



Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
имени адмирала С. О. МАКАРОВА**

Институт МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА
Кафедра управления транспортными системами

**Я. Я. Эглит, К. Я. Эглите,
М. А. Цивелева, А. А. Ковтун**

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

Учебное пособие

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова в качестве учебного пособия по
направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова
2016

ББК 39.4

УДК 656.615

Э17

- Э17 **Эглит, Я. Я.** Основы научных исследований на транспорте: учеб. пособие / Я. Я. Эглит, К. Я. Эглите, М. А. Цивелева, А. А. Ковтун. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2016. – 42 с.

В учебном пособии изложены характерные черты современной науки, рассмотрены методы научного исследования при технической эксплуатации морского транспорта. Пособие содержит основные теоретические аспекты общенаучных методов познания. Настоящее пособие предназначено для использования в рамках базовой вариативной части обучения в магистратуре студентов.

Учебное пособие предназначено для студентов-магистрантов заочной формы обучения по специальности 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова в качестве учебного пособия по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Протокол заседания РИС № 3 от 1.04.2016 г.

Рецензенты:

Кириченко А. В. проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»);

Комлев М. Я. канд. техн. наук, ген. директор АОТ «Янтарь».

© ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», 2016

© Эглит Я. Я., Эглите К. Я., Цивелева М. А., Ковтун А. А., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перевозка морским транспортом, несущая в себе много позитивного (удобство и быстрота перемещения грузов и пассажиров на межконтинентальном уровне, повышение производительности труда), в то же время имеет ряд отрицательных черт (загрязнение окружающей среды, негативное влияние на человека и водный мир, потребление материальных и энергетических ресурсов). Поэтому современная транспортная организация должна иметь не только подвижной состав, отвечающий научным требованиям к его эксплуатационным свойствам, но и построенный на научной основе производственный процесс начинающийся планированием и организацией перевозок и заканчивающийся техническим обслуживанием и ремонтом.

Огромная роль в создании такого производства принадлежит инженерному составу, деятельность которого на современном этапе немыслима без умения хорошо ориентироваться в научной информации, профессионально анализировать ее, проводить теоретические и экспериментальные научные исследования и принимать на основе этого правильные инженерные решения.

В данном учебном пособии некоторые назревшие проблемы морского транспорта решаются с помощью системного подхода. Цель учебного пособия — ознакомить будущих специалистов с процессом организации перевозок на морском транспорте, привить им навыки методологического подхода к постановке и проведению научных исследований в области технической эксплуатации морского транспорта и диагностики. Ознакомить с основными методами научных исследований, их практическим применением в сфере морского транспортного комплекса, научить анализировать и делать практические выводы.

ВВЕДЕНИЕ

Темпы развития экономики страны в большей степени зависят от политических и экономических отношений, а также внедрения в производство достижений науки и техники, которые в настоящее время развиваются молниеносно. В полной мере это можно отнести к транспортному комплексу России и, в частности, к морскому транспорту. В условиях рыночных отношений, когда управленческие решения необходимо принимать в условиях жесткой конкуренции, необходимо всестороннее комплексное рассмотрение исследуемых процессов и явлений. Комплексный характер решаемых задач применяется ко всем уровням управления сложными организациями и системами современного общества. Применение традиционных методов частных управленческих решений для них в большинстве случаев уже не дает достаточного эффекта в связи со слабым учетом возможных последствий от существенных связей с другими областями и участками хозяйственных и промышленно-производственных систем.

Одним из наиболее перспективных направлений является использование принципов системного подхода. Системный подход первоначально был применен для разработки технических комплексов, однако последующая практика показала его еще большую эффективность в области хозяйственного и социального управления.

Изучение принципов системного подхода позволит расширить область его эффективного применения.

Сущность научно-технического прогресса (термин «научно-техническая революция» в последнее время считается не отвечающим параметрам событий, которые происходят в области технического прогресса) заключается в коренных качественных преобразованиях производительных сил и производственных отношений. При этом научно-технический прогресс охватывает не только науку и технику, но и производство как следствие. Наука — генератор идей; техника — их материальное, вещественное воплощение. Производство — это пространство, где разворачивается функционирование технических средств, где научно-технические достижения используются квалифицированными специалистами для получения необходимых материальных благ.

Именно взаимосвязь науки, техники и производства определяет принципиальное отличие современного периода общественного развития от предыдущих. Даже в XIX в. наука и техника развивались параллельно, наука не оказывала влияния на технику, а ее развитие в большей мере само подталкивалось техникой. В настоящее время прогресс науки вызывает прогресс техники, а достижения производства в значительной степени обуславливают прогресс науки. Современная наука немыслима без компьютерных сверхмощных ускорителей, электронных микроскопов, техники сверхнизких температур, космических навигационных устройств и другой экспериментальной техники. Таким образом, процессы в области науки, техники и производства протекают не изолированно, а связаны определенным образом. Между компонентами и связывающими процессами науки, техники и производства часто нет четких границ, они связаны друг с другом, образуя органическое целое.

Существенной частью развития современной науки также является то, что достижения научно-технического прогресса реализуются в социальной и духовной сферах. Наличие таких сложных связей в современном производстве образует необходимость нового подхода к решению большинства общественно-хозяйственных проблем, появившихся в настоящее время.

Прежде всего, это обусловлено тем, что одностороннее решение проблемы, дающее положительный эффект в какой-либо одной области, может давать отрицательные последствия в другой области и быть невыгодным для общества в целом. Ярким примером этого может служить активное использование всех видов транспорта и вытекающая из этого проблема загрязнения вод, атмосферы и морской среды.

Дальнейший рост потребления при сохранении эталонов качества сегодняшнего дня приведет к тому, что через полвека атмосфера, природа и ресурсы нашей планеты вполне могут оказаться уже непригодными для жизни человеческого общества. Таким образом, задача повышения уровня жизни общества должны решаться с учетом необходимости сохранения, восстановления и даже улучшения природной среды. Аналогичные ситуации характерны для решения большого числа задач более узкого профиля.

Однако возможность ошибок из-за недостаточного учета множественных связей в настоящее время возросла. Это связано с тем, что, как правило, разрешение основных проблем невозможно в короткие сроки даже при

условии неограниченных материальных и трудовых затрат. Ярким примером является проблема освоения космического пространства, освоения северного региона для мореплавания.

Естественно, что при длительном планировании трудно учесть влияние вновь возникших за это время факторов и связей в связи с интенсивным развитием общественного хозяйства и потребностей общества. Однако эффективность корректировки будет выше при более правильном определении конечной цели и программы ее выполнения.

Поскольку реализация решения глобальных проблем требует огромных материальных и трудовых ресурсов, то любые, даже не очень значительные ошибки, выявившиеся позднее, из-за неполного учета комплексных связей обходятся для общества очень дорого. В то же время практика показывает резко возросшую опасность ошибок при решении комплексных проблем, несмотря на большой научный опыт. Это происходит из-за того, что даже при хорошем понимании проблемы можно не получить отдачи при ее решении из-за недостатка или неправильной оценки возможностей.

ГЛАВА 1.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОГО КУРСА «ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

1.1. Понятия о науке

Наука — это целостная система, объединяющая в себе постоянно развивающийся набор научных знаний об объективных законах природы, научную деятельность людей, направленную на создание и развитие этой системы, а также учреждения, обеспечивающие научную деятельность (рис. 1.1). Система научных знаний отражена в научных понятиях, гипотезах, законах, научных фактах, теориях, идеях и т. д.

Научная деятельность — творческая деятельность, направленная на получение, освоение, переработку и систематизацию новых научных знаний, а, следовательно, на расширение системы научных знаний.

Система знаний классифицируется по следующим направлениям:

- отрасли знаний: естественные, общественные и технические науки;
- научные дисциплины: математика, физика, общий курс транспорта, техническая эксплуатация морского транспорта и т. д.;
- результаты научной деятельности: публикации, патенты, конструкторские разработки и т. д.

Научная деятельность классифицируется по следующим признакам:

- целевое назначение: развитие теории, разработка новой техники, совершенствование (разработка) технологии и т. д.;
- виды научных работ: фундаментальные, прикладные, разработки;
- диапазон исследовательских работ: направления в науке, научная проблема, научная тема, научный вопрос;
- методы исследования: теоретические, экспериментальные и смешанные.

