом психологической активизации творчества. Синектика – это развитие и усовершенствование метода мозгового штурма.

При синектическом штурме допустима критика, которая позволяет развивать и видоизменять высказанные идеи. Этот штурм ведет постоянная группа. Ее члены привыкают к современной работе, перестают бояться критики, не обижаются, когда кто-то отвергает их предложения.

Постоянные группы имеют преимущества: постепенно накапливается опыт решения задач; можно совершенствовать состав группы, вводя новых участников; растет взаимопонимание, идеи схватываются с полуслова. Руководитель синектической группы направляет процесс решения, призывая к поочередному использованию аналогий, т. к. это стимулирует генерирование идей и не стесняет свободы поиска.

В методе применяется четыре вида аналогий: прямая, символическая, фантастическая, личная.

При *прямой аналогии* рассматриваемый объект сравнивается с более или менее похожими аналогичными предметами.

*Символическая аналогия* требует в парадоксальной форме сформулировать фразу, буквально в двух словах отражающую суть явления. Например, при решении задачи, связанной с мрамором, найдено словосочетание «радужное постоянство», так как отшлифованный мрамор (кроме белого) весь в ярких узорах, напоминающих радугу, но все узоры постоянны.

При *фантастической аналогии* необходимо представить фантастические средства или персонажи, выполняющие то, что требуется по условиям задачи. Например, хотелось бы, чтобы дорога суще-

становала там, где ее касаются колеса автомобиля.

*Личная аналогия (эмпатия)* позволяет представить себя тем предметом или частью предмета, о котором идет речь в задаче.

Важно умение превращать непривычное – в привычное и, наоборот, привычное – в непривычное. Видеть за новой (а поэтому непривычной) проблемой, ситуацией знакомое и, следовательно, решаемое известными средствами. Важен свежий взгляд на то, что уже стало привычным. Если абсолютно правильно сформулировать изобретательскую задачу, она перестанет быть задачей, т. е. ее решение станет очевидным.

### **2.3. Ресурсы научных исследований в контексте инновационной деятельности**

*Научные исследования в системе инновационной деятельности.* Инновационная деятельность как стратегическая форма развития белорусской экономики. Структура инновационной деятельности. Научные исследования в структуре инновационной деятельности. Инновационная инфраструктура и инновационная среда. Специфика научных исследований в естествознании, техникосзнании, социальных и гуманитарных областях деятельности человечества.

*Научные исследования в структуре НИОКР.* Понятия НИОКР. Задачи научных исследований в рамках инновационного цикла. Полный и неполный инновационные циклы. Научные изыскания в структуре проектирования. Научные изыскания посредством моделирования. Виды моделей. Специфика компьютерного моделирования. Организационные структуры НИОКР. Роль автоматизированных систем в реализации научных изысканий. Понятия ТРИЗ. Эвристические методики поисковых исследований

*Эффективное использование научных ресурсов.* Понятие научно-исследовательского ресурса. Человеческий капитал и индекс человеческого развития. Интеллектуальная составляющая человеческого капитала. Понятие «исследователь». Компетенция специалиста-исследователя. Квалификационные показатели развития компетенции с точки зрения фундаментальных и прикладных результатов, разработок, инноваций, инновационного менеджмента. Инструментальная база научных исследований, динамика, ее развитие и роль в обеспечении качества поисковых результатов. Информаци-

онная база научных исследований, динамика, ее развитие и роль в обеспечении инновационности поисковых результатов.

***Фундаментальные и прикладные научные исследования, их специфика и задачи.*** Фундаментальные исследования как долгосрочная стратегия науки. Риски и эффекты фундаментальных исследований. Фонд фундаментальных исследований Республики Беларусь и его роль в реализации программ теоретических исследований. Теория, ее специфика и структура. Теория и моделирование. Роль НАН Республики Беларусь в проведении фундаментальных исследований. Фундаментальные исследования как основа формирования кластерных зон и высокотехнологических производств. Прикладные исследования, их статус и функция. Роль научно-технических дисциплин в развитии прикладных исследований, формирования базы разработок. НИЧ БНТУ как прикладная структура.

## **Методы научных исследований**

***Методы научных исследований.*** Понятие метода. Теория метода. Структура метода. Методология, ее специфика и функции. Классификация методов на основе методологических концепций эмпиризма, рационализма, сенсуализма, интуитивизма (эвристики), логицизма, диалектики, общей теории систем, теории подобия. Эмпирические методы научных исследований (наблюдение, измерение, эксперимент), их специфика и функции в научных исследованиях. Теоретические методы научных исследований, специфика их использования в математике, физике, химии, геологии, биологии, научно-технических дисциплинах, экономических науках. Логические методы научных исследований (формализация, индукция, дедукция, анализ, синтез) и их роль в операциональной деятельности исследователей и инженеров. Эвристические методы научных исследований и ТРИЗ.

***Формы представления результатов научных исследований.*** Понятие промежуточных результатов научной деятельности: тезисы, научная статья, глава в сборнике научных трудов, монография, промежуточный отчет. Понятие цитируемости. Выставочная деятельность. Представление итоговых результатов научных исследований по теме в виде годового отчета, коллективной монографии, научной разработки, внедрений, инновационных проектов.

Представление квалификационных результатов научной деятель-

ности на соискание ученой степени или премии. Юридическое оформление результатов научной деятельности. Понятие интеллектуальной собственности.

***Научная школа как базовая структура реализации научно-технических программ.*** Понятие научной школы. Выдающийся ученый-организатор как фактор формирования школы в рамках фундаментальных и прикладных исследований. Крупнейшие научные школы в естествознании, математике, техникзнании, экономике. Структура научных школ. Понятие инженерной школы. Роль инженерных школ в реализации инновационных стратегий. Роль методологических принципов в деятельности научных и инженерных школ. Роль научных школ в формировании кластерных зон. Специфика функционирования научных школ.

### **Методология инновационной деятельности.**

***Инновационная среда и формы ее воспроизводства на уровне человеческого капитала.*** Понятие человеческого капитала и индекса человеческого развития. Целостный статус исследователя в современном обществе. Этнос научной деятельности и принципы научного творчества. Ученый-исследователь, ученый-разработчик, ученый-менеджер, ученый-системотехник как ключевые компетенции инновационной деятельности. Роль НИРС, магистратуры, аспирантуры, докторантуры в формировании исследовательского общества. Спецификация научных исследований и координация их поисковых ориентаций в свете потребностей инновационной инфраструктуры Республики Беларусь.

***Инновационная среда и модернизация.*** Понятие инновационной среды как мировоззрения, методологии и образа деятельности. Ключевые параметры инновационной среды (количественные, качественные). Формирование инновационной среды как стратегия создания новых производств отраслей. Парк высоких технологий как качественно новый аспект национальной экономики. Роль НАН Республики Беларусь в создании новых производств. Технопарк «Политехник» и его производственный инновационный потенциал.

Понятие модернизации. Модернизация и инновационная деятельность. Задачи модернизации национальной экономики и ее детерминанты.

## Раздел 3. ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1. Логические законы и операции

Логика исследует структуру рассуждения, раскрывает лежащие в ее основе закономерности, которые выражают существенные, устойчивые и необходимые черты мыслительного процесса. В них отражаются объективные свойства и отношения природного мира и многовековой опыт практической и общественной деятельности. Законы логики воспринимаются как *аксиомы* – истины, не требующие доказательств. Они формируют определенную картину мира, на которой базируется речевая деятельность.

Логические законы лежат в основе различных логических операций с формами мышления: именами, высказываниями, выводами. Так, изучающий логику приобретает знания и умения устанавливать, уточнять значения терминов, формировать ясные и четкие высказывания, рассуждать системно и последовательно, а столкнувшись с новым необычным явлением – быстро и эффективно осмыслить его сущность, быть внимательным к логическим противоречиям, незвольным приемам в доказательствах и опровержениях и т. д.

Рассмотрим наиболее важные для речевой деятельности законы и правила. Основные логические законы: *тождества, противоречия, исключенного третьего, достаточного основания*.

**Закон тождества** выражает требование сохранять однозначность мысли на протяжении всего рассуждения. В объективной реальности абсолютного тождества нет – оно существует во взаимосвязи с различием. Однако в определенных рамках можно отвлечься от существующих различий и фиксировать внимание только на тождестве предметов и их свойств.

Определенность предметного мира нашла свое отражение в логической форме – *имя*. Оно выражает мысль о предмете с точки зрения его существенных признаков. До тех пор, пока предмет существует в своем качестве, понятие о нем должно иметь однозначный, определенный смысл. Эта особенность содержания имени фиксируется в законе тождества. Предметы изменяются, но изменения в границах меры, позволяют именам сохранять свою устойчивость, однозначность и качественную определенность.

Нарушение закона тождества проявляется тогда, когда человек дискутирует не по обсуждаемой теме, а произвольно подменяет один предмет обсуждения другим, употребляя имена не в том смысле, в каком принято. Например, материалистом иногда называют человека прагматичного, а идеалистом – верящего в идеалы. Между тем в философии материалисты – это люди, которые первичным считают материю, а идеалисты – сознание, духовную субстанцию. Нередко в обществе говорят о различных вещах, полагая, что имеют в виду один и тот же предмет или событие. Логическая ошибка совершается при употреблении **омонимов** («пол», «следствие», «содержание» и т. п.). Подобные ошибки происходят из-за неточного знания или незнания содержания употребляемых имен.

В логике разработаны правила, с помощью которых раскрывается смысл имени. Они называются **правилами определения**.

1. **Правило соразмерности.** Условие выполняется, если определяемое имя и определяющее выражение равнообъемны между собой.

Несоблюдение этого правила ведет к двум основным ошибкам: к слишком *широким определениям*, когда объем определяющего имени больше определяемого, либо к *слишком узким определениям*, когда определяющее имя по объему меньше определяемого. Например, «лампа – источник света», «треугольник – плоская геометрическая фигура с тремя равными сторонами». В первом определении определяющее имя значительно шире по объему, чем определяемое, потому что источником света могут быть разные предметы. Во втором определении исключаются из числа треугольников разносторонние треугольники.

2. **Правило запрета круга.** Круг в определении возникает в том случае, если имя определяется через самое себя.

Например, «Логика – это наука о логическом мышлении» или «Инженер – это человек с инженерным образованием».

3. **Правило ясности.** Определение должно быть доступно пониманию того, кому оно адресовано.

Это требование включает в себя два условия. Во-первых, слова, встречающиеся в определяющей части, должны иметь ясный смысл, среди них не должно быть *метафор* и иных образных выражений. Например, «Пехота – царица полей», «Повторение – мать умения». Во-вторых, в определяющей части не должно быть имен, которые сами нуждаются в определении. Например, «Трансцендентальное Я –

*это синтетическое единство трансцендентальной апперцепции субъекта».*

4. **Правило минимальности.** В определяющей части следует указывать только существенные признаки имени.

5. **Правило неотрицательности.** Определение, по возможности, не должно содержать отрицательных признаков.

Слово «по возможности» указывает на то, что иногда нельзя избежать использования отрицательных признаков в определяющем выражении. Например, *«Параллельными называются такие линии, которые не пересекаются, сколько бы их ни продолжали».*

В рассуждении важно, чтобы одни и те же имена имели не только одинаковое содержание, но и объем. **Объем имени** – это множество предметов, мыслимых в имени. Особо выделяется требование соблюдать постоянство объема обсуждаемого имени тогда, когда по каким-либо причинам его нельзя определить.

В исследовательской деятельности анализ объема имени позволяет выявить существенные признаки предмета, выделить его классы и систематизировать их. Такого рода мыслительные операции называются **делением**.

Выполняя логическое деление следует соблюдать нижеперечисленные правила.

1. *Деление должно быть соразмерным*, т. е. объем делимого имени должен быть равен сумме объемов членов деления. Нарушение этого правила приводит к логическим ошибкам: а) неполное деление, пропуск некоторых членов деления; б) деление с лишними членами (указываются члены деления, не входящие в объем делимого имени).

2. *Деление должно производиться только по одному основанию*, т. е. на протяжении всего деления избранный его основанием признак должен оставаться неизменным. Отступление от этого правила ведет к погрешности, которая называется *смешением оснований*. Это правило нарушится, если, например, договоры разделить на срочные, бессрочные, письменные и устные.

3. *Члены деления должны исключать друг друга*. Соблюдение второго правила с необходимостью приводит к третьему, а члены деления будут находиться в отношении соподчинения.

4. *Деление должно быть непрерывным*, т. е. в процессе деления родового имени нужно переходить к его ближайшим видам, не про-

пуская их. Нарушение этого правила ведет к ошибке, называемой «скачок в делении».

Особая роль в научном познании отводится *классификации*, которая является многоступенчатым делением на основе существенных признаков.

Следует обратить внимание на то, что *закон тождества позволяет в процессе исследования осуществлять не подмену, а замену предмета мысли*. Это означает переход от обсуждения одной проблемы к другой. При этом переход к другому вопросу не должен подменять содержание предыдущего. Закон тождества не требует, чтобы мир оставался застывшим, неизменным. Содержание любых мыслей может и должно меняться в связи с изменением тех предметов и явлений, которые они отражают. В процессе рассуждения раскрываются новые стороны, более существенные свойства вещей. Мысль о предмете выражается *высказыванием*. Это форма мысли, в которой что-либо утверждается или отрицается, и которая вследствие этого обладает свойством быть истинным или ложным. Мысль о предмете должна меняться, если изменяется предмет, который в ней отражается. Она изменяется и тогда, когда глубже познаем этот же предмет. Таким образом, закон тождества не запрещает изменения в рассуждении имени или высказывании. Он запрещает только менять их произвольно и беспричинно. Как правило, высказывание оформляется повествовательным предложением.

*Закон противоречия: два несовместимых друг с другом высказывания об одном и том же предмете, в одно и то же время и в одном и том же отношении не могут быть одновременно истинными, по крайней мере одно из них обязательно ложно.* Требование закона противоречия выражает объективные свойства самих вещей. Как уже отмечалось, любой предмет качественно определен. Это означает, что присущие предмету свойства могут быть и не быть, принадлежать и не принадлежать ему в одно и то же время в одном и том же отношении. В противном случае предмет не был бы самим собою, потерял бы свою определенность и практическую значимость. Если в действительности каждый предмет не может одновременно иметь и не иметь одно и то же свойство, то и высказывание, если оно стремится быть истинным, своей логической формой должно отражать объективный порядок и связь вещей.



При этом необходимо иметь в виду, что закон противоречия распространяется не на все высказывания, а только на несовместимые. Несовместимость бывает двух видов: **противоположная** («Все металлы твердые» и «Все металлы мягкие») и **противоречащая** («Все металлы твердые» – «Некоторые металлы не твердые»). Данный закон только указывает на ложность несовместимых высказываний, но не позволяет определить оба или одно высказывание ложно. Это решается в процессе конкретного исследования и проверки на практике. Закон указывает также и на то, что из истинности одного из несовместимых высказываний с необходимостью следует ложность другого.

Римский философ Эпиктет так обосновал необходимость закона противоречия: *«Я хотел бы быть рабом человека, не признающего закона противоречия. Он велел бы мне подать себе вина, я дал бы ему уксуса или еще чего похуже. Он возмущился бы, стал бы кричать, что я даю ему не то, что он просил. А я сказал бы ему: «Ты ведь не признаешь закон противоречия, стало быть, что вино, уксус, что какая угодно гадость – все одно и то же».* Итак, из противоречия можно вывести все, что угодно.

Стремление видеть логические противоречия там, где их нет, ведет к неверному истолкованию закона. Например, нет противоречия в высказывании: *«Осень настала и еще не настала»*, подразумевающим, что хотя по календарю уже осень, а тепло, как летом.

Если в речи человека обнаружено противоречие, то такое рассуждение считается неправильным. При опровержении мнения оппонента такой метод называется *«приведение к абсурду»*.

Логические противоречия принципиально отличны от диалектических противоречий, являющихся противоречиями самих реальных предметов и представляющих собой внутренний источник развития как объективного мира, так и человеческого мышления. Это два разных типа противоречий, их смешение ведет к нарушению закона тождества.

Следует подчеркнуть, что закон противоречия не применим в тех случаях, когда неправомерна сама постановка вопроса и на него не может быть дан ответ. Например, *«Был ли король Франции альпинистом?»* Логически непротиворечивое рассуждение может оказаться ложным по содержанию, но истинное рассуждение никогда не может быть логически противоречивым по своей структуре. *Логиче-*

*ская непротиворечивость* является обязательным критерием любой научной теории.

**Закон исключенного третьего** гласит: *два противоречащих высказывания об одном и том же предмете, в одно и то же время и в одном и том же отношении, не могут быть вместе истинными или ложными*. Одно – необходимо истинно, а другое – ложно; третьего быть не может.

Реально такие связи образуются из следующих пар высказываний:

«Это  $S$  есть  $P$ » и «Это  $S$  не есть  $P$ ».

«Все  $S$  есть  $P$ » и «Некоторые  $S$  не есть  $P$ ».

«Ни одно  $S$  не есть  $P$ » и «Некоторые  $S$  есть  $P$ ».

« $S$ » – это *субъект* высказывания, он выражает предмет мысли. « $P$ » – это *предикат* высказывания, в нем отображается свойство предмета мысли. Рассматриваемый закон, как и закон противоречия, справедлив и для сложных высказываний. **Сложные высказывания** образуются из простых с помощью логических союзов. Важнейшие из них – **отрицание** (не « $p$ »; неверно, что « $p$ »), **конъюнкция** (« $p$ » и « $q$ »), **дизъюнкция** (слабая: « $p$ » или « $q$ »; сильная: либо « $p$ », либо « $q$ »), **импликация** (если « $p$ », то « $q$ »), **эквиваленция** (« $p$ » только тогда, когда « $q$ »).

Закон противоречия и закон исключенного третьего выражают *непротиворечивость* и *последовательность* мышления. Из закона исключенного третьего вытекает важное требование речи: нельзя уклоняться от признания истинным одного из двух противоречащих друг другу высказываний и искать нечто третье между ними. Если одно из них признано ложным, то другое надо непременно признать истинным.

Однако этот закон не решает и не может решить, какое из двух противоречащих высказываний истинно. Этот вопрос решается в процессе познания. В ходе конкретного анализа и при помощи практики устанавливается соответствие или несоответствие высказывания объективной действительности. Закон исключенного третьего только ограничивает круг исследования истины двумя взаимоисключающими альтернативами и способствует формально правильному разрешению возникшего противоречия. Именно поэтому для установления истинности, например, общего утверждения о чем-либо не всегда нужна (часто она просто невозможна) проверка всего круга явлений. В этом случае достаточно привести частноотри-

цательное высказывание, чтобы опровергнуть общее утверждение и таким образом найти правильный ответ.

Объективным основанием закона исключенного третьего является качественная определенность предметов, относительная устойчивость их свойств. Отражая эту сторону действительности, закон утверждает, что у предмета не могут одновременно отсутствовать оба противоречащих признака: отсутствие одного из них закономерно предполагает наличие другого.

Итак, закон исключенного третьего кажется самоочевидным. Немецкий математик и логик Д. Гильберт утверждал, что *«отнять у математиков закон исключенного третьего – это то же самое, что забрать у астрономов телескоп или запретить боксерам пользоваться кулаками»*. И тем не менее в современной логике имеются системы, в которых этот закон не учитывается. Дело в том, что закон исключенного третьего относится к жестко фиксированным ситуациям, он применим там, где возможно четкое решение и недвусмысленный ответ – «да» или «нет». Однако реальность часто далека от четкости и ясности. Предметы могут находиться в процессе становления, знания о них могут быть ограниченными и т. п. С такого рода ситуацией нередко сталкиваются социологи во время опросов, и к ответам типа «да», «нет» они добавляют варианты: «не знаю», «не могу ответить» и т. п. В подобных ситуациях этот закон неприменим. Но там, где есть определенность и ясность, его соблюдение необходимо.

Логический закон, регулирующий речевую деятельность в плане аргументированности, доказательности, получил **название закона достаточного основания**. Согласно этому закону, *достоверными могут считаться лишь те высказывания, в пользу истинности которых имеются достаточные основания*.

Высказывание, которое обосновывается, называется **тезисом**. Он является главным элементом аргументации. **Аргументами** (доводами, основаниями) называются высказывания, которые используются при обосновании тезиса. Логическая связь между аргументами и тезисом называется **демонстрацией**. Она, как правило, не представляется в явном виде. Поэтому требуются усилия для того, чтобы во множестве речевых выражений установить элементы демонстрации и связи между ними.

Закон достаточного основания требует обоснованности всякого положения, но он не может указать, каким должно быть конкретное содержание данного основания. Это определяется прежде всего видом аргументации.

Критерии видов аргументации:

1) *характер аргумента*, выражающего достоверное или гипотетическое знание: доказательство, опровержение, объяснение, подтверждение;

2) *специфика демонстрации*: дедуктивная (тезис с необходимостью вытекает из аргументов, его истинность гарантируется), недедуктивная (тезис частично подтверждается аргументами, имеет вероятностный характер);

3) *цель*: научная (достижение истины), деловая (нахождение взаимоприемлемого решения); полемика – спор ради победы;

4) *форма ведения*: спокойный обмен мнениями (доклад, лекция, беседа); спор (дискуссия, ссора).

В зависимости от вида аргументации основанием могут служить знания, факты, личный опыт и т. п.

Логической обоснованности большое значение придается в научной деятельности. В науке аргументами могут быть только: *во-первых*, высказывания об удостоверенных *фактах*. Это знания о событиях или явлениях, установленные с помощью непосредственного восприятия или опытно-экспериментального изучения предмета науки. *Во-вторых, определения* – это высказывания, раскрывающие основное содержание имени. Поэтому они являются истинными. *В-третьих, аксиомы* – положения, не доказываемые в науке, но принимаемые за истинные при обосновании других ее положений. Их истинность подтверждена многовековой практикой. Аксиоматический характер имеют некоторые положения математики, механики, физики, логики и т. п. *В-четвертых*, доказанные ранее положения науки – *теоремы* и *законы*.

Закон достаточного основания несовместим с предрассудками и суевериями, которые строятся по форме «*после этого – значит по причине этого*». Эта логическая ошибка возникает и в случаях, когда причинная связь смешивается с простой последовательностью во времени, когда предшествующее явление принимается за его причину. Однако последовательность событий еще не говорит об их

причинной связи. Одно явление может предшествовать другому, но не быть его причиной, например, смена дня и ночи.

Таким образом, научное исследование может быть представлено как более или менее сложная цепь связанных друг с другом высказываний, в котором каждое предыдущее выступает достаточным основанием для следующего.

Соблюдение требований основных логических законов и правил является необходимым гарантом истинности рассуждений квалифицированного специалиста.

### 3.2. Логические методы обоснования научных знаний

Существует несколько методов обоснования знаний. Важнейшими из них являются доказательство, опровержение, подтверждение, возражение, объяснение, интерпретация.

**Доказательство** – логическая процедура, при которой истинность тезиса логически выводится из аргументов, истинность которых уже установлена. Доказательство широко используется в науке при исследовании объектов, их свойств и отношений, познания которых исключает эмпирические процедуры. Например, американский астроном Ловелл рассчитал орбиту неизвестной планеты, которая была обнаружена через 14 лет и названа Плутоном.