Научные учреждения обеспечивают нормальное протекание научной деятельности и включают в себя научных сотрудников, средства научной деятельности (оборудование, приборы и т. д.), объекты научной деятельности (морские суда, установки на морском транспорте и т. д.), информационные фонды (библиотеки, патентные фонды и т. д.).

Научные учреждения классифицируются по признаку отношения к той или иной сфере человеческой деятельности:

– производственная сфера (академические институты, НИИ гуманитарного и общенаучного профилей, вузы производственного профиля — медицинские, юридические и т. д.);

– производственная сфера (отраслевые институты — НИИ, КБ, НПО, технические вузы).

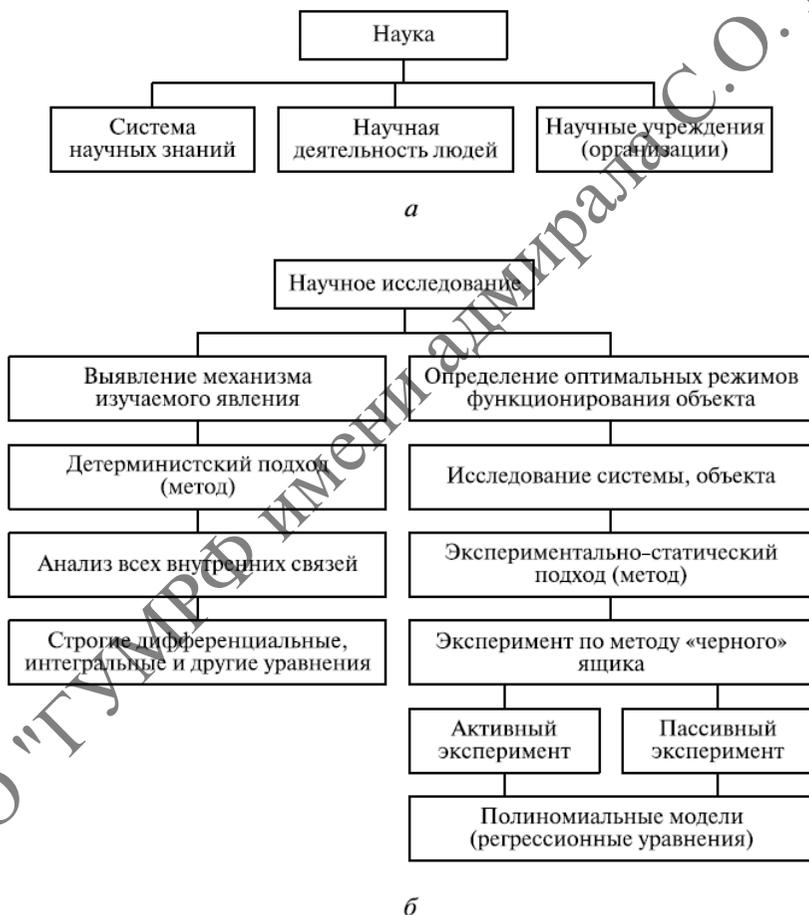


Рис. 1.1. Наука и ее составные части (а), блок-схема целей и подходов научных исследований (б)

1.2. Характерные черты современной науки

Современной науке присущи следующие черты.

1. Связь с производством. Наука стала непосредственной производительной силой. Около 30 % научных достижений служат производству. В то же время наука работает и на себя (фундаментальные исследования, поисковые работы и т. д.), хотя, как показывает опыт, данное направление развивается недостаточно, особенно в области проблем морского транспорта. В области технической эксплуатации следует уделять больше внимания прогностическим и поисковым работам.

2. Массовость современной науки. Наряду с увеличением численности научных учреждений и сотрудников, существенно возрастают капитальные вложения в науку, особенно в передовых западных странах. Несмотря на трудности в этом отношении, связанные с переходным периодом к рыночной экономике в жизни России, в бюджетах страны, принимаемых в последнее время, наблюдается устойчивая тенденция увеличения вложений в фундаментальные исследования, имеющие государственное значение.

3. Дробление, специализация, взаимодействие и взаимопроникновение наук. На базе фундаментальных наук (философии, математики, экономики, физики, химии и т. д.) образуются специальные научные дисциплины (технология перевозки и перегрузки грузов, коммерческая работа на морском транспорте, общий курс транспорта, техническая эксплуатация морского флота, транспортная логистика и т. д.). Они создаются на основе смежных наук и далеких друг от друга научных дисциплин.

4. Системный подход в изучении объектов исследования. Исследуемый объект рассматривается как некоторое сложное целое, состоящее из отдельных систем, подсистем и элементов. В зависимости от цели и задачи исследования, наблюдатель может изучать свойства объекта как единого целого, так и его составных частей. Причем в целом объект может обладать такими свойствами, которые не присущи в отдельности ни одной из его составляющих.

5. Резкое ускорение темпов научно-технического прогресса (НТП).

Наука представляет собой первую фазу НТП и фактически формирует основы для развития процесса в целом. В условиях НТП основные направления научных исследований сводятся к определению момента перехода на

новые качественные этапы развития, а также к определению конкретных форм и методов, позволяющих перейти на эти новые этапы развития.

6. Перевод научной деятельности на коммерческий расчет и самоокупаемость и, в ряде случаев, непосредственное участие в организации и управлении производственно-коммерческой деятельностью. Научная деятельность в сферах, не связанных непосредственно с интересами государства, должна оправдывать себя в финансовом отношении, становиться прибыльной и рентабельной. В условиях рыночной экономики это является мощным стимулом ускоренного внедрения достижений науки в общественное производство путем создания и широкого распространения нового технического оборудования и новых технологий. Например, современные автоматизированные установки на транспорте были созданы и продолжают развиваться с нарастающей интенсивностью, прежде всего для удовлетворения требований рынка транспортных услуг.

7. Наличие различных источников финансирования:

- бюджетное финансирование (правительственные, межотраслевые, отраслевые и другие федеральные научно-технические программы, гранты, региональный бюджет, бюджет местного самоуправления и т. д.);

- внебюджетное финансирование (целевые средства специальных фондов и др.);

- частное инвестирование юридических лиц на основе льготных налогов, ценообразования, аренды;

- частное инвестирование физическими лицами (личные сбережения, льготные займы и т. п.);

- зарубежное инвестирование (целевые займы мирового банка, Европейского банка реконструкции и развития и др.);

- международная помощь и научно-техническое сотрудничество (помощь ЮНЕСКО в области транспорта, международное научно-техническое сотрудничество, помощь и безвозмездный обмен результатами научных исследований в рамках сотрудничества городов-столиц и др.).

Для эффективной деятельности научной организации утверждаются следующие экономические нормативы:

- плата за основные производственные фонды (ОПФ), трудовые, природные ресурсы;

– отчисления от расчетной прибыли (доход) в государственный бюджет;

– отчисления от расчетной прибыли, а также от амортизации, предназначенной на полное восстановление основных фондов, в централизованный фонд развития производства, науки и техники и резервы министерства;

– образование фонда научно-технического и социального развития;

– образование фонда материального поощрения и общего фонда заработной платы для научных организаций, применяющих форму хозяйственного расчета, основанную на нормативном распределении прибыли;

– образование фонда валютных отчислений и др.

Государственные бюджетные ассигнования для фундаментальных исследований, которые не могут давать экономической отдачи в ближайшее время или являются необходимой частью духовного и социального развития общества, выделяются исходя из важности конкретной научно-исследовательской темы.

1.3. Определение и классификация научных исследований

Научные исследования — это творческая деятельность человека, связанная с изучением, анализом и объяснением закономерностей развития окружающей его действительности.

Исследования включают в себя:

– научный труд или научную деятельность человека;

– предмет научного труда;

– средства научного труда.

Научная деятельность человека базируется на конкретных методах познания и связана с получением новых или уточнением старых сведений (данных) об объекте исследования или исследуемом явлении. Предметом научного исследования является объект исследования или исследуемое явление, свойство, связь, на изучение которого направлена профессиональная деятельность человека.