Доказательство по способу осуществления бывает прямым или косвенным.

*Прямым* называется доказательство, при котором тезис следует из найденных аргументов. *Косвенным* – доказательство, при котором истинность тезиса следует из устанавливаемой ложности высказывания (высказываний), находящегося в определенной связи с тезисом. Наиболее распространенными видами косвенного доказательства являются апагогическое и разделительное.

При *апагогическом доказательстве* устанавливается истинность тезиса посредством определения ложности противоречащего ему положения, т. е. *антитезиса*. В математических науках апагогическое доказательство называется «доказательством от противного» (название неточное, так как истинность доказываемого тезиса выводится из ложности не противного, а противоречащего ему высказывания).

Общая форма апагогического доказательства выглядит следующим образом. Необходимо доказать тезис *A*. Допустим, что истинен

антитезис не- $A$ ; из него в качестве следствия получаем некоторое высказывание  $B$ . Устанавливаем, что  $B$  противоречит истинности ранее доказанного высказывания, следовательно, является ложным; из ложности следствия  $B$  заключаем о ложности его основания, т. е. антитезиса не- $A$ . На основании закона исключенного третьего из ложности не- $A$  делаем вывод об истинности высказывания  $A$ , что и было целью доказательства.

При *разделительном доказательстве* устанавливается ложность всех членов разделительного (дизъюнктивного) высказывания, кроме одного, являющегося доказываемым тезисом. Если, например, установлено, что имело место преступление, которое могли совершить только лица  $A, B, C$ , и если, кроме того, установлено, что ни  $B$ , ни  $C$  не совершили его, то тем самым доказано, что преступление совершило лицо  $A$ .

*Опровержение* устанавливает ложность тезиса некоторого высказывания. Оно является частным случаем доказательства, так как представляет собой процесс обоснования истинности отрицания исходного высказывания.

Существует три способа опровержения:

- 1) опровержение тезиса (прямое и косвенное);
- 2) аргументов;
- 3) демонстрации.

При *прямом опровержении* тезиса сначала делается допущение об истинности опровергаемого тезиса и из него выводятся следствия. Если хотя бы одно из следствий не соответствует действительности, т. е. является ложным, то ложным будет и опровергаемый тезис. Опровержение с помощью установления ложности следствий, вытекающих из тезиса, известно под названием «сведение к абсурду».

При *косвенном опровержении* тезиса доказываемая истинность антитезиса. По закону противоречия истинность последнего означает ложность тезиса.

*Опровержение аргументов* выражается в том, что указывает на ложность или несостоятельность оснований. Ложность аргументов не означает ложности тезиса.

*Опровержение демонстрации* заключается в том, что оно указывает на нарушение правил умозаключений, по которым строится доказательство тезиса. Но это не означает, что опровергается сам тезис. Имеется немало примеров, когда истинное суждение счита-

лось строго доказанным, хотя со временем в доказательстве находились ошибки.

Перечисленные способы опровержения тезиса, аргументов, демонстрации часто применяются не изолированно, а в сочетании друг с другом. С помощью опровержения наука освобождается от ложных утверждений и заблуждений.

В науке и практике наряду с доказательствами и опровержениями широкое применение находит такая разновидность обоснования знаний, как **подтверждение**. Оно играет особую роль в случаях, когда ученый формулирует гипотезы, т. е. положения, истинность которых еще в должной мере не установлена и отсутствуют достаточные аргументы для их принятия.

Если при доказательстве достигается полное обоснование истинности некоторого высказывания, то при подтверждении – частичное. Высказывание *B* подтверждает гипотезу *A*, если и только если *B* есть истинное следствие *A*.

Таким образом, при подтверждении тезиса: а) в качестве аргументов выступают его следствия; б) демонстрация не носит необходимого (дедуктивного) характера.

Если подтверждение служит усилению некоторого тезиса в плане его истинности, то **возражение** направлено на его ослабление. Можно различать два вида возражений: прямое и косвенное. При прямом возражении недостатки тезиса выявляют непосредственным его рассмотрением. При этом, например, приводят истинный антитезис, и тогда возражение против тезиса тождественно его опровержению. Это наиболее сильный случай возражения. В иных случаях используют антитезис, который недостаточно обоснован или обладает определенной степенью вероятности. Самая слабая форма прямого возражения – обращение к мнению или вере как объективно недостоверным источникам признания истинности.

Косвенное возражение направлено не против самого тезиса, а против приводимых в его обоснование аргументов или логической формы его связи с аргументами (демонстрации).

**Объяснить** некоторое явление – значит указать, следствием какой причины оно является, или раскрыть его существенные характеристики. В качестве аргументов при объяснении выступают законы или их совокупности (научные теории), а также положения о причинах тех или иных явлений. Как и при доказательстве, демонстра-

ция в объяснении носит дедуктивный характер, но в отличие от доказательства истинность тезиса объяснения уже заранее известна.

Под *интерпретацией* в логике понимается приписывание некоторого содержательного смысла или значения символам и формулам формальной системы. В результате формальная система превращается в язык, описывающий ту или иную предметную область. Сама область, как и значения, приписываемые символам и формулам, также называется интерпретацией. Формальная теория не обоснована, пока не имеет интерпретации. Может наделяться иным смыслом и потому по-новому интерпретироваться ранее выработанная содержательная теория.

Логической основой интерпретации выступают отношения изоморфизма и гомоморфизма между обосновываемой системой и ее моделью.

## Раздел 4. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

### 4.1. Методы эмпирического исследования

**Наблюдение** – это преднамеренное, направленное восприятие, имеющее цель выявить существующие свойства и отношения объекта познания. Оно может быть непосредственным и опосредованным приборами. Наблюдение приобретает научное значение, когда оно в соответствии с исследовательской программой позволяет отобразить объекты с наибольшей точностью и может быть многократно повторено при варьировании условий.

Наблюдения можно разделить на случайные и систематические. Научные наблюдения всегда систематические. В них обязательно конструируется исследуемая ситуация. Случайные наблюдения – это наблюдения в условиях, когда изучаемый объект не выявлен, а регистрируется только конечный результат взаимодействия. Такое наблюдение может стать причиной исследования, которое должно стать впоследствии систематическим.

**Эксперимент** – это метод, с помощью которого объект или воспроизводится искусственно, или ставится в заданные условия, отвечающие целям исследования. В ходе эксперимента исследователь активно вмешивается в исследовательский процесс. Эксперимент – высшая форма эмпирического исследования. Он нередко позволяет изучать сущностные характеристики явления. Важнейшее требова-



ние к эксперименту – чистота его проведения, для достижения которой исследуемый объект должен быть максимально изолирован от внешних влияний. Затем на него воздействуют контролируемые факторами. Число таких факторов конечно, и поэтому в границах эксперимента перед исследователем открывается возможность описания любого состояния объекта в прошлом и будущем.

Эксперимент, как правило, не проводится без наблюдений и измерений, поэтому он должен отвечать их методическим требованиям.

Научный эксперимент делится:

- на реальный, т. е. работает с реальными объектами;
- мысленный, т. е. формализованный, идеализированный;
- компьютерный.

**Измерение** – метод, с помощью которого получают количественную информацию об объектах в соответствии с эталонными мерами. Простое наблюдение дает информацию о качественных особенностях объекта, а измерение характеризует его количественную сторону. Погрешность метода связана с приборами. Постулат о неизбежности погрешностей лежит в основе метрологии – науки об измерении. В соответствии с этим постулатом любые измерения должны сопровождаться оценкой погрешности результатов.

Наиболее широкое применение измерение нашло в технических науках, а с 20–30-х годов XX века вошло в употребление в социальных исследованиях.

В ходе наблюдений и экспериментов осуществляется **описание**, протоколирование. Основное научное требование к описанию – его достоверность, точность воспроизведения данных наблюдений и экспериментов.

С помощью описания чувственная информация переводится на язык понятий, знаков, схем, рисунков, графиков и цифр, принимая тем самым форму, удобную для систематизации, классификации и обобщения.

## 4.2. Методы теоретического исследования

**Идеализация** – мысленное конструирование объектов, которые в действительности не существуют, но широко используются в научном познании. Например, абсолютно твердое тело, точка, линия, абсолютно черное тело, точечный электрический заряд и т. д.

Суть идеализации:

- 1) лишить реальные объекты некоторых присущих им свойств;
- 2) мысленно наделить эти объекты определенными нереальными, гипотетическими, практически неосуществимыми свойствами.

С помощью идеализации исключаются свойства и отношения объектов, которые затемняют сущность изучаемого процесса. Использование идеальных объектов в научных исследованиях значительно упрощает сложные системы, что позволяет применять математические методы исследования.

Идеализация, как и всякий научный метод, имеет свои границы в познании. Относительность ее проявляется в том, что:

- 1) идеализированные представления могут уточняться, заменяться новыми;

- 2) каждая идеализация создается для решения определенных задач.

Так, из физики Эйнштейна исключены ньютоновские идеализации «абсолютное пространство» и «абсолютное время».

**Формализация** – приписывание символам или их системам определенных значений. Формализованные языки отличаются строгостью, четкостью, а их выводы – доказательностью.

Данный метод позволяет строить знаковые модели объектов, а изучение реальных предметов и процессов заменять исследованием этих моделей. Эффективность формализации определяется тем, насколько правильно выявлено главное в содержании объекта и удачно схвачена его сущность.

**Аксиоматический метод** широко используется при построении теории математики, математической логики и иных математизированных наук.

Суть метода: ряд утверждений принимается без доказательства, а все остальное знание выводится из них по определенным логическим правилам. Принимаемые без доказательства положения называются аксиомами, а выводное знание фиксируется в виде теорем и законов.

К аксиоматически построенной системе знаний предъявляется ряд требований: непротиворечивость, полнота, независимость.

Аксиоматически построенная теория истинна, когда истинны как аксиомы, так и правила, по которым получены все остальные утверждения теории. В этом случае теория верно отображает действительность.

**Гипотетико-дедуктивный метод** – это метод научного исследова-

дования, опирающийся на выведение следствий из посылок, истинностные значения которых неизвестны. Метод используется в три этапа:

- 1) выдвижение некоторой гипотезы;
- 2) выведение следствий из этой гипотезы;
- 3) проверка полученных следствий с точки зрения их истинности или ложности.

Наиболее трудный этап – выдвижение исходной гипотезы. Ориентиром выдвижения выступает решаемая проблема, а также ход развития научного знания.

Если какие-либо следствия из гипотезы оказываются ложными, то исходная гипотеза отбрасывается или подвергается корректировке. Истинность следствия является необходимым, но не достаточным условием истинности соответствующих гипотез.

При истинности следствий проверка истинности гипотезы может осуществляться путем выведения гипотезы из других посылок, истинность которых уже установлена, или путем опровержения всех альтернативных гипотез, или путем опытной проверки на эмпирическом уровне познания.

**Математическая гипотеза** является видом гипотетико-дедуктивного метода. На первом этапе методом математической гипотезы создается математическое уравнение, представляющее модификацию ранее известных и проверяемых соотношений. Следующие этапы аналогичны этапам гипотетико-дедуктивного метода.

**Компьютерное моделирование** – вид моделирования, который основывается на ранее созданной математической модели изучаемого объекта и применяется при больших объемах вычислений. Путем расчетов на компьютере различных вариантов изменений объекта ведется накопление фактов, что позволяет произвести отбор наиболее реальных и вероятных ситуаций. Активное использование данного метода дает возможность резко сократить сроки научных и конструкторских разработок.

Наряду с компьютерным моделированием в научном исследовании активно применяется **физическое моделирование**. Оно характеризуется физическим подобием модели и оригинала и имеет цель воспроизвести в модели процессы, свойственные оригиналу. По результатам исследования физических свойств модели судят об явлениях, происходящих в натуральных условиях. Физическое модели-

рование широко используется для разработки и экспериментально-го изучения различных сооружений, машин и т. д.

Символические (знаковые) модели разнообразных топологических и графовых представлений (в виде графиков, номограмм, схем и т. д.) исследуемых объектов являются **знаковым моделированием**. Видом данного метода является математическое моделирование. Символически язык математики позволяет выражать свойства стороны отношения объектов различной природы. Взаимосвязи между величинами, описывающими функционирование таких объектов могут быть представлены соответствующими уравнениями и их системами.

Метод моделирования непрерывно развивается: на смену одним типам моделей по мере прогресса науки приходят другие. В то же время неизменным остается важность, актуальность, а иногда и незаменимость моделирования как научного метода познания.

**Метод единства исторического и логического** базируется на взаимосвязи изучения исторической эволюции объекта и логической системы понятий, которая направляет поисковый процесс.

#### 4.3. Системный метод научного исследования

В XX веке проблема соотношения части и целого решалась в рамках методологического направления, получившего название системного метода.

**Система** – совокупность элементов или частей, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образуя нечто целое.

Принципы системного метода:

- 1) выявление зависимости каждого элемента от его места и функций в системе с учетом того, что свойства целого несводимы к сумме свойств его элементов;
- 2) анализ того, насколько поведение системы обусловлено как особенностями ее отдельных, элементов, так и свойствами ее структур;
- 3) исследование механизма взаимодействия системы и среды;
- 4) изучение характера иерархичности, присущего данной системе;
- 5) обеспечение всестороннего многоаспектного описания системы;
- 6) рассмотрение системы как динамичной, развивающейся целостности.

Известны две концепции системного метода – редукционизм и холизм.

Редукционизм опирается на следующий тезис: свойства целого объяснимы через свойства составляющих его элементов. Холизм отрицает этот тезис и утверждает, что *нельзя без потерь анализировать целое с точки зрения его частей*. Это часто формулируется так: целое больше суммы своих частей.

Оба подхода вполне допустимы на определенном этапе научного исследования. С одной стороны, можно спуститься на более низкий уровень и изучать свойства компонентов, не принимая во внимание их системные взаимосвязи. С другой стороны, можно, не обращая внимания на структуру компонентов, исследовать их поведение только с точки зрения их вклада в поведение большей единицы.

Решение проблемы соотношения части и целого состоит в признании того, что целое является качественно новым образованием. Оно характеризуется свойствами, не присущими отдельным частям (элементам), но возникающими в результате их взаимодействия. И поскольку нет части вне целого (в таком случае они просто элементы), как и целого без (до) части, то познание целого и части осуществляется одновременно. Выделяя части, анализируем их как компоненты данного целого. В результате последующего синтеза целое выступает как диалектически расчлененное, состоящее из частей.

В становлении системного подхода велика роль экономиста, философа, политического деятеля и естествоиспытателя А.А. Богданова (1873–1928). Он выдвинул ряд тезисов, предвосхитивших некоторые положения общей теории систем и кибернетики, например:

а) системное свойство есть нечто большее, чем сумма свойств элементов, составляющих данную систему;

б) неподвижные, неизменяющиеся системы разрушаются, сохранение системы возможно только в процессе ее движения, изменения, развития;

в) разрушение систем начинается с их слабых звеньев, а такими чаще всего бывают позднее возникшие фрагменты системы;

г) относительную устойчивость систем поддерживают обратные связи;

д) эта устойчивость обеспечивается подвижным равновесием с внешней средой через обмен веществом и энергией;

е) в познании структур большую роль играет метод широких аналогий между предметами ведения самых разных наук.

Предпосылкой формирования системного подхода явился переход к решению задач, связанных с освоением сложных, развивающихся объектов, границы и состав которых далеко не очевидны и требуют специального исследования в каждом отдельном случае. К наиболее сложным системам относятся целенаправленные системы, поведение которых подчинено достижению определенных целей, и самоорганизующиеся системы, способные в процессе функционирования видоизменять свою *структуру*, т. е. сеть связей и отношений, которая остается относительно постоянной независимо от воздействий на систему.

Философские аспекты системного подхода выражаются в принципе системности, содержание которого раскрывается в понятиях целостности, структурности, взаимозависимости системы и среды, иерархичности, множественности описания каждой системы и др.

Понятие *целостности* отображает принципиальную несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов и выводимость из последних свойств целого и вместе с тем зависимость каждого элемента, свойства и отношения системы от его места, функций и т. д. внутри целого. В понятии *структурности* фиксируется тот факт, что поведение системы обусловлено не столько поведением ее отдельных элементов, сколько свойствами ее структуры и что существует возможность описания системы через установление ее структуры. Взаимозависимость системы и среды означает, что система формирует и проявляет свои свойства в постоянном взаимодействии со средой, оставаясь при этом ведущим активным компонентом взаимодействия. Понятие иерархичности ориентирует на то, что каждый элемент системы может рассматриваться как система, а исследуемая в данном случае система является одним из элементов более широкой системы. Возможность множественности описаний систем существует в силу принципиальной сложности каждой из них, вследствие чего ее адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определенный ее аспект.

При системном подходе индивидуальные, отдельные объекты рассматриваются как элементы определенных систем, т. е. их бытие и свойства ставятся в зависимость от других элементов этих систем. В то же время исследование объектов включает в себя и знание того, какие системы могут образовывать эти объекты и какое влияние они оказывают на жизнедеятельность таких систем.

## Раздел 5. НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

### 5.1. Принципы организаций научной школы

В современном обществе наука выступает как один из социальных институтов. Он упорядочивается и организуется как взаимодействие между учеными, так и с другими сферами жизни общества. Институализация науки – это одновременно и результат происходивших ранее исторических процессов, и длительный процесс наших дней.

XX век – время бурного развития естественных и технических наук. На динамику этого процесса оказал влияние такой социокультурный фактор, как превращение науки в качестве социального института в форму познавательной деятельности научных сообществ и школ. Переплетение различных линий исследования способствовало интенсификации научного поиска, а широкий обмен научной информацией, открытия ученых, работающих в одном проблемном поле, обусловило остроту споров и резкое ускорение развития науки. Одна из важнейших особенностей современных научных исследований – их коллективный характер. Научные исследования могут быть успешными, когда они опираются на деятельность научных сообществ, когда складываются научные центры исследований и научные школы. Для развития любой отрасли знаний нужна соответствующая интеллектуальная среда. Возникает новая романтика – романтика коллективной работы (А.Б. Мигдал).

Феномен научной школы и структура научного сообщества становятся предметом изучения ряда дисциплин: философии и методологии науки, социологии науки, педагогики и т. д. (А.Н. Антонов, И.А. Аршавский, Б.М. Кедров, Т. Кун, И. Лакатос, К.А. Ланге, Д. Прайс, Н.Н. Семенов, С.Д. Хайтун, Г. Штейнер и др.).

*Научное сообщество* – группа ученых, работающих в одной предметной или проблемной области и связанных между собой системой научных коммуникаций. В более широком смысле термин «научное сообщество» применяется при выделении различных уровней: профессиональное сообщество ученых в целом, дисциплинарное сообщество физиков, биологов и т. д. В социологию

науки данное понятие ввел Поланьи. Он использовал его для характеристики спонтанно возникающей структуры научного труда, отвечающей особенностям и содержанию научной деятельности. Понятие «научное сообщество» используется и в концепции Куна. Он рассматривал нормальную науку как парадигму, принятую научным сообществом. Разновидностью научного сообщества является «невидимый колледж» – группа ученых, находящихся в непосредственных и неформальных контактах. Они ориентированы на решение совокупности проблем в рамках общей исследовательской программы. На вершине пирамиды данного научного сообщества находится не один признанный лидер, а группа ведущих ученых. Неофициальные организации этого типа существуют во всех отраслях науки, которые насчитывают десятки тысяч ученых. В философию понятие «невидимый колледж» ввел Д. Бернал, впоследствии оно разрабатывалось Прайсом и Крэйно.

*Научная школа* – один из типов научного сообщества, особая форма кооперации научной деятельности. Развитие многих направлений науки связано с деятельностью научных школ. Они являются таким социальным феноменом науки, который позволяет рассмотреть когнитивные и социальные характеристики научной деятельности в их единстве и взаимообусловленности.

Традиционным является подход к рассмотрению научной школы как исторически обусловленной формы организации научной деятельности группы исследователей, так как эта деятельность предполагает «производство» не только научных идей, но и «производство» ученых.

Школы в науке являются неперенным постоянно действующим фактором ее прогресса. В XX веке научные школы показали свою эффективность и в организации междисциплинарных исследований.

Научной школой считается сложившийся коллектив исследователей различных возрастных групп и научной квалификации, связанных проведением исследований по общему научному направлению, признанный научной общественностью и возглавляемый руководителем.

Образование научной школы – исследовательского коллектива – определяется моментом формирования группы ученых, реализующих исследовательскую программу.



Определяющими факторами функционирования научной школы являются:

- общность деятельности, общность объекта и предмета исследования, общность целевых установок, общность идейно-методическая, общность критериев оценки деятельности и ее результатов;

- наличие лидера – автора оригинальных идей и методов;

- проявление эффекта саморазвития, базирующегося на кооперативных принципах деятельности, постоянном обмене результатами, идеями и пр. как по горизонтали, внутри одного поколения, так и по вертикали, между учителями и учениками;

- оптимизация процесса обучения молодых ученых и воспроизводства научной культуры;

- беспорное публичное признание международного, национального, отраслевого, регионального научных сообществ.

Однако следует отметить сложность и неоднозначность феномена научной школы. Так, например, выделяются два основных типа научных школ: школа как научное течение и школа как научная группировка.

Научные школы как группировки характеризуются единством времени и места. В школах типа научного течения связи преимущественно опосредованные: научные статьи, монографии, журналы, конференции и т. д., но опять-таки на базе единых теоретических установок. Если объединяющим началом для школы как группировки является наличие лидера, то течение обходится и без него. Руководящую и управляющую функцию здесь выполняет научно-исследовательская программа.

Иногда основателями научных течений являются ученые, которые не имели собственных школ как группировок. Например, ни М. Планк, ни Д. Менделеев не имели прямых и близких учеников, но отмечены в истории науки как основатели крупных школ-течений, так как многие последователи развивали их идеи.

Основанием классификации научных школ рассматриваются:

- тип научно-исследовательской программы как неперменного атрибута научной школы;

- тип научной идеи, лежащей в основе исследовательской программы (А.Н. Антонов); в соответствии с этим, типы научных школ условно можно назвать экспериментальными и теоретическими;

– по широте исследуемой предметной области (И.Е. Тамм) выделяются узкопрофильные и широкопрофильные научные школы; в школе «узкого профиля» все члены школы работают над общей проблемой в том направлении, которое определил лидер (школы А.М. Бутлерова, Э. Резерфорда и т. д.); в школе «широкого» профиля выдвигаются фундаментальные идеи и используется несколько исследовательских программ, сменяющих друг друга или сосуществующих (в физике – школа Л.Д. Ландау, в биологии – школа Н.В. Тимофеева-Ресовского и т. д.);

– по функциональному назначению продуцируемых знаний научные школы делятся на фундаментальные и прикладные (практико-ориентированные); фундаментальные исследования научных школ направлены на разработку и развитие теоретических концепций и их результаты не всегда находят прямой выход в практику (школы А.М. Бутлерова, И.П. Павлова, Э. Резерфорда и т. д.); научные школы, проводящие прикладные исследования, решают в большей мере практические задачи или теоретические вопросы практического направления (научная школа И.В. Курчатова и др.);

– по уровню локализации научные школы условно разделяют на национальные, локальные или региональные;

– по степени институализации: научная школа, как правило, получает институальное оформление, когда новая идея и научное направление на ее основе, официально признаются большинством ученых данного профиля, является актуальной для развития теории или практики, а глава школы обладает значительным научным авторитетом, в связи с чем, получает возможность работать над интересующими его проблемами в рамках научно-исследовательских учреждений.