Средством научного труда является совокупность технических средств обеспечения научного исследования (измерительное оборудование, приборы и приспособления и т. д.). По степени важности научные исследования подразделяются на следующие категории:

- выполняемые по государственному плану;
- выполняемые по заданию министерств, агентств и их подразделений;
- выполняемые по заданию местных органов самоуправления (например, «Экологическая программа правительства Москвы»);
- выполняемые по инициативе научно-исследовательской организации;
- выполняемые по договорным отношениям с коммерческими, государственными и негосударственными организациями, предприятиями и фирмами.

В зависимости от источников финансирования научные исследования подразделяются на госбюджетные, финансируемые из средств госбюджета, и коммерческие, финансируемые в соответствии с договорами, заключенными между заказчиками и исполнителями.

По длительности разработки научные исследования подразделяются на краткосрочные (срок выполнения до одного года), среднесрочные (срок выполнения от одного года до пяти лет) и долгосрочные (срок выполнения более пяти лет).

По виду связи с общественным производством различают научные исследования, направленные:

- на создание новых средств производства и новых технологий;
- на совершенствование производственных отношений;
- на совершенствование общественных отношений, социальной сферы деятельности человека, повышение уровня духовной жизни и т. д.

Научные исследования в зависимости от целевого назначения, глубины научной проработки, степени связи с природой или промышленным производством подразделяются на фундаментальные, прикладные, научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИР и НИОКР).

Целями фундаментальных исследований являются: получение новых законов развития, раскрытие связей между явлениями (вид, форма и направление связей), создание новых теорий и открытий. Открытия и теории составляют основу развития науки, несмотря на то, что вероятность получения положительного результата составляет около 10 %.

Целью прикладных исследований, включая проектирование, является привязка результатов фундаментальных исследований к конкретным условиям производства и жизнедеятельности человека.

Объектом таких исследований являются различного рода технические системы и новые технологии. Вероятность получения положительного результата при проведении прикладных исследований составляет от 20 до 90 %.

Целью научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, включая опытное производство, является создание на базе основных результатов функциональных и прикладных исследований опытных образцов техники, новых технологических процессов или усовершенствование существующих технологий и оборудования.

Вероятность получения положительного результата при проведении научно-исследовательской работы составляет от 50 до 90 %.

По способу реализации научные исследования подразделяются на *теоретические* и *экспериментальные*. В ходе теоретических исследований определяются основные методы и критерии исследования, задаются необходимые ограничения, описываются внешние и внутренние связи и т. д. В ходе экспериментальных исследований создается модель исследуемого объекта, снимаются и обрабатываются необходимые данные, проводятся проверка результатов теоретических исследований и их дальнейшее развитие и уточнение.

1.4. Методы научного исследования при технической эксплуатации морского транспорта

Эффективность технической эксплуатации морского транспорта обеспечивается его техническими характеристиками, использованием современных информационных технологий, увеличением эксплуатационного периода и пр. Техническая эксплуатация морского транспорта как область практической деятельности — это комплекс взаимосвязанных технических, экономических, организационных и социальных мероприятий, обеспечивающих:

– своевременную передачу службе перевозок или внешней клиентуре работоспособных морских судов, соответствующих требуемому технико-

эксплуатационному состоянию, в необходимом количестве и номенклатуре, в нужное для потребителя время;

– поддержание морского флота в работоспособном состоянии при рациональных затратах трудовых и материальных ресурсов, нормативных уровнях дорожной и экологической безопасности и нормативных условиях труда персонала.

Как отрасль науки «Основы научных исследований» определяют пути и методы управления техническим состоянием морского флота в целях обеспечения регулярности и безопасности перевозок при наиболее полной реализации технико-эксплуатационных свойств морского транспорта, заданных уровнем их работоспособности и технического состояния, оптимизации материальных и трудовых затрат и минимума отрицательного влияния морского транспорта на окружающую и водную среды, население и персонал. Эффективность технической эксплуатации обеспечивается инженерно-технической службой (ИТС), которая реализует цели и задачи ТЭА.

В основе любого научного исследования, должны лежать общедиалектические и системные методы, которые вооружают исследователя знанием общих принципов познания современного мира и являются всеобщей основой исследований. Кроме того, каждая научная отрасль, одной из которых является и техническая эксплуатация морского транспорта, имеет свои конкретные методы исследования.

В технической эксплуатации морского флота получили развитие следующие универсальные для технических наук методы исследований.

1. **Анализ** — метод научного познания, заключающийся в том, что объект исследования мысленно расчленяется исследователем на более мелкие подобъекты или выделяются характерные свойства и качества объекта для их детального изучения. Анализ позволяет выделить главные звенья любого объекта, исследовать основные связи, т. е. понять суть происходящего. Так, при изучении надежности морского транспорта в эксплуатации сначала выделяют четыре свойства надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость), а затем изучают каждый из них по отдельности.

2. **Синтез** — метод научного познания объекта как единого целого или присущих ему свойств. Он используется для исследования сложных

систем после того, как выполнен анализ отдельных элементов системы. Анализ и синтез взаимосвязаны и дополняют друг друга.

3. **Индуктивный метод** исследования, заключается в том, что по результатам единичных наблюдений делают общие выводы, на основании которых судят о связях и свойствах неизвестных объектов.

4. **Дедуктивный метод**, основан на выводе частных положений из общих правил, законов, суждений, распространен в технике, математике, где из общих законов или аксиом выводятся частные закономерности.

5. **Научное абстрагирование** — метод, применяемый в случаях, когда необходимо сосредоточить внимание на основных элементах, связях, свойствах исследуемого объекта, не останавливаясь на частных или второстепенных его элементах или связях. Например, приложение сил, действующих на морской транспорт при его движении, к центру масс (центру тяжести).

6. **Формализация**, заключается в том, что исследуемый объект описывается математическими терминами и формулами. При этом конкретизируются цель и задачи исследования, более четко определяются условия их решения.

7. **Аналогия**, или подобие (сходство по какому-то признаку в целом различных объектов), заключается в том, что по сходству объектов делается вывод о сходстве свойств между изученными и еще не изученными объектами (например, назначение периодичности и трудоемкости технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) морского судна по нормативам, характерным для его аналога (прототипа)).

8. **Моделирование** — метод научного исследования, при котором изучение свойств объекта проводится на упрощенной модели объекта, а не на нем самом непосредственно.

Перечисленные ранее методы научного исследования связаны между собой и в конкретном научном исследовании применяются комплексно и дополняют друг друга (физическое, имитационное моделирование и т. д.).

1.5. Выбор темы научного исследования

При выборе темы научного исследования необходимо оценить ее перспективность. В настоящее время приобретают особое значение численные

методы оценки перспективности, среди которых можно выделить математический метод и метод экспертных оценок.

В основе математического метода лежит определение показателей (обычно экономических), определяющее перспективность исследований. Например,

$$K_3 = \frac{V_{\Gamma} \times C_{ед} \cdot P_{\text{н}} \cdot P_{\text{в}} \cdot \bar{T}}{3_{\text{н}} + 3_{\text{о}} + 3_{\text{п}}}, \quad (1.1)$$

где K_3 — коэффициент экономической перспективности;

V_{Γ} — объем продукции в год, внедряемой после освоения данной темы, ед./год;

$C_{ед}$ — стоимость единицы продукции, усл. ед.;

$P_{\text{н}}$ — вероятность научного успеха в разработке тем;

$P_{\text{в}}$ — вероятность внедрения научных разработок;

T — продолжительность производственного внедрения, лет;

$3_{\text{н}}$ — общие затраты на научные исследования, усл. ед.;

$3_{\text{о}}$ — затраты на опытное и промышленное основание, усл. ед.;

$3_{\text{п}}$ — затраты на производство продукции, усл. ед.

Формулу (1.1) можно представить в виде

$$K_3 = \frac{\mathcal{E}_0}{3_{\text{н}}} (1 - P_{\text{р}}), \quad (1.2)$$

где \mathcal{E}_0 — общий ожидаемый экономический эффект, усл. ед.;

$P_{\text{р}}$ — вероятность риска.

Чем больше K_3 , тем предпочтительнее тема.