Таким образом, научные школы могут быть определены и классифицированы разными способами. И если одна классификация будет характеризовать их со стороны структуры, то другая – со стороны содержания, третья – со стороны продуктивности и результативности и т. д.

В наше время в качестве ведущих научных школ выступают всемирно признанные институты и университеты. Именно школы обеспечивают последовательность и преемственность познания, в ходе их деятельности вырабатываются новые методы исследований. Особое значение приобретает подготовка ученых в научных школах. Она имеет следующие особенности:

- системообразующим элементом является личность основателя школы;
- цель педагогической деятельности – обучение научному творчеству;
- процесс подготовки не оторван от будущей профессиональной научной деятельности;
- ученикам предоставляется свобода выбора темы исследования в рамках научно-исследовательской программы школы;
- индивидуализация подготовки сочетается с коллективным характером научно-исследовательской деятельности;
- результат подготовки – становление ученика как ученого и получение нового научного знания.

Таким образом, в научной школе объединяются процесс познания и процесс передачи знаний.

Подготовка ученых и включение их в исследовательскую деятельность происходит по-разному. Однако, считается необходимым знание о содержании исследования своих коллег по школе. Формами организации общения и взаимодействия в научных школах являются различного рода семинары и коллоквиумы, которые часто носят неформальный характер. Например, знаменитые павловские среды. Через них прошло не одно поколение его учеников. Дом Н. Бора сравнивали с греческой академией. Он был идеальным приютом для малых и больших дискуссионных групп. А.Ф. Иоффе ввел в качестве одного из непреложных правил коллективное проведение научных исследований, обсуждение задач и результатов работы, совместный разбор литературы. Большинство сотрудников Физико-технического института, директором которого был Иоффе, составляла молодежь, из-за чего нередко институт называли «детским садом», а его директора – «папой». Огромную роль в формировании молодых исследователей-ядерщиков сыграли знаменитые курчатовские семинары – внутренний и нейтронный. Внутренний семинар был организован для сотрудников курчатовских лабораторий в Физико-техническом и Радиевом институтах. Его посещали те, кто успешно решил знаменитую урановую проблему и создал атомное оружие. Главная тема этого семинара – изучение всех работ, выполненных по ядерной физике в английской школе Резерфорда и итальянской школе Ферми, т. е. главных школах ядерной физики

того времени. Нейтронный семинар И.В. Курчатова посвящался анализу и разработке экспериментальных и общезначимых идей в ядерной физике. Уделялось внимание как последним достижениям в своей научной области, так и в смежных областях научного знания.

Уникальной является деятельность Копенгагенской школы Н. Бора. Она сложилась на базе Института теоретической физики в Копенгагене. Роль института в сплочении и росте научных сил настолько велика, что по значимости в истории его часто сравнивают с академией Платона. Здесь происходило развитие ядерной физики в период между двумя мировыми войнами. Н. Бор создал крупнейшую международную школу физиков. Большинство создателей квантовой механики (Гейзенберг, Дирак, Шредингер и др.) в то или иное время там работали, их идеи выкристаллизовывались в продолжительных дискуссиях с Бором. Особую роль в становлении квантовой механики сыграли результаты фундаментальных открытий, полученные В. Гейзенбергом и Э. Шредингером, а затем их дополнение и развитие Н. Бором, М. Борном, П. Йорданом, П. Дираком, В. Паули и др. Отличительная особенность квантовой механики – корпускулярно-волновой дуализм. Главное открытие квантовой теории – вероятностное описание микромира. Волновая функция, описывающая поведение частиц – не физическое поле, а поле вероятности. В 1927 году В. Гейзенберг получил соотношение неопределенностей, Н. Бор сформулировал принцип дополнительности для квантово-механического описания микрообъектов. Он стал основополагающим в современной физике. В.Л. Фок отмечал, что аппарат квантовой механики допускает непротиворечивое толкование только на основе понятий относительности к средствам наблюдения и потенциальной возможности. Долгие годы продолжался спор Бора с Эйнштейном о физическом смысле квантовой механики и о справедливости принципа неопределенности. Его результат – новое понятие «физическая реальность». Статус фундаментального понятия оно получает после формирования Бором квантовой методологии. Введение этого понятия позволило обеспечить объективность описания и объяснения ранее неведомого человеку мира физических явлений.

Кроме копенгагенского подхода к интерпретации квантовой механики выделяются следующие: неоклассические, статистические, многомировые интерпретации и др.

## 5.2. Междисциплинарный статус научных школ

На основе синтеза базисных теорий релятивистской и квантовой исследовательских программ создается квантовая электродинамика (П. Дирак, Р. Фейнман, Ю. Швингер, С. Томонага), затем базисная абстрактная квантовая теория поля, а в 30-е годы – квантово-полевая исследовательская программа описания любых взаимодействий микрочастиц. Исследовательские работы в направлении развития квантово-полевого подхода привели в 70-е годы XX века к созданию квантово-полевой теории сильных взаимодействий (Х. Юкава, М. Гелл-Ман, Дж. Цвейг) и единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий (С. Вайнберг, А. Салам). На их базе формируется новая исследовательская программа, базисной теорией которой становится квантовая теория неабелевых локально-калибровочных полей с нарушением симметрии. Фундаментальной задачей современной физики является создание теории всех физических взаимодействий и частиц.

Толчком к объединению сил природы послужила теория электрослабого взаимодействия, описывающая электродинамические явления и все явления радиоактивных превращений. Предполагается, что объединение всех взаимодействий в «суперобъединение» позволит объяснить все физические явления с единой точки зрения. В этом смысле будущую теорию называют теорией Всего. Задача заключается в том, чтобы найти теорию, описывающую одновременно гравитацию, электродинамику, сильные и слабые взаимодействия. В настоящее время уже представлены модели «суперобъединения», связавшие в единое целое электрослабые и сильные взаимодействия. В их основе лежит гипотеза о том, что при сверхвысоких энергиях природа отличается высокой степенью симметрии, при которой практически исчезает разница между различными типами частиц. Другой способ решения задачи – введение пространства-времени с числом измерений больше четырех. На основе многомерной интерпретации взаимодействий разрабатываются различные модели жизни Вселенной. Ученые стремятся теоретически установить связь между элементарными частицами, вакуумом и гравитацией. Такая теория позволит объединить тяготение с другими силами природы: электромагнетизмом, слабым взаимодействием и хромодинамикой, т. е. теорией кварков, глюонов и ядерных сил. Одновременно возрастает шанс открытия новых частиц и полей.

Модели «суперобъединения» непосредственно связаны с проблемами космологии и космогонии, т. е. с возрастом и другими параметрами Вселенной. Развитие представлений о взаимодействии выражает теоретические стремления выявить связь между микро-, макро- и мегамирами.

Три экспериментальных открытия, основанные на квантовой теории, во многом определили научно-технический прогресс во второй половине XX века, привели к масштабным социальным изменениям, предопределили современное развитие общества. К ним относятся:

- открытие деления урана (О. Хан, Ф. Штрассман);
- создание транзистора (Д. Бардин, У. Браттейн, У. Шокли);
- открытие лазерно-мазерного принципа (Ч. Таунс США, Н.Г. Басов, А.М. Прохоров СССР).

Первые десятилетия XX века в экспериментальном отношении были отмечены, прежде всего, в области ядерной физики – исследование радиоактивности (Беккерель, Мария и Пьер Кюри), создание современной теории атомного ядра. Одно из важнейших открытий в этой области – открытие деления урана под воздействием нейтронного облучения (О. Хан и Ф. Штрассман). В 1939 году получены первые экспериментальные данные о распаде ядра на примерно равные части с выделением большого количества энергии. Этот процесс был назван делением ядра. В 1942 году удалось осуществить управляемое деление ядер в большом масштабе. Исследование взаимодействия нейтронов создали теоретическую основу для осуществления цепной реакции деления. Поиски путей осуществления цепной реакции деления поставили перед ядерной физикой важные экспериментальные и теоретические задачи. Их решение дало возможность получить одновременно новый источник энергии и создать атомную бомбу. В 1952 году был осуществлен ядерный (термоядерный) синтез. Это позволило создать еще более мощное оружие – водородную бомбу.

Быстрое развитие и успехи ядерной физики во многом определяются созданием ряда школ. Так, атомное оружие в СССР создается благодаря тому, что уже в 20–30-е годы XX века была сформирована отечественная школа физиков. Она возникла, прежде всего, благодаря А.Ф. Иоффе и его научной школе, из которой вышли десятки академиков. Данная школа решила для страны атомную, по-

лупроводниковую и многие другие проблемы. Иоффе один из первых понял, что дальнейший прогресс техники невозможен без развития физики полупроводников, полимеров и ядерной физики. В настоящее время в ФТИ развиваются исследования, поставленные еще самим Иоффе, по физике полупроводников и кристаллов, ядерной физике и теоретической. Были достигнуты успехи и в новых направлениях – физике плазмы, масс спектрометрии, квантовой электронике и голографии. Результат работы школы И.В. Курчатова, занимавшейся атомными проблемами, первая в мире атомная электростанция и т. д. В настоящее время исследования в области ядерной физики ведет Объединенный институт ядерных исследований (Дубна) и Европейская организация ядерных исследований (Женева). Так, Лаборатория теоретической физики (Дубна) поддерживает и развивает традиции научных школ выдающихся российских ученых и основателей лаборатории Д.И. Блохинцева, Н.Н. Боголюбова, М.А. Маркова. В настоящее время она функционирует как самостоятельный институт с широкой научной программой работ в таких областях теоретической физики как квантовая теория поля, физика элементарных частиц, ядерная физика, теория конденсированных сред, современная математическая физика. Лаборатория физики высоких энергий (ЛФВЭ) – исследовательский центр для проведения широкого круга актуальных работ по физике элементарных частиц и атомного ядра. В наше время сотрудники лаборатории совместно с американскими коллегами изучают структуру нуклонов и кварк-глюонную плазму, возникающую в месте столкновения частиц. Исследования проводятся на релятивистском коллайдере тяжелых ионов (RHIC). Коллайдер расположен в Брукхейвенской национальной лаборатории (Нью-Йорк). RHIC обладает уникальной возможностью сталкивать спин-поляризованные протоны. В экспериментах 2010 го-да впервые в мире были получены атомы *антигелия*. Большой адронный коллайдер (БАК) построен в научно-исследовательском центре Европейского совета ядерных исследований недалеко от Женевы. БАК является самой крупной экспериментальной установкой в мире. В осуществлении этого грандиозного проекта принимают участие более 10 000 ученых и инженеров из разных стран. Они поставили перед собой ряд задач, от решения которых зависит дальнейшее развитие физики и получение ею ответов на ряд во-просов. Например, как совместить общую теорию от-

носительности А. Эйнштейна, описывающую Вселенную на макроуровне и квантовую механику, описывающую материю на микроуровне. От этого зависит адекватность описания процессов, происходящих в черных дырах. Также предполагается достичь объединения теорий для описания всех четырех фундаментальных взаимодействий, т. е. преодолеть трудности в создании теории квантовой гравитации. В настоящее время для дальнейшего объединения фундаментальных взаимодействий в одной теории используются различные подходы: теория струн, получившая свое развитие в М-теории (теории бран), теория супергравитации, петлевая квантовая гравитация и др. Однако ни у одной из них нет экспериментального подтверждения. БАК позволит провести эксперименты, которые ранее были невозможны и, вероятно, подтвердит или опровергнет часть этих теорий. Одной из основных целей проекта является экспериментальное доказательство существования бозона Хиггса – частицы, предсказанной шотландским физиком П. Хиггсом в 1960 году в рамках стандартной модели. Ученых прежде всего интересует хиггсовский механизм нарушения симметрии электрослабого взаимодействия. Возможно, именно изучение этого механизма натолкнуло на создание новой теории мира и т. д.