В последнее время широкое применение получают и методы экспертных оценок. Планируемую тему оценивают специалисты эксперты, используя при этом баллы, ранги и т. д. После соответствующей математической обработки результатов экспертизы различных направлений и тем выявляются наиболее приоритетные. При этом пользуются информационными материалами разного уровня достоверности — от высказываний отдельных специалистов, которые могут быть и заинтересованы в этих оценках, до конкретной информации по опыту эксплуатации систем и изделий, применению технологических, организационных и управленческих решений. В этих случаях возможна классификация информации (табл. 1.1), на основе которой исходный показатель $P_{\text{н}}$, полученный на основе информа-

ции i -го класса, при расчетах P_p корректируется с помощью коэффициента K_i , зависящего от класса информации и вида оценок

$$P_p = K_i \cdot \Pi_i. \quad (1.3)$$

Примером применения экспертизы является оценка рисков в известном пакете программ Project Expert для следующих стадий проекта:

- исследования и разработки;
- приобретение и аренда земли;
- строительство, аренда или приобретение зданий и сооружений;
- приобретение и монтаж технологического и офисного оборудования;
- разработка и изготовление технологической оснастки и инструмента;
- производство;
- рынок;
- продукт, изделие;
- система распределения;
- реклама;
- сервис.

На каждой стадии эксперты оценивают уровень риска (высокий, средний, низкий), рассматривая следующие показатели: наличие необходимых специалистов; качество управления; финансирование; безопасность; экологичность; взаимодействие с местными властями и населением; отношение к законодательству; готовность среды; приспособленность к среде.

Таблица 1.1

Шкала количественной оценки корректирования расчетных показателей с учетом качества информации (по данным профессора Е. С. Кузнецова)

Характеристика информации	Класс информации	Коэффициенты	
		K_i^H	K_i^B
Имеется ограниченный опыт эксплуатации (системы). Проведены приемочные испытания	10	0,8	1,2
Проведены приемочные испытания в лабораторных, заводских условиях	9	0,7	1,25
Имеется опыт эксплуатации или проведены приемочные испытания прототипов или аналогов со сходными принципами работы и процессами	8	0,7	1,3

Имеется техническое задание	6	0,5	1,4
Проведены технические расчеты, имеется концепция системы	5	0,4	1,6
Проведена экспертная оценка	4	0,3	1,7
Имеется информация из зарубежных источников о создании аналогичной системы	3	0,2	1,8
Имеются систематизированные суждения специалистов	2	0,1	1,9
Публикации в отдельных литературных источниках	1	0,07	2
Информация отсутствует или не обнаружена	0	–	

1.6. Этапы научного исследования

Научное исследование состоит из следующих этапов:

- 1) состояние вопроса исследования;
- 2) теоретические исследования;
- 3) экспериментальные исследования;
- 4) анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований;
- 5) расчет экономической эффективности и опытная апробация предлагаемых разработок.

Состояние вопроса исследования. В ходе реализации данного этапа проводятся патентно-лицензионный поиск, обзор и анализ научно-исследовательских работ, монографий, статей по рассматриваемой проблеме.

В результате формируются основные выводы и определяются цель и задачи исследования. Кроме того, в завершение данного этапа разрабатывается общая методика исследования. Общая методика исследований представляет собой набор способов, способствующих последовательному наиболее эффективному осуществлению научного исследования.

Теоретические исследования. На данном этапе проводятся:

- формирование рабочей гипотезы исследования;
- обоснование, выбор и формирование целевой функции;
- анализ и выбор влияющих факторов;
- обоснование и выбор математического аппарата;

– аналитическое сравнение альтернативных вариантов развития исследуемого процесса и др.

Экспериментальные исследования. На данном этапе разрабатывается методика экспериментальных исследований, монтируется экспериментальная установка, разрабатываются учетные анкеты, осуществляется сбор экспериментальных данных, обосновывается необходимость применения средств измерения, проверяется их точность, определяется число опытных точек, намечаются критерии и методики обработки опытных данных.

Анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований. На данном этапе проводятся обработка полученного экспериментального материала, сравнение его с результатами теоретических исследований. По результатам анализа формируются новые научные положения, выводы, заключения и предложения.

Расчет экономической эффективности и опытная апробация предлагаемых разработок. На данном этапе проводится расчет экономической эффективности предложенных разработок или полученных результатов. Расчет экономической эффективности целесообразно проводить с государственных или общехозяйственных позиций с учетом социального эффекта (улучшение качества технологии перевозки морским транспортом, качества перевозок грузов и т. д.).

1.7. Основные цели и подходы научного исследования, сущность пассивного и активного эксперимента

Различают две основные цели научного исследования:

- 1) выяснение механизма научного явления (поиск математических, логических и других моделей);
- 2) определение оптимальных режимов функционирования объекта, системы (используется, когда известен механизм явления).

Детерминистский подход (ДП) — получение функциональных зависимостей между параметрами объекта; при этом исключаются внешние связи и исследуются все внутренние связи. Под функциональной зависимостью понимается зависимость вида

$$Y = f X_i ,$$

при которой каждому значению функции Y соответствует одно вполне определенное значение фактора или аргумента X . Изучением таких зависимостей занимается математический анализ.

По результатам наблюдений составляется протокол наблюдений. Допустим, исследователь сделал десять наблюдений и получил следующие данные:

Вход (X)	8	5	16	20	11	7	2	12	4	19
Выход (Y)	25	16	49	61	34	22	7	37	13	58

Анализ этого протокола позволяет установить, что система функционирует в соответствии с уравнением $Y = 3X + 1$. Достоинство ДП заключается в том, что получение модели можно распространять на похожие явления, известные внутренние закономерности; недостаток — в том, что данный подход применяется лишь при несущественных допущениях, которые в практике исследования технических систем встречаются редко.

При экспериментально-статистическом подходе (ЭСП) одно и то же воздействие на объект исследования приводит к различным результатам, каждый из которых наступает с некоторой вероятностью. В основе ЭСП лежит эксперимент по методу «черного ящика» (рис. 1.2), идея которого заключается в следующем:

1) исследуемый объект рассматривается как отдельная система окружающего мира, имеющая внешнюю среду;

2) внешняя среда воздействует на систему через входы

$$X = x_1, x_2, \dots, x_m ;$$

3) система воздействует на внешнюю среду через выходы

$$Y = y_1, y_2, \dots, y_n ;$$

4) внутренние состояния системы характеризуются параметрами

$$Z = z_1, z_2, \dots, z_k .$$

К определенному моменту времени t будет иметь место следующая зависимость: $Y_t = f(X_t, S_t)$, т. е. состояния выходов определяются состояниями входов и внутренними состояниями системы. Часть входных параметров может быть управляемыми, а часть будут составлять помехи.

Выходные параметры могут быть техническими или экономическими. Исследователь фиксирует лишь состояния входов и выходов и анализирует наличие связи между ними; при этом используется протокол наблюдения.

Рассмотрим пример. Пусть дана система, считающаяся «аппаратным устройством». Она имеет один вход X и один выход Y . Наблюдения за входом и выходом показали следующие результаты:

Вход (X)	1	3	4	6	9	10	12	15	17	18
Выход (Y)	3	9	14	21	27	34	35	49	50	53



Рис. 1.2. Система и внешняя среда

Анализ результатов наблюдений показывает, что более высокой числовой характеристике входа соответствует большая числовая характеристика выхода. В данном случае Y превышает X приблизительно в три раза, т. е. имеет место статистическая зависимость.

Математическая обработка полученных результатов (с помощью метода наименьших квадратов, см. гл. 4) дает следующее уравнение регрессии:

$$Y = 1,47 + 2,95X.$$

Данная зависимость определена для вероятностной системы и является корреляционной зависимостью.

Корреляционная зависимость — это зависимость, при которой случайному значению аргумента соответствует случайное значение функции. Кроме того, в теории планирования эксперимента встречается регрессионная зависимость, при которой неслучайному значению аргумента соответствует случайное значение функции. Если фактические значения аргумента подставить в полученную формулу, то они не будут совпадать. Налицо определенные отклонения (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Расчетные и фактические состояния выхода

Состояние входа, X_m	Фактическое состояние выхода, Y_n	Расчетное состоя- ние выхода, Y'_n	Отклонение фак- тических значений от расчетных ($Y_n - Y'_n$)
1	3	4,4	-1,4
3	9	10,3	-1,3
4	14	13,3	-0,7
6	21	19,2	-1,8
9	27	28	+1,0
10	34	31	-3,0
12	35	36,9	-1,9
15	49	45,7	-3,3
17	50	51,6	-1,6
19	53	54,6	-1,6

Таким образом, в результате ЭСП исследуется не сам объект, а результаты эксперимента. При этом возможен пассивный и активный эксперименты. При пассивном эксперименте (см. гл. 2, 3, 4) исследователь не влияет на вход системы.

Достоинства пассивного эксперимента:

- наблюдатель не нарушает хода процесса;
- можно использовать результаты ранее выполненных исследований.

Недостатки пассивного эксперимента:

- требуется длительный период наблюдений;
- в силу коррелированности факторов затрудняется процедура определения коэффициентов модели;
- отсутствие симметричности уровней факторов затрудняет статистическую оценку значимости коэффициентов и проверку математической модели на адекватность.

При активном эксперименте (см. гл. 5) исследователь вмешивается в ход эксперимента, влияя на входы системы. Достоинство активного эксперимента заключается в том, что сокращается срок проведения эксперимента; недостаток — требуется более детальная подготовка (планирование эксперимента).

Экспериментально-статистический подход используется, если:

- неизвестна зависимость;
- нужно найти коэффициенты в модели;
- нужно найти экстремум, не строя модель.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения понятия «наука» и ее составляющих.
2. По каким признакам классифицируется система научных знаний?
3. Назовите основные черты современной науки и дайте им краткую характеристику.
4. Назовите экономические нормативы, утверждаемые хозрасчетной научной организацией.
5. Дайте определение понятия «научное исследование».
6. По каким признакам классифицируются научные исследования?
7. Дайте краткую характеристику фундаментальным, прикладным исследованиям и научно-исследовательским разработкам.
8. Дайте определение понятия «научное исследование». Перечислите основные методы научного исследования.
9. В чем суть математического метода обоснования выбора темы научного исследования?
10. Дайте краткую характеристику основных этапов научного исследования.
11. Дайте краткую характеристику основных целей и подходов научного исследования.
12. Дайте краткую характеристику пассивного эксперимента.

ГЛАВА 2. ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ. ЭКСПЕРИМЕНТ

2.1. Принципы развития и системности

Принцип единства логического и исторического приводит к пониманию, как конкретное в действительности трансформируется в конкретное в познании. Этот принцип позволяет исследователю достичь логически реконструированного, обобщенного отражения исторического развития изучаемого объекта, что позволяет прийти к получению важных научных результатов. В современной науке столкновение познающего мышления с противоположными тенденциями развития становится все более привычным. Принцип диалектической противоречивости говорит о том, что исследователь должен находить источник развития, чему соответствует методологический вопрос: *почему совершается развитие?*

Источником развития с точки зрения диалектики выступают противоречия. Противоречия можно проследить в природе, обществе, человеческом мышлении. Диалектическое противоречие отражает двойственное отношение внутри целого: единство и борьбу противоположностей. В столкновение противоположностей приходят постольку, поскольку они находятся в связи, образуют целое.

Развитие — есть борьба между ними и разрешение противоречий. При этом единство противоположностей, которое выражает устойчивость объекта, оказывается относительным; борьба противоположностей — абсолютна, что указывает на бесконечность процесса развития. Другой важнейший принцип диалектического метода — принцип объективности. Важность ориентации на объективность впервые была зафиксирована еще в античной философии. Сегодня объективность — важнейшая установка познания. Исследователь, постигая через явления сущность, должен руководствоваться принципом объективности. В ходе научного исследования необходимо осознанно руководствоваться этой установкой, поскольку в повседневной жизни человек постоянно имеет дело с мнениями, ссылками на недостоверные (ненаучные) данные. Нужно отказаться в процессе познания от личных пристрастий, симпатий и антипатий. Принцип объективности нацеливает на обеспечение тождества знаний и познаваемого объекта, то есть действительности, существующей независимо от челове-

ческой воли и сознания. Ученый должен уметь отстраниться от устоявшихся, традиционных, но устаревших взглядов на предмет исследования.

Конечно, невозможно абсолютно отрешиться от субъективного в познании, от присутствия в той или иной степени субъекта в объекте. Именно поэтом все наши знания носят объект-субъектный характер, содержат в себе определенный момент относительности.

Рассмотрим теперь принцип системности. Понятие «система» (сочетание) означает некоторую целостность, множество взаимосвязанных элементов, обособленное от среды и взаимодействующее с ней, как целое. Материальные системы можно разделить на живые (организмы, популяции, экосистемы) и неживые (физические, химические, геологические). Особый вид материальных живых систем образуют социальные системы. Существуют абстрактные системы (понятия, теории). Распространение системного подхода в науке было связано с усложнением объектов исследования. С середины XX в. широко развернулись исследования по общей теории систем и междисциплинарные разработки в области системного подхода. Сегодня методы системного анализа во многом определяют стиль научного мышления.

Принцип системности исходит из положения, что весь мир представляет собой множество соединенных между собой элементов (предметов, явлений, процессов, теорий), которые образуют определенную целостность. Этот принцип требует в ходе научного познания разграничения внешней и внутренней сторон материальных систем, обнаружения различных сторон предмета и в то же время их единства.

Процесс исследования должен быть направлен от явлений к их сущности, к познанию необходимых связей рассматриваемого предмета с окружающими предметами и явлениями. Исследователю необходимо рассматривать изучаемый объект с учетом его связи с другими объектами и явлениями. Для исследования объекта как системы требуется системный подход к его познанию, который должен учитывать качественное своеобразие системы по отношению к своим элементам (система как целостность обладает свойствами, которых нет у составляющих ее элементов, свойства системы не могут быть сведены к свойствам элементов). Системный подход дает возможность представить объект изучения в его единстве и целостно-

сти, способствует нахождению корреляций между его взаимодействующими элементами и выявлению закономерностей его функционирования.

Следует отличать системный подход и его конкретные воплощения — *системную теорию* и *системный анализ*. Системная теория занимается построением, описанием и объяснением систем и составляющих их элементов, процессов взаимодействия системы и окружающей среды, внутрисистемных процессов. Системный анализ ориентирован на решение конкретных задач, являясь совокупностью практических методик, приемов, способов, процедур, благодаря которым в изучение объекта исследования вносится определенное упорядочивание.

Реализацию принципа системности обеспечивает принцип всесторонности, который указывает на то, что в процессе познания необходимо учитывать все связи, отношения, свойства изучаемого предмета. Конечно, в абсолютном смысле это недостижимо, так как каждый предмет бесконечен в своих связях и неисчерпаем в своих свойствах. Принцип всесторонности ориентирует при изучении объектов на охват самых важных, необходимых, сторон, отношений и из их состава выделять определяющую, интегративную, сторону, от которой зависят остальные. Изучение объектов с различных сторон, выявление как можно большего числа (из бесконечного множества) его свойств, связей, отношений — одно из важных требований диалектического метода.

Принцип всесторонности предостерегает от односторонности в познании, поскольку односторонность рассмотрения объектов служит одной из основ догматизма. Современные научные исследования невозможны без учета возрастающего числа фактических данных, параметров, связей.

Принцип всесторонности реализуется в виде комплексного подхода к объектам исследования. Этот подход, учитывающий множественность свойств, сторон и отношений объектов, лежит в основе комплексных, междисциплинарных исследований. Благодаря комплексному подходу «сводятся воедино» многосторонние исследования, объединяются полученные различными методами результаты. Комплексный подход, предполагающий всесторонность изучения объектов и явлений, ориентирует на преодоление дисциплинарной разобщенности современного научного знания, что имеет большое значение для дальнейшего развития науки.

Действительно, важнейшей проблемой научного знания начала XXI в. является потеря им целостности, вызванная узкой специализацией. Современная наука носит дифференцированный характер, она состоит из независимых узконаправленных дисциплин. Узкая специализация, обеспечившая эффективную разработку математических методов исследования, позволила разработать детальные знания о различных сторонах действительности и достигнуть значительных успехов в практической науке. Но при этом снизилась степень целостности представлений о мире, что привело к кризисным явлениям в науке. Таким образом, принцип всесторонности, реализованный в комплексном подходе, является важнейшим условием эффективности современного научного исследования.