Создание транзистора – следствие бурного развития физики полупроводников, полупроводниковой технологии и радиолокации в годы Второй мировой войны. В 1947 году был продемонстрирован первый транзисторный усилитель – началась новая эра в электронике. Появляется широчайшая научно-техническая область, приведшая к огромным социальным изменениям в мире. Эта технология и физические открытия стали основой всей современной микроэлектроники.

Основатель крупнейшей современной научной школы – Жорес Алферов. Он один из создателей первых отечественных транзисторов, мощных германиевых выпрямителей, фотодиодов. Серия его фундаментальных работ стимулировала развитие физики полупроводниковых гетероструктур – нового направления, которое обнаружило огромные возможности для информационных технологий и полупроводниковой электроники. Алферов открыл явление сверхинжекции в гетероструктурах и показал, что в полупроводниковых гетероструктурах можно принципиально по-новому управлять электронными и световыми потоками. Создал так называемые «идеальные» полупроводниковые гетероструктуры. Его основные научные работы



посвящены физике полупроводников, полупроводниковой и квантовой электронике, различным разделам новейшей технической физики, в том числе развитию нанотехнологий. В развитии полупроводниковых преобразователей солнечной энергии академик Алферов видел один из основных путей решения глобальных проблем энергетики.

Открытие лазерно-мазерного принципа привело к стремительному развитию лазерной техники. Она стала мощным техническим и технологическим средством в медицине. В промышленном производстве лазеры осуществляют сварку и резку металлов. Сегодня лазер является могучим информационным средством. Полупроводниковые лазеры играют огромную роль в области информатики. Широкое признание в мире в области физики лазерных материалов получила научная школа БНТУ, возглавляемая доктором физико-математических наук Н.В. Кулешовым. Основные научные исследования школы направлены на разработку новых материалов для твердотельных лазеров с диодной накачкой на основе кристаллов с примесными центрами и т. д.

В 60–70-е годы XX века стала активно развиваться теория сложных самоорганизующихся систем, произошло концептуальное оформление синергетики. Вторжение идей и методов физики в анализ явлений самоорганизации определило становление новой парадигмы, нового видения мира. Оно базируется на таких понятиях и представлениях, как неустойчивость, неравновесность, нелинейность. Мир нелинейных самоорганизующихся систем гораздо богаче, чем закрытых, линейных систем. Вместе с тем «нелинейный мир» сложнее моделировать. Как правило, для (приближенного) решения большинства возникающих нелинейных уравнений требуется сочетание современных аналитических методов с вычислительными экспериментами. Общий теоретико-математический базис для объяснения явлений самоорганизации связан со становлением синергетики. Она открывает для точного, количественного, математического исследования такие стороны мира, как его нестабильность, многообразие путей изменения и развития, раскрывает условия существования и устойчивого развития сложных структур, позволяет моделировать катастрофические ситуации и т. п. Разработки физических концепций самоорганизации оказали влияние на всю структуру современной науки.

Выделяется несколько школ, в рамках которых развивается синергетический подход:

- Бельгийская школа диссипативных процессов (И. Пригожин);
- Немецкая школа лазерной физики (Г. Хакен);
- Российская школа нелинейной динамики (С.П. Курдюмов).

Научная школа Ильи Пригожина разрабатывала математическую теорию поведения диссипативных структур. Особенность системы состоит в том, что малые флуктуации (малые изменения начальных условий) возрастают в ней до макроскопического уровня. На этом пути возникают неустойчивости, приводящие к бифуркациям, т. е. к резким качественным изменениям состояния системы. Эти изменения имеют характер фазовых переходов. В диссипативной системе реализуется самоорганизация, самоупорядочение в пространстве и времени. Чем сложнее система, тем более многочисленны типы флуктуаций, угрожающих ее устойчивости.

Изучение неравновесных состояний позволило прийти к общим выводам относительно эволюции в неживой природе от хаоса к порядку. Было установлено, что способность к самоорганизации является общим свойством всех открытых систем, у которых возможен обмен энергией с окружающей средой. При этом именно неравновесность служит источником упорядоченности. Следует отметить, что системы, которые изучают исторические области физики – космология, геофизика, биофизика – открытые системы, далекие от равновесия.

В настоящее время основные представители этой школы работают в США. Они не пользуются термином «синергетика», а предпочитают называть разработанную ими методологию «теорией диссипативных структур».

Термин «*синергетика*» был введен Хакеном и происходит от греч. *synergetikos* – совместный, согласованно действующий. Хакен предложил рассматривать синергетику как теорию возникновения новых качеств на макроскопическом уровне. Он стал лидером новой школы. В 1973 году Хакен, профессор Института теоретической физики в Штутгарте, объединил большую группу ученых вокруг шпрингеровской серии книг по синергетике. В настоящее время издано 69 томов с широким спектром теоретических, прикладных и научно-популярных работ, основанных на методологии синергетики: от физики твердого тела и лазерной техники до биофизики и проблем искусственного интеллекта.

Представители Российской школы нелинейной динамики С.П. Курдюмова подвергают критике многие моменты концепции И. При-

гожина. Они стремятся дать более адекватное описание синергетических систем и процессов. С этой целью используются новые научные данные, результаты новых экспериментов, математические выкладки, теоретические рассуждения. А. Самарский, создатель теории операторно-разностных схем, общей теории устойчивости разностных схем совместно с академиком А.Н. Тихоновым разрабатывал численные методы и ввел первые в СССР прямые расчеты мощности взрыва атомной, а позже – водородной бомбы, хорошо совпавшие с испытаниями. В этих работах были заложены основы математического моделирования и созданы важнейшие принципы конструирования и обоснования разностных схем и параллельных вычислений.

Методами синергетики смоделированы многие сложные самоорганизующиеся системы: от морфогенеза в биологии и некоторых аспектов функционирования мозга до флаттера крыла самолета, от молекулярной физики и автоколебательных процессов в химии до эволюции звезд и космологических процессов, от электронных приборов до формирования общественного мнения и демографических процессов. В настоящее время научные школы в области естественных и технических наук, используя метод синергетики, вносят свой вклад в науку: «Ведущая научная школа РФ по радиофизике и нелинейной динамике» (В.С. Анищенко), «Волновая динамика дисперсных и неоднородных сплошных сред» (А.Г. Кутушев) и др. В технических науках: «Расчет трехмерных инженерных конструкций на основе метода конечных элементов с учетом физической нелинейности» (В.И. Лебедев), «Разработка технологии математического моделирования сложных систем и процессов в условиях неопределенности в исходной информации» (С.И. Носков), «Надежность и безопасность сложных динамических систем» (А.Н. Остриков) и др.

Огромные успехи достигнуты современной космологией и астрофизикой: открытие расширения Вселенной (нестационарности), обнаружение радиогалактик, квазаров, теплового реликтового излучения и др.

Одна из основных задач космологии заключается в разработке моделей Вселенной. Можно выделить два основных направления: классическое и неклассическое (бюраканское). Сообщество космологов признает факт наблюдаемого удаления галактик, их эволюции, наблюдений реликтового излучения и т. д. Существование в прошлом плотной горячей фазы, а тем самым «большого взрыва», в фи-

зическом понимании этого термина не вызывает сомнения. Наиболее широкое распространение в современной астрономии получили так называемые классические взгляды, согласно которым галактики и звезды образуются из диффузного вещества в результате его конденсации. При этом считается, что для объяснения процессов образования и эволюции звезд и галактик не нужно выходить за пределы уже известных физических законов. Астрономическая основа «бюраканской» концепции (В.А. Амбрацуман) сводится к гипотезе, согласно которой эволюционные процессы во Вселенной протекают не от более разряженных состояний к более плотным, а наоборот – от плотных или даже сверхплотных состояний к более рассеянным. Предполагается, что космические объекты на разных уровнях структурной иерархии во Вселенной возникают в ходе последовательной фрагментации плотного или сверхплотного вещества. Объяснить эти процессы исходя из известных законов физики невозможно. Успехи радио- и инфракрасной астрономии в сочетании с теоретическим анализом дают все больше доказательств в пользу классической теории образования звезд из диффузного вещества.

В 80-е годы в связи с развитием квантовой космологии приобретает популярность многомировая интерпретация квантовой механики. Предполагается, что все микро- и макроскопические объекты, включая людей с их сознанием, подчиняются законам квантовой механики и описываются волновой функцией. При этом волновая функция выступает как реальный объект, эволюционирующий во времени в соответствии с уравнением Шредингера.

XX век – время великих открытий в биологии: становление генетики, молекулярной биологии, новых концепций возникновения жизни и т. д. Анализ естественно-научных революций в биологии показывает роль и значение научных сообществ и школ. Так, различные линии исследования, обмен научной информацией, дискуссии, международные исследовательские программы способствовали резкому ускорению развития биологии.

Происходит «переоткрытие» менделеевских закономерностей дискретной наследственности (Де Фриз, К. Корренс, Э. Чермак). Начинается развитие генетики как самостоятельной биологической дисциплины, исследующей закономерности наследственной изменчивости организмов. Формулируются понятия о генотипе и фенотипе (В.Л. Иогансон), наследственной и ненаследственной изменчивости,

понятие о гене как элементарной единице, контролирующей развитие признаков.

Работы Т.Г. Моргана и его школы положили начало синтезу генетики с цитологией, в результате чего возникла цитогенетика. Цитогенетика исходит из материальности генов, которые локализованы в хромосомах. Этот факт послужил основой для развития хромосомной теории наследственности, важнейшие положения которой были сформулированы в 20-х годах XX века.

Развитие советской генетики связано с именами Н.И. Вавилова, Н.К. Кольцова, А.А. Серебровского, С.С. Четверикова и др. Созданные ими школы, их личный вклад и работы их учеников вывели советскую генетику на рубежи мировой науки. Так, Н.К. Кольцов в 1916 году начал организацию в Москве Института экспериментальной биологии. Одна из главных задач института – изучение вопросов наследственности и изменчивости. Он предвидел «наследственные молекулы», открытые значительно позже, и принципы матричной репродукции хромосом, основал школу цитогенетики. С.С. Четвериков и его школа заложили основы популяционной генетики. Становление научной школы сравнительной генетики относится к середине 1960-х годов. Как известно, до конца 1964 года эта наука в СССР была фактически запрещена, а с 1965 года появилась возможность ее восстановления и развития. Научные школы складываются вокруг маститых ученых старшего поколения и их учеников. За почти 40-летнее существование научной школы в ней получили развитие новые научные направления:

- генетический контроль репарации генома и мутационного процесса;

- кроссинговер, генетическое картирование, сравнительный анализ генетических карт;

- цитоплазматическая (митохондриальная) наследственность и др.

Во всех перечисленных направлениях были получены приоритетные результаты, оказавшие влияние на дальнейшее развитие генетических исследований. Н.В. Тимофеев-Ресовский и его школа – одни из создателей радиационной биологии и современного учения о микроэволюции. Тимофеев-Ресовский сформулировал принцип попадания и теорию мишени, рассматривая генетические структуры как «мишени» при ионизирующем облучении. В настоящее время радиа-

ционная биология активно развивается. В Лаборатории радиационной биологии (Дубна) проводятся следующие исследования:

- радиационно-генетические;
- фоторадиобиологические;
- компьютерное молекулярное моделирование биофизических систем и др.

Радиационно-генетические исследования направлены на изучение закономерностей и механизмов образования повреждений ДНК в клетках человека, а также закономерностей и механизмов образования стабильных и нестабильных хромосомных aberrаций в клетках человека при действии тяжелых заряженных частиц высоких энергий и т. д. Компьютерное молекулярное моделирование биофизических систем занимается моделированием конформационных изменений белков и ДНК, динамикой мутационных изменений, визуализацией результатов молекулярного моделирования и т. д.

Генетика открыла новые возможности для теоретической интерпретации взаимодействия организма и среды и понимания единства жизни. Толчком к следующему штурму проблемы гена послужило развитие идей Дельбрюка и Тимофеева-Ресовского физиком Шредингером о связи генетики и квантовой механики. Физик-теоретик Г. Гамов предложил идею генетического кода. Во главе исследователей из разных стран стал Ф. Крик. На ряд вопросов в период с 1957 по 1967 годы были получены ответы, которые стали называть основной догмой молекулярной биологии.

Обоснование «центральной догмы» молекулярной биологии о передаче наследственности от нуклеиновых кислот белкам, разработка представлений о матричном синтезе, репарации и рекомбинации ДНК, расшифровка генетического кода, исследование структур и функций белков, а также механизмов их биосинтеза, изучение молекулярных механизмов регуляции внутриклеточных процессов – все это составило содержание новой революции в биологии.

При возникновении молекулярной биологии имело место взаимодействие целого комплекса биологических наук, что отразилось в интеграции теоретических представлений, познавательных задач, методов исследования, в оформлении методологических принципов. Однако интенсификация интегративных процессов сопровождалась усилением дифференциации знания. Выделяются особые исследовательские направления: молекулярная генетика, эмбриоло-

гия, нейрофизиология и др. На основе идей молекулярной биологии оказалось возможным раскрыть инвариантность и универсальность наиболее общих законов биосистем на молекулярном уровне (И.П. Дубинин). Современная молекулярная биология и генетика нашли свое дальнейшее развитие благодаря ряду школ: «Ульяновская научная микробиологическая школа» (Д.А. Васильев), «Медицинская и молекулярная цитогенетика» (С.Г. Ворсанова), «Пищевая микробиология и микология» (Г.Г. Жарикова), «Научная школа по микробиологии и гидробиологии» (А.Т. Перетрухина) и др.

В XX веке произошло и «переоткрытие» теории естественного отбора. Только в 1959 году был подведен итог огромной работы выдающихся ученых разных стран мира. С.С. Четвериков первым показал, что правильно понятые идеи дискретной менделеевской генетики и дарвиновской теории естественного отбора в сочетании дают новую теорию. Ключевым событием в эволюции является не мутация, а стойкое изменение генетического состава популяции (или вида в целом) и что, следовательно, элементарной единицей эволюции является не отдельно взятый организм, а популяция (или вид в целом). Эти исходные идеи нового синтеза были развиты целой плеядой блестящих ученых с позиций тех областей биологии, которые они представляли: Ф. Добжанский – с позиций генетика, Э. Майр – систематика, Дж. Симпсон – палеонтолога, Дж. Хаксли – систематика и натуралиста, И.И. Шмальгаузен – эмбриолога и эволюционного морфолога и др. В результате и была создана новая теория эволюции, которая называется по-разному (неодарвинизмом, биологической теорией эволюции и т. д.), но чаще всего синтетической теорией эволюции (СТЭ). Последующие 40 лет шла напряженная работа по дальнейшей концептуальной математической разработке самой теории естественного отбора, а также по применению ее в качестве методологического и теоретического инструмента анализа важнейших проблем специальных разделов современного биологического познания, в частности в области этологии и экологии.

В 70-е годы возникла генная инженерия, в развитии которой принимало участие большое число ученых. *Генная инженерия* – это методы молекулярной биологии и генетики, направленные на целевое конструирование новых, не существующих в природе, сочетаний генов. Генная инженерия наряду с клеточной инженерией ле-

жит в основе современной биотехнологии и открывает новые пути решения проблем генетики, медицины, сельского хозяйства.

Химия известна своей глубокой связью с промышленностью и технологией. Можно выделить три основных направления: химия неорганическая, физическая и органическая. Основа современной химической теории – концептуальные системы:

- учение о химических элементах и составе;
- структурная химия;
- учение о химическом процессе (кинетика и теория катализа);
- химия самоорганизации.

Концептуальные системы последовательно формировались в ходе исторического развития химии. Так, например, в основе химии самоорганизации – концепция диссипативных систем (школа И. Пригожина), теория реакции Белоусова–Жиботинского и т. д. Самоорганизация химических систем в биологические, их единство и взаимосвязь подтверждает синтез органических соединений из неорганических. Эволюционная химия изучает процессы самоорганизации химических систем с позиций представлений о всеобщем эволюционном процессе во Вселенной и отбора химических элементов.

Огромный вклад в развитие химии внес Л.А. Чугаев, создатель школы по химии комплексных соединений. Была разработана методика синтеза углеводов (реакция Чугаева).

Работы Кекуле и Бутлерова превратили химию из науки аналитической, занимающейся изучением состава готовых веществ, в науку преимущественно синтетическую, способную создавать новые вещества и материалы

В начале XX века открытия в физике микромира привели к развитию теоретической неорганической и органической химии в свете квантовых представлений. Таким образом, был усовершенствован механизм объяснения химического строения и структуры вещества. Оба направления химической науки развиваются в тесном взаимодействии, решая основную проблему современной химии – получение (синтез) вещества с заданными свойствами. Важным этапом решения этой задачи становится решение проблемы управления свойствами вещества. В наши дни наблюдается новый уровень развития химии, который направлен на создание наиболее экономичного и экологически чистого безотходного химического производства, ис-



пользование в промышленных масштабах закономерностей химических превращений живой природы.

### **5.3. Инженерные научные школы и их связь с разработками**

Развитие технических наук на протяжении XX века связано с появлением новых научных школ и организаций. На первых этапах развития научно-технических дисциплин подавляющее большинство исследовательских сообществ составляли инженеры-исследователи, работающие в промышленных лабораториях и высших технических школах. Перед ними стояла задача примирить конкурирующие требования науки и техники. В 1859 году был создан Союз немецких инженеров, в Англии в 1916 году – Управление по научным и промышленным исследованиям, в США начал действовать Национальный исследовательский совет, координирующий работу государственных университетов и частных научных учреждений. Создание научно-исследовательских институтов, отраслевых НИИ в стратегических сферах промышленного производства, проведение фундаментальных исследований на академическом уровне дало значительный эффект, помогло инициировать и координировать научную деятельность ученых.

Таким образом, классические технические науки формировались в качестве приложения естествознания к решению различного класса инженерных задач, но в результате стали самостоятельными научно-техническими дисциплинами. К середине XX века появился целый ряд научных дисциплин (системотехника, техническая кибернетика, инженерная экономика, радиолокация, физика горных пород и т. д.), позволяющих говорить о становлении качественно нового, «неклассического» этапа в их развитии. Во второй половине XX века в высших технических школах усилилась теоретическая подготовка будущих инженеров. Организовалась специальная подготовка научных кадров для проведения научно-исследовательской работы в области технических наук. Так, например, в БНТУ в настоящее время насчитывается 46 научных школ. Они охватывают все ключевые отрасли народнохозяйственного комплекса: от архитектуры и строительства до машиностроения, энергетики, материаловедения и приборостроения. Благодаря научным школам БНТУ был решен ряд важнейших задач: разработка винтовых перекрытий

для объектов строительства (Минск-Арена), виброзащита зданий от воздействий линий метро, созданы новые виды инструмента для машиностроения и сельского хозяйства. Системы автоматического управления распределением тепла, разработанные в БНТУ, позволяют на 15–18 % снизить потери тепла в теплосетях, а процессы литья на подогретой шихте обеспечивают снижение потребления энергоресурсов, улучшение экологических показателей и получение существенного экономического эффекта.

Наблюдается постоянный рост количества прикладных исследований. Формируются новые способы организации научных знаний и исследований, направленные на повышение эффективности и результативности научной деятельности. Усиливается дифференциация в сфере научно-технических дисциплин и инженерной деятельности. Дальнейшее их развитие становится невозможным без междисциплинарных технических исследований и системной интеграции самой инженерной деятельности. Например, физика горных пород (прикладной раздел физики твердого тела) в настоящее время базируется на ряде фундаментальных наук (физике, химии, геологии, минералогии и петрографии, механике сплошных сред, горном деле и т. д.). Ее отличает комплексный подход к изучению свойств и процессов в горных породах и массивах, практическая направленность на создание эффективных способов ведения горных пород, новых методов решения актуальных задач горного производства и др. Отсюда и многообразие научных школ: «Освоение и комплексная переработка традиционных, сверхтяжелых нефтей и природных битумов на основе супрамолекулярных технологий» (А.Ф. Кемалов), «Материаловедение и разработка технологий нанесения покрытий и модифицирования поверхности конструкционных сталей и сплавов высокоэнергетическими воздействиями» (В.А. Клименов), «Технологическое и инструментальное обеспечение точности формы и качества поверхности крупногабаритных цилиндрических деталей» (А.М. Козлов), «Исследование новых энерго-, ресурсосберегающих пространственных конструкций из нелинейно деформируемых анизотропных материалов и конструктивной безопасности строительных систем» (И.И. Колчунов), «Теория и практика фракционирования нефти и продуктов ее переработки в сложных колоннах» (А.А. Кондратьев), «Интегральные автоматизированные системы информационно-физической защиты особо важных объектов двой-

ного назначения в ракетно-космической деятельности» (В.П. Кондрашев), «Сверхбольшие интегральные схемы и наноэлектроника: методы проектирования и технологии» (Б.Г. Коноплев), «Совершенствование шлифовальных инструментов на основе применения зерен с контролируемой формой и ориентацией» (А.Н. Коротков) и др. Активное строительство предприятий машино- и станкостроения, авто- и тракторостроения в Беларуси послевоенных лет способствовало развитию литейно-металлургического производства. Так как эти отрасли потребляют значительное количество литых заготовок, то для обеспечения научного сопровождения в БНТУ сформировалась научная школа «Синтез литейных материалов, механизмы их регенерации и многократного использования, компьютерное моделирование и разработка технологических процессов изготовления сложнопрофильных отливок из черных и цветных сплавов». Основоположником и научным руководителем этой школы стал Д.М. Кукуй. В рамках школы проводятся исследования направленные на совершенствование литейных и металлургических технологий.

Научная школа в области строительной механики, возглавляемая А.А. Борисевичем, Е.М. Сидоровичем, С.В. Босаковым, занимается разработкой методов расчета и оптимизации стержневых и континуальных систем. Важнейшие научные достижения связаны с разработкой теории расчета напряженно-деформированных состояний и анализа устойчивости нелинейно деформируемых систем при статических и динамических силовых, кинематических и температурных воздействиях. Разработан общий алгоритм оптимизации физически нелинейных систем с использованием метода локальных линеаризованных областей, а также эффективная методика расчета и оптимизация физически нелинейных стержневых систем (на основе которой составлены алгоритмы и написаны соответствующие программы), отличающаяся постановкой задачи оптимального проектирования, формированием матрицы коэффициентов чувствительности ограничительных функций, использованием стержневой аппроксимации исходной континуальной расчетной схемы, методами и алгоритмами ее решения, учетом требований нормативной документации, позволяющая решать важные прикладные задачи поиска оптимальных по заданным показателям качества проектов строительных систем.