2.2. Принцип детерминизма

Научное познание невозможно без учета принципа детерминизма. Детерминизм (от лат. *determino* — определяю) является одним из наиболее выраженных интенций научного познания, явно или косвенно участвующим в регуляции научного поиска. Детерминизм — это учение о всеобщей обусловленности объективных явлений, в основе которого лежит их универсальная взаимосвязь. Таким образом, основанием философского детерминизма служит учение о причинной обусловленности всех объективных явлений.

Причинная связь (причинное отношение) является отношением между двумя явлениями (событиями), одно из которых выступает в качестве причины, а другое в качестве следствия. При наличии определенных условий причина с необходимостью порождает следствие. Концепция, которая либо отвергает причинность вообще, либо отрицает ее всеобщий характер, называется *индетерминизмом*. В истории науки неоднократно возникали трудности в обосновании идей детерминизма и появлялись течения, отрицающие детерминизм. Однако саморазвитие науки неразрывно связано с идеями детерминизма.

Способность обнаруживать причинно-следственные связи — важнейший шаг в эволюции человеческого сознания, обеспечивший дальнейшее развитие познавательных способностей человека. Без осознания наличия причинно-следственных связей невозможным было бы существование науки.

Особая заслуга в разработке принципа детерминизма принадлежит в рамках античной философии Гераклиту, Демокриту, Эпикуру.

В Новое время детерминизм помог создать методологическую почву для расцвета естественных наук. Успехи механики закрепили представления об универсальности причинной обусловленности. Пьер Лаплас сформулировал принцип, согласно которому в мире существует только однозначная, динамическая связь состояний. Динамическая закономерность — это форма причинной связи, при которой данное состояние системы однозначно определяет все ее последующие состояния. Следовательно, знание начальных условий делает возможным точное предсказание дальнейших состояний системы. Лаплас полностью отрицал роль случайности в развитии и считал, что с помощью точных математических расчетов можно однозначно предсказать все будущие события в природе и обществе.

Дальнейшее развитие науки, и, прежде всего, появление квантовой механики, привело к критике детерминизма. С точки зрения квантовой физики, между микрочастицами действует вероятностная (статистическая) связь. Вероятность (степень возможности) нового состояния определяется уже не динамическими, а статистическими закономерностями. Статистическая закономерность — это форма причинной связи, при которой данное состояние системы определяет последующее ее состояние не однозначно, а с определенной вероятностью. Эта вероятность является мерой возможности реализации заложенных в прошлом тенденций изменения. Современный детерминизм требует учитывать роль случайности в природных и социальных процессах. При этом случайности также подчиняются определенным вероятностным законам.

В научном познании принцип детерминизма выступает как научный подход, согласно которому все наблюдаемые явления не случайны, а имеют определенную причину. Принцип детерминизма исходит из признания существования всеобщей причинной обусловленности, закономерности, направленности всех явлений природы и общества, и требует при осмыслении всех процессов поиска их причин, даже тогда, когда они еще не ясны. (Как говорил Ф. Бэкон, не следует «не превращать недостатки своего ума в клевету против природы»). Принцип детерминизма позволяет отличать необходимые, существенные связи от случайных, несущественных.

Таким образом, детерминизм направляет научное исследование на поиск глубинных, скрытых причин явлений. Необходимо помнить, что принцип детерминизма должен использоваться с учетом специфики той сферы, в которой он применяется. Ведь характер причинно-следственных связей в природе и обществе неодинаков. Например, при анализе социальных объектов следует учитывать роль не только материальных факторов, но и психологию, волю и сознание людей.

Принцип восхождения от абстрактного к конкретному указывает на движение теоретической мысли от менее содержательного к более содержательному знанию ко всё более полному, всестороннему и целостному воспроизведению предмета.

Впервые этот принцип был использован Гегелем. Он применил понятия «абстрактное» и «конкретное» для характеристики различия содержательности, развитости мысли. Восхождение от абстрактного к конкретному понималось Гегелем как развитие мышления, источник которого — противоречия, преодолеваемые путём получения нового, более конкретного содержания. Дальнейшее методологическое понимание и применение принцип получил в теории марксизма. Восхождение от абстрактного к конкретному — это содержательно-конструктивный процесс развития теоретической мысли. Содержание принципа основывается на категориях конкретного и абстрактного.

Философская категория конкретного имеет два смысла. В первом смысле конкретное — есть отправной пункт познания, сама предстоящая исследованию реальность, то, что должно быть изучено. Из конкретного, как целостности, выделяются для специального изучения отдельные стороны, связи, для получения общих абстрактных знаний. В другом смысле конкретное характеризует степень и глубину отражения реальности в теоретическом мышлении. Тогда конкретное — это характеристика знания. Определение знания в качестве конкретное и абстрактное — относительно и имеет смысл только в сопоставлении двух знаний, отнесённых к определенной реальности. Получение всё более конкретного знания выступает целью исследования.

2.3. Общенаучные методы познания

Общенаучные методы направляют процесс познания во всех науках, т. е. имеют междисциплинарный спектр применения.

Классификация общенаучных методов связана с понятием уровней научного познания: одни общенаучные методы относятся к эмпирическому уровню познания, другие — к теоретическому, некоторые имеют отношение и к эмпирическому, и к теоретическому уровням. Конечно, общенаучные методы научного познания на всех уровнях тесно связаны между собой. В основе их взаимодействия лежит единство эмпирической и теоретической сторон.

Исходным методом эмпирического уровня познания является *научное наблюдение*, под которым понимается целенаправленное изучение предметов, опирающееся в основном на чувственные способности человека (ощущение, восприятие, представление).

Благодаря наблюдению исследователь получает знание о внешних сторонах, свойствах и признаках рассматриваемого объекта. С помощью наблюдения происходит чувственное познание предметов и явлений внешнего мира, что приводит к накоплению некоторой первичной информации об объектах окружающей действительности.

В наблюдении отсутствует деятельность, направленная на преобразование, изменение объектов познания, что может обуславливаться рядом обстоятельств:

- 1) недоступность объектов для практического воздействия (удаленные космические объекты);
- 2) нежелательность вмешательства в наблюдаемый процесс (психологические, социальные причины);
- 3) отсутствие технических, финансовых возможностей проведения экспериментальных исследований.

Наблюдение играет важнейшую роль в науках, где сбор эмпирического материала не может проводиться с помощью эксперимента, например, в астрономии, метеорологии. Однако не следует считать, что наблюдение относится к пассивным, чисто созерцательным средствам познания (хотя, конечно, по отношению к эксперименту оно таковым и является.) Активность наблюдения проявляется в целенаправленном характере наблюдения,

прежде всего, в наличии исходной установки у исследователя: что наблюдать и на что обращать особое внимание. Отсюда вытекает избирательный характер наблюдения. При этом исследователь не должен игнорировать явления, не вписывающиеся в его исходные установки.

Эти явления также должны фиксироваться, поскольку могут оказаться основанием для установления важных фактов. Наблюдение всегда теоретически обусловлено, в чем тоже проявляется его активность. Известна фраза, достаточно ярко характеризующая теоретическую обусловленность наблюдения: «Ученый смотрит глазами, но видит головой». Именно поэтому дилетант и специалист, наблюдающие одни и те же вещи, фиксируют различные результаты. Научные наблюдения, хотя они и опираются на работу органов чувств, требуют участия и теоретического мышления.

Существенным этапом наблюдения, от которого в значительной степени зависит его успех, является интерпретация результатов (например, расшифровка показаний приборов). Результаты наблюдения могут фиксироваться в схемах, графиках, диаграммах, цифровых данных, рисунках. Познавательный итог наблюдения — это описание, т. е. фиксация средствами языка исходных сведений об изучаемом объекте. Активность наблюдения проявляется так же в отборе исследователем средств описания. Опираясь на описания, исследователь создает эмпирические обобщения, проводит классификацию объектов по определенным свойствам, характеристикам, выясняет закономерности этапов их становления и развития. Описания результатов наблюдений составляют эмпирический базис науки.

Наблюдения могут быть *непосредственными* и *опосредованными*. При непосредственном наблюдении те или иные свойства и стороны объекта воспринимаются «напрямую» органами чувств человека. Непосредственное наблюдение продолжает играть немаловажную роль в науке, однако, чаще всего наблюдение бывает опосредованным. В этом случае оно проводится с использованием определенных технических средств. Например, до XVII в. астрономы наблюдали за небесными телами невооруженным глазом.

В 1608 г. Галилео Галилей создал оптический телескоп, что подняло астрономические наблюдения на новую ступень. По мере совершенствования научно-технического инструментария наблюдение становится все более сложным и опосредованным.

Развитие науки приводит к повышению роли, так называемых, *косвенных* наблюдений. Существуют объекты, которые не могут прямо наблюдаться ни с помощью органов чувств человека, ни с помощью существующих в настоящий момент приборов. Так, в квантовой физике исследователи наблюдают не сами микрообъекты, а результаты их воздействия на определенные объекты, являющиеся техническими средствами исследования. Косвенные наблюдения основываются на теоретических положениях, которые устанавливают определенную связь между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми объектами. Эта связь может быть в виде, например, математически выраженной функциональной зависимости.

Наблюдения различаются установкой на качественное или количественное описание явлений. Если качественное наблюдение было известно человеку с древнейших времен, то количественное наблюдение появилось позже в процессе становления познавательной деятельности человека. Следует отметить, что формирование способности оперировать количественными характеристиками было важнейшим шагом в развитии первобытного человека. Счет — первый вид теоретической деятельности, с которого началось становление способности к абстрактному мышлению. Долгое время человек ориентировался в окружающей среде, фиксируя лишь качественные, а не количественные свойства предметов. До определенного момента качественных характеристик было вполне достаточно. Так, по свидетельствам этнографов, оленеводы Северной Азии, имея несколько сотен оленей, не могли их пересчитать, но знали индивидуальные характеристики каждого оленя. (В основе количественного типа наблюдений лежит измерение, которое подробнее будет рассмотрено ниже).

Осуществить активное целенаправленное вмешательство в изучаемый процесс, произвести соответствующее изменение исследуемого объекта или воспроизвести его в специально созданных, контролируемых условиях позволяет эксперимент. Со становлением экспериментального метода, исследователь превращается из наблюдателя природы в естествоиспытателя.

2.4. Эксперимент

Эксперимент включает в себя элементы наблюдения, но существенно отличается от него. Эксперимент более активный метод в сравнении с наблюдением, что дает возможность обнаружить свойства, которые не

наблюдаются в естественных условиях. Таким образом, эксперимент предполагает активное, целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект. Экспериментатор может преобразовывать исследуемый объект, создавать искусственные условия его изучения и вмешиваться в естественное течение процессов.

В историю науки как основатель экспериментального метода вошел Галилео Галилей. Именно он стал активно использовать эксперимент в качестве метода научного познания. Галилей показал, что истина достижима благодаря использованию эксперимента и разума, применяющего математическое знание. Он построил фундамент методологии современного естествознания, что знаменовалось становлением научного способа мышления — соединение метода эксперимента и математического метода (кроме того, Галилей внес в науку метод идеального или мысленного эксперимента.) Единство теории и эксперимента знаменовало возникновение в Новое время науки современного типа.

В структуре научного исследования эксперименту принадлежит особое место. Эксперимент является связующим звеном между теоретическим и эмпирическим уровнями научного исследования. Действительно, по своему замыслу эксперимент всегда опосредован начальным теоретическим знанием, но вместе с тем по характеру используемых познавательных средств он принадлежит к эмпирическому уровню познания. Итог экспериментального исследования — достижение фактуального знания и установление эмпирических закономерностей.

Можно выделить различные виды эксперимента: *исследовательский* (поисковый) и *проверочный* (контрольный). Исследовательский (поисковый) эксперимент имеет своей целью обнаружение новых, неизвестных науке явлений, свойств. Однако, эксперимент, будучи методом познания, в то же время может выступать в качестве критерия истинности знания (разумеется, в ограниченных масштабах). Проверочный (контрольный) эксперимент проводится для определения: является ли истинной та или иная гипотеза. В этом случае эксперимент может быть подтверждающим (если он задумывается с целью подтвердить эмпирически проверяемые следствия из гипотезы) и опровергающим (если проводится с целью опровержения гипотезы). При этом эксперимент, задуманный как подтверждающий, может по своим результатам оказаться опровергающим, и наоборот.

Решающим называют эксперимент, если он служит для опровержения одной из двух (или нескольких) соперничающих гипотез.

Исходя из методики проведения и получаемых результатов, эксперименты, как и наблюдения, могут быть качественные и количественные. В реальной практике научного исследования качественные и количественные эксперименты реализуются, как правило, в виде взаимосвязанных последовательных этапов развития познания.

В основе количественных наблюдений и экспериментов лежат измерения. Под измерением понимается процесс определения отношения одной измеряемой величины, характеризующей объект изучения, к другой однородной величине, принятой за единицу.

Измерения играют важнейшую роль в научных исследованиях. Не случайно Дмитрий Менделеев говорил, что «наука начинается с тех пор, как начинают измерять», А известный английский физик Уильям Томсон (Кельвин) считал, что «каждая вещь известна лишь в той степени, в какой ее можно измерить». Благодаря измерению устанавливается числовое значение измеряемой величины в принятых единицах измерения. В результате определяются количественные значения тех или иных свойств, сторон изучаемого объекта.

Результат измерения — это некоторое число единиц измерения. *Единица измерения* — это эталон, с которым сравнивается измеряемая сторона изучаемого объекта. Этому эталону присваивается числовое значение «1». Существует множество различных единиц измерения, даже для одних и тех же явлений. Например, для температуры: Кельвин, Цельсий, Фаренгейт. Единицы измерения составляют системы единиц, в которых некоторые единицы приняты как базисные, а другие выводятся из них на основе математических соотношений.

Методика построения системы единиц как совокупности основных и производных впервые была предложена Карлом Фридрихом Гауссом в 1832 г. Макс Планк разработал «естественную систему единиц», в основу которой легли «мировые постоянные»: скорость света в вакууме, постоянная Больцмана, постоянная Планка, постоянная тяготения. Из них Планк получил производные единицы: длины, массы, времени и другие.

В настоящее время в естествознании действует преимущественно Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г. на XI Генераль-

ной конференции по мерам и весам. Международная система единиц построена на базе основных (метр, килограмм, секунда, ампер, Кельвин, кандела, моль) и двух дополнительных (радиан, стерадиан) единиц. Эта система охватывает физические величины относящиеся механике, термодинамике, электродинамике, оптике, которые связаны между собой физическими законами.

Исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, измерения можно разделить на *статические* и *динамические*. В первом случае измеряемая величина остается постоянной во времени, во втором случае измеряемая величина меняется во времени.

По способу получения результатов различаются *прямые* и *косвенные* измерения. В прямых измерениях значение измеряемой величины исследователь получает с помощью непосредственного сравнения ее с эталоном или с помощью измерительного прибора. Косвенное измерение осуществляется на основании известной математической зависимости между измеряемой величиной и другими величинами, полученными при прямых измерениях. Косвенные измерения используются тогда, когда искомую величину невозможно или сложно измерить непосредственно.

Рассмотрим основные методы обработки и систематизации знаний эмпирического уровня. Важнейшими операциями здесь выступают анализ (от греч. *ανάλυσις* — разложение) и синтез (от греч. *σύνθεσις* — совмещение).

Анализ — это операция мысленного расчленения целого (вещи, свойства, процесса) на составные части с целью их отдельного изучения. В каждой отрасли науки анализ приобретает свою конкретизацию. Так, существуют конкретные методы математического, химического, социального анализа. Аналитический метод получил свое развитие и в некоторых философских школах. В науке Нового времени значение аналитического метода было абсолютизировано. Ученые, изучая природу, дробили ее на части и не замечали значения целого, что было результатом господствующего метафизического метода мышления. Безусловно, анализ занимает важное место в процессе познания, однако, следует понимать, что он является лишь его этапом. Например, сколь бы глубоко ни были изучены свойства химических элементов, по этим сведениям нельзя судить о разнообразных веществах, состоящих из их различного сочетания.