Таким образом, новые формы организации научного знания и исследования объединяют специалистов из различных областей

науки, техники и практики. Их отличает комплексность научных исследований, т. к. они более тесно связаны с проектированием, конструированием, внедрением и т. д. Комплексные научно-технические дисциплины проблемно ориентированы на решение комплексных научно-технических задач определенного типа: системотехнических, эргономических, градостроительных, дизайнерских и т. п. Для них характерна гуманитарная ориентация. Объектом исследования является качественно новый «деятельностный» объект. Например, эргономика связана с исследованием и проектированием трудовой деятельности в системе «человек-машина». Сегодня появились научно-технические дисциплины, которые очень близки к общественным наукам, как, например, дизайн, эргономика, инженерно-экономические исследования и др. Можно привести в качестве примера исследования ряд научных школ: «Разработка научных, методологических и практических подходов в исследованиях, направленных на улучшение условий труда на рабочих местах и сокращение выбросов в атмосферу на промышленных предприятиях» (В.Н. Азаров), «Теория и практика продуктов здорового питания на основе методов биотехнологии и рационального использования сельскохозяйственных ресурсов» (Л.В. Антипова), «Компьютерное и математическое моделирование в естественных науках и социальной сфере» (А.А. Арзамасцев) и др.

Активно используются методы и представления физики, химии, биологии, геологии, или же связанные с прикладной математикой. Это хорошо видно на примере следующих научных школ: «Физико-химические и эколого-экономические основы создания и освоения новых технологических процессов комплексной переработки, обезвреживания и дезактивации отходов производства с извлечением ценных компонентов и получением различных товарных продуктов» (Ю.П. Кудрявский), «Математическое моделирование на физико-химической основе многокомпонентных промышленных процессов переработки углеводородного сырья» (А.В. Кравцов), «Химическая технология энерго- и ресурсосберегающих цементов и цементных композиционных материалов» (М. Искандаров) и др.

Сформировалось целое семейство кибернетических и системно-ориентированных дисциплин. Так, например, информатика является междисциплинарным направлением современной науки и техники и образует целое семейство дисциплин. Понятие «искусственный

интеллект» – это обозначение области комплексного научно-технического исследования проблем автоматизации. Исследования в области искусственного интеллекта представляют собой одно из важнейших направлений информатики. Можно выделить две основные области исследований:

– моделирование работы головного мозга, психических функций для воспроизведения их в новых вычислительных устройствах;

– развитие компьютеров и программного обеспечения для поддержки отдельных творческих процессов.

Эти исследования дали ряд прикладных результатов. Они связаны с имитацией творческой деятельности человека, машинным распознаванием текстов и разработкой вопросно-ответных систем на естественном языке, использованием средств искусственного интеллекта в робототехнике и т. д. О себе заявили новые научные школы: «Разработка задач управления и принятия решений на базе алгоритмов искусственного интеллекта» (Ю.И. Еременко), «Компьютерные технологии в проектировании механизмов и в преподавании инженерных дисциплин» (В.В. Кузлякина) и др.

Для современных комплексных научно-технических дисциплин характерно то, что они осуществляются в форме проектно-организованной деятельности и являются в этом смысле не только комплексным исследованием, но и системным проектированием. Имеют четкую дисциплинарную организацию, устойчивый публикационный массив и ограниченное профессиональное сообщество.

В 60–70-е годы появились технопарки – новые структурные формы, которые осуществляют территориальную интеграцию науки, промышленности и образования. Технопарки позволяют оперативно осуществлять экономическое внедрение научно-технических разработок. Их отличительными чертами являются плотная концентрация высококвалифицированных научных кадров, развитая исследовательская, информационная и экспериментальная база, прикладной характер изучаемых проблем, тесная связь с производством и экономикой.

На примере технопарков видно, как в современных условиях наука находит новые институционные формы. Обращается особое внимание на выполнение технопарками социальной функции по обучению молодых специалистов, внедрению новых технологий, развитию инновационного бизнеса. Первый технопарк, созданный

пять лет назад в Могилеве, продемонстрировал свою состоятельность и эффективность. В настоящее время планируется создание технопарков в Гродно, Гомеле, Бресте и Витебске.

Современная наука – явление в социальном плане столь масштабное, по результатам – столь значимое, а с экономической точки зрения – настолько дорогостоящее, что общество уже не может себе позволить просто ожидать результатов научного поиска ученых. Так, на-пример, в БНТУ в настоящее время основными направлениями научных исследований являются: ресурсосберегающие технологии в машиностроении, металлургии, строительстве, энергетике; автомобиле- и тракторостроение, дорожно-транспортные коммуникации; градостроительство и дорожное строительство; промышленная экология.

В настоящее время ученые России и Беларуси совместно работают по десяти новым научным программам, в том числе по изучению и разработке нанотехнологий. БНТУ активно ведет научно-техническое сотрудничество с мировыми научными центрами Великобритании, Австрии, Германии и др. Перспективы развития исследований включают создание новых коротковолновых лазеров, безопасных для человека.

Стратегия проведения научных исследований в Республике Беларусь на 2011–2015 годы ориентирована на инновационное развитие экономики страны и создание наукоемкой продукции, конкурентоспособной на мировом рынке. Итогом реализации стратегии должны стать разработка и внедрение более 1500 передовых технологий, благодаря которым предполагается создание около 90 новых и модернизация свыше 30 предприятий и производств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агацци Э. Моральное измерение науки и техники / Э. Агацци. – М., 1998.
2. Андреев, Г.К. В помощь написания диссертации и рефератов: основы научной работы и оформление результатов научной деятельности: учебное пособие / Г.К. Андреев, С.А. Смирнов, В.А. Тихомиров. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 272 с.
3. Ануфриев, А.Ф. Научное исследование. Курсовые, дипломные и диссертационные работы / А.Ф. Ануфриев. – М.: Ось-89, 2002. – 112 с.
4. Астахов, В.И. Математическое моделирование инженерных задач в электротехнике / В.И. Астахов. – Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 192 с.
5. Баскаков, А.Я. Методология научного исследования / А.Я. Баскаков, Н.В. Туленков. – Киев, 2004.
6. Батороев, К.Б. Аналогии и модели в познании / К.Б. Батороев. – Новосибирск: Наука, 1981. – 320 с.
7. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1988.
8. Веников, В.А. Теория подобия и моделирования / В.А. Веников. – М.: Высшая школа, 1986. – 480 с.
9. Герасимов И.Г. Структура научного исследования / И.Г. Герасимов. – М., 1985.
10. Добровольский, И.Г. Основы научной работы. Наука как процесс получения информации / И.Г. Добровольский – Минск, 2001.
11. Завьялова, М.П. Методы научного исследования / М.П. Завьялова. – Томск, 2007.
12. Зуев В.А. Программное моделирование систем / В.А. Зуев. – Новочеркасск: НПИ, 1992. – 109 с.
13. Имитация конфликтов / В.Ю. Иванилов [и др.]. – М.: Вычислительный центр РАН, 1993. – 196 с.
14. Капица, П.Л. Эксперимент, теория, практика / П.Л. Капица. – М.: Наука, 1977.
15. Клименкова, Т.А. От феномена к структуре / Т.А. Клименкова. – М.: Наука, 1991. – 88 с.

16. Козлов, А.В. Основы научных исследований: учебное пособие / А.В. Козлов, Б.А. Решетников, С.В. Сергеев. – Челябинск: Изд-во ЧГТУ, 1997.

17. Кочергин А.Н. Методы и формы научного познания / А.Н. Кочергин. – М.: Наука, 1990.

18. Кузнецов, И.Н. Научные работы: методика подготовки и оформления / И.Н. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Амалфея, 2000. – 544 с.

19. Лакатос, И. Методология научно-исследовательских программ / И. Лакатос // Вопросы философии. – 1995. – № 4.

20. Лебедев, А.Н. Моделирование в научно-технических исследованиях / А.Н. Лебедев. – М.: Радио и связь, 1989. – 224 с.

21. Лудченко, А.А. Основы научных исследований: учебное пособие / А.А. Лудченко, Я.А. Лудченко, Т.А. Примак; под ред. А.А. Лудченко. – 2-е изд., стер. – Киев: О-во «Знание», 2001.

22. Лудченко, Я.А. Основы научных исследований / Я.А. Лудченко, Т.А. Примак. – Киев, 2001.

23. Лукашевич, В.К. Анатомия научного метода / В.К. Лукашевич. – Минск, 1990.

24. Лукашевич, В.К. Модели и метод моделирования в человеческой деятельности / В.К. Лукашевич. – Минск: Наука и техника, 1983. – 120 с.

25. Налимов, В.В. Теория эксперимента / В.В. Налимов. – М.: Наука, 1971.

26. Основы научных исследований / под ред. В.И. Крутова, И.М. Грушко, В.В. Попова. – М.: Высшая школа, 1989.

27. Панов, С.А. Модели маршрутизации на автомобильном транспорте / С.А. Панов. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

28. Петров, Ю.А. Логика и методология научного познания / Ю.А. Петров, А.Л. Никифоров. – М.: Мысль, 1982.

29. Рачков, П.Л. Науковедение / П.Л. Рачков. – М.: Изд-во Московского университета, 1974.

30. Рузавин Г.И. Методология научного исследования: учебное пособие для вузов / Рузавин Г.И. – М.: ЮНИТ-ДАНА, 1999. – 317 с.

31. Сабитов, В.А. Основы научных исследований: учебное пособие / В.А. Сабитов. – М., 2002.

32. Сиденко, В.М. Основы научных исследований / В.М. Сиденко, И.М. Грушко. – Харьков: Вища школа, 1979.



33. Старжинский, В.П. Методология науки и инновационная деятельность / В.П. Старжинский. – М. 2008.
34. Стрельский, В.И. Основы научно-исследовательской работы студентов / В.И. Стрельский. – Киев, 1981.
35. Лойко, А.И. Философия и методология науки / под общ. ред. А.И. Лойко. – Минск, 2008.
36. Хорафас, Д.Н. Системы и моделирование / Д.Н. Хорафас. – М.: Мир, 1976. – 420 с.

## Оглавление

Введение . . . . .	3
Раздел 1. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. . . . .	6
1.1. Система инновационной деятельности. . . . .	6
1.2. Структура научных исследования. . . . .	7
1.3. Структурные компоненты исследовательского процесса. . . . .	12
1.4. Полный цикл научных исследований. . . . .	15
Раздел 2. В ПОМОЩЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЮ И СТУДЕНТУ ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ. . . . .	24
2.1. Методы активизации творческого мышления. . . . .	24
2.2. Эвристические методики и методы творческого мышления. . . . .	30
2.3. Ресурсы научных исследований в контексте инновационной деятельности. . . . .	34
Раздел 3. ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ. . . . .	37
3.1. Логические законы и операции. . . . .	37
3.2. Логические методы обоснования научных знаний. . . . .	45
Раздел 4. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ. . . . .	48
4.1. Методы эмпирического исследования. . . . .	48
4.2. Методы теоретического исследования. . . . .	49
4.3. Системный метод научного исследования. . . . .	52
Раздел 5. НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ. . . . .	55
5.1. Принципы организаций научной школы. . . . .	55
5.2. Междисциплинарный статус научных школ. . . . .	61
5.3. Инженерные научные школы и их связь с разработками. . . . .	73
Список литературы. . . . .	79

Учебное издание

ЛОЙКО Александр Иванович  
ТЕРЛЮКЕВИЧ Ирина Ивановна  
КАНАРСКАЯ Валентина Иосифовна

## ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методическое пособие  
для студентов, магистрантов, аспирантов  
всех специальностей

Редактор Т.В. Кипель  
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

---

Подписано в печать 15.12.2011.

Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 4,82. Уч.-изд. л. 3,77. Тираж 100. Заказ 1004.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.