При изучении объекта как единого целого нельзя ограничиваться изучением только его составных частей. Поэтому метод анализа дополняется другим методом — *синтезом*, который является прямо противоположной анализу операцией. Можно сказать, что по своему существу анализ и синтез представляют собой две стороны единого аналитико-синтетического метода познания. В процессе синтеза происходит соединение в единое целое составных частей изучаемого объекта, расчлененных в результате анализа. Благодаря этому возможно дальнейшее изучение объекта уже как единого целого. При этом синтез не означает простого механического соединения, он раскрывает место и роль каждого элемента, устанавливает их взаимосвязь. Таким образом, он позволяет понять подлинное диалектическое единство изучаемого объекта.

Важную роль в процессе научного исследования играют абстрагирование и идеализация. *Абстрагирование* (от лат. *abstractio* — отвлечение) является процессом мысленного выделения, вычлечения интересующих исследователя признаков, свойств, отношений изучаемого объекта и одновременного отвлечения от других свойств, признаков, отношений, которые в данном исследовании представляются несущественными. Главной проблемой абстрагирования является выявление того, какие из рассматриваемых признаков, свойств, отношений являются существенными, а какие несущественными, второстепенными. Этот вопрос решается в зависимости по-разному исходя из конкретных задач исследования. Абстрагирование позволяет глубже понять объект исследования и в определенной степени лежит в основе развития любой науки.

Отвлечение от единичного, случайного, несущественного и одновременное выделение общего, необходимого позволяет приходить к образованию понятий, без которых невозможно функционирование никакой науки. Действительно, дать определение — значит отбросить несущественное для определения сущности. Результат абстрагирования — это различного рода абстрактные понятия и категории (развитие, противоречие и др.) и их системы (математика, логика и др.). Конечно, переход от чувственно-конкретного к абстрактному связан с некоторым упрощением действительности, однако, благодаря этому процессу, исследователь получает возможность понять сущность изучаемого объекта.

Формирование научных абстракций не есть конечная цель познания, так как представляет собой лишь средство познания конкретного. Абстрагирование выступает как начальный шаг научного познания, далее должен следовать процесс восхождения от абстрактного к конкретному.

Отметим, что с абстрагированием тесно связано *обобщение* — установление общих свойств и признаков предмета.

Идеализация (от греч. *idéa* — образ, идея) считается разновидностью абстрагирования, хотя, с учетом ее значимости и специфики, целесообразно рассмотреть идеализацию как относительно самостоятельного метода. В процессе идеализации осуществляется предельное отвлечение от реальных признаков, свойств, отношений объекта с одновременным введением в содержание объекта признаков, свойств, отношений, отсутствующих в действительности.

В результате создается так называемый идеальный объект (материальная точка, абсолютно черное тело, идеальный газ и др.), которым оперирует теоретическое мышление в целях познания реального объекта. Идеальные объекты неосуществимы в действительности, но они всегда являются отражением существующих в реальности предметов и явлений, служат средством их анализа и построения теоретических представлений.

В отличие от процесса абстрагирования, создающего мысленные абстракции, не обладающие никакой наглядностью, идеализация допускает элемент чувственной наглядности, что оказывается очень важным для реализации метода мысленного эксперимента.

Мысленный (идеализированный) эксперимент заключается в мысленном рассмотрении различных положений, ситуаций, позволяющих обнаружить определенные признаки и свойства исследуемого объекта. В этом заключается сходство мысленного эксперимента с реальным. Кроме того, мысленный эксперимент всегда выступает в роли предварительного идеального плана реального эксперимента. Но, в отличие от реального, в мысленном эксперименте исследователь оперирует не материальными, а идеализированными объектами, причем само оперирование происходит лишь в сознании исследователя.

Мысленный эксперимент оказывается незаменимым в тех случаях, когда при исследовании определенных явлений, ситуаций, проведение реальных экспериментов оказывается невозможным. В целом, получаемые на

основе мысленного эксперимента теоретические построения позволяют эффективно исследовать реальные объекты и явления.

В качестве примера можно привести мысленные эксперименты Галилео Галилея, приведшие к открытию закона инерции. Ведь закон инерции (об этом писал А. Эйнштейн) нельзя вывести из реального эксперимента, его можно получить лишь умозрительно. Интересен мысленный эксперимент Джеймса Кларка Максвелла, вызвавшего сенсацию в научном мире в 70-х гг. XIX столетия. Максвелл предположил, что имеется сосуд, разделенный на две части *A* и *B* перегородкой с небольшим отверстием. Некоторое существо — «демон», которое может видеть отдельные молекулы, открывает и закрывает отверстие так, чтобы дать возможность только более быстрым молекулам перейти из *B* в *A*. Таким образом, демон повысит температуру в *B* и понизит в *A*. Этот мысленный эксперимент поставил под сомнение второе начало термодинамики.

Только в XX в. ученые сумели спроектировать машину-демона, показав, что такая машина требует питания внешней энергией, причем, затраты энергии на ее работу окажутся больше, чем выход энергии в результате ее деятельности. Решение мысленного эксперимента Максвелла способствовало приращению научных знаний.

В процессе познания применяется и такой прием, как *аналогия* — вероятное умозаключение о сходстве объектов в каком-либо признаке на основании установленного их сходства в других признаках. Действительно, новое может быть осмыслено, понято только через образы и понятия ранее известного. Например, первые самолеты были созданы по аналогии с птицами и воздушными змеями.

На аналогии, общности признаков различных объектов основывается метод моделирования, при котором объект исследования замещается другим объектом, находящимся в отношении подобия к исходному объекту. В этом случае первый объект называется оригиналом, а второй — моделью. Знания, полученные при изучении модели, по аналогии переносятся на оригинал. Применение метода моделирования удобно в случаях, если изучение оригинала невозможно или затруднительно, что может быть связано с расходами или риском. В зависимости от средств построения модели различают и различные виды моделирования.

Широкое распространение сегодня получает компьютерное моделирование, использующее специально создаваемые в исследовательских целях программы. Компьютерное моделирование включает в себя и основывается на использовании математического и логического моделирования.

Библиографический список

1. Ануфриев А. Ф. Научное исследование. Курсовые, дипломные и диссертационные работы / А. Ф. Ануфриев. — М.: Ось-89, 2002. — 112 с.
2. Радаев В. В. Как организовать и представить исследовательский проект (75 простых правил) / В. В. Радаев. — М.: ИНФРА-М, 2001. — 202 с.
3. Эглит Я. Я. Методика управления технологическим процессом в порту / Я. Я. Эглит, В. В. Устинов. — СПб.: Феникс, 2014.
4. Эглит Я. Я. Моделирующий алгоритм функционирования транспортно-технологической системы доставки навалочных грузов / Я. Я. Эглит, М. А. Глебова // Системный анализ и логистика. — 2016. — №12.
5. Эглит Я. Я. Технология «сухой порты» и ее практическое применение / Я. Я. Эглит, М. А. Цивелева // Системный анализ и логистика. — 2016. — № 12.
6. Эглит Я. Я. Оценка возможного влияния проекта расширения панамского канала на мировое судоходство / Я. Я. Эглит, И. А. Русинов // Вестник Государственного университета морского и речного транспорта им.бени адмирала С. О. Макарова. — 2015 — № 6 (34). — С. 17–22.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение	4
Глава 1. Основные понятия и определения учебного курса «Основы научных исследований»	7
1.1. Понятия о науке	7
1.2. Характерные черты современной науки.....	9
1.3. Определение и классификация научных исследований.....	11
1.4. Методы научного исследования при технической эксплуатации морского транспорта	13
1.5. Выбор темы научного исследования	15
1.6. Этапы научного исследования	18
1.7. Основные цели и подходы научного исследования, сущность пассивного и активного эксперимента	19
Глава 2. Принцип системности. Эксперимент.....	24
2.1. Принципы развития и системности	24
2.2. Принцип детерминизма.....	27
2.3. Общенаучные методы познания.....	30
2.4. Эксперимент.....	32
Библиографический список	39