

А.П.БОЛДИН, В.А.МАКСИМОВ

# ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебник

*Допущено*

*Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию  
в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»  
направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного  
оборудования»*



Москва

Издательский центр «Академия»

2012

УДК 656(075.8)  
ББК 39я73  
Б791

Рецензенты:

зав. кафедрой «Организация и безопасность движения» МАДИ (ГТУ),  
д-р техн. наук, проф. *А.И.Рябчинский*;  
зав. кафедрой «Эксплуатация транспортных средств» МГИУ,  
д-р техн. наук, проф. *В.И.Сарбаев*

**Болдин А.П.**

Б791 Основы научных исследований : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.П.Болдин, В.А.Максимов. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 336 с.

ISBN 978-5-7695-7171-8

Рассмотрены основополагающие принципы и элементы научных исследований применительно к специфике технической эксплуатации автомобилей и систем наземного транспорта и транспортного оборудования. Дана характеристика и приведены примеры проведения работ в условиях пассивного и активного экспериментов. Достаточно широко представлены отдельные вопросы подготовки и обработки результатов производственных научных исследований с возможностью использования популярной программы STATISTICA (версий 5.5a и 6.0) для среды WINDOWS.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 656(075.8)  
ББК 39я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Болдин А.П., Максимов В.А., 2012

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012

ISBN 978-5-7695-7171-8

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Автомобилизация, несущая много позитивного (удобство и быстрота перемещения грузов и пассажиров, облегчение и повышение производительности труда человека), имеет ряд отрицательных черт (загрязнение окружающей среды, негативное влияние на человека и животный мир, потребление материальных и энергетических ресурсов). Поэтому современное автотранспортное предприятие должно иметь не только подвижной состав, отвечающий научным требованиям к его эксплуатационным свойствам, но и построенный на научной основе производственный процесс, начиная от планирования и организации перевозок и заканчивая техническим обслуживанием и ремонтом.

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

В данном учебнике некоторые назревшие проблемы автомобильного транспорта решаются с позиций системного подхода. Цель данного учебника — познакомить будущих специалистов с ролью автомобилизации и ее организацией, привить им навыки по методике постановки и проведения научных исследований в области технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) и диагностики, ознакомить их с основными методами научного исследования, их практическим применением на автотранспортных предприятиях и в сфере автотранспортного комплекса, научить анализировать и делать выводы.

## ВВЕДЕНИЕ

Темпы развития экономики страны в большей степени зависят от внедрения в производство достижений науки и техники, которые в настоящее время развиваются очень быстро. В полной мере это можно отнести к транспортному комплексу России и, в частности, к автомобильному транспорту. В условиях рыночных отношений, когда управленческие решения необходимо принимать в условиях конкуренции, необходимо всестороннее комплексное рассмотрение исследуемых процессов и явлений.

Комплексный характер решаемых задач присущ всем уровням управления сложными организациями и системами современного общества. Применение традиционных методов частных 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 так называемого системного подхода. Хотя системный подход первоначально был применен для разработки технических комплексов, последующая практика показала его большую эффективность в области хозяйственного и социального управления. Изучение принципов системного подхода позволит еще более расширить область его эффективного применения.

Сущность научно-технического прогресса (термин «научно-техническая революция» в последнее время считается не отвечающим сущности происходящих в области технического прогресса событиям) заключается в коренных качественных преобразованиях производительных сил и производственных отношений. При этом научно-технический прогресс охватывает не только науку и технику, но и производство. Наука — генератор идей. Техника — их материальное, вещественное воплощение. Производство — пространство, где развертывается функционирование техники, где научно-технические достижения используются людьми для получения им необходимых материальных благ.

Именно взаимосвязи науки, техники и производства обуславливают принципиальное отличие современного общественного развития от предыдущих периодов. 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 сверхмощных ускорителей, электронных микроскопов, техники сверхнизких температур, космических ракет 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 как бы «вживаются» друг в друга, образуя органическое целое.

Существенным также является то, что достижения научно-технического прогресса реализуются в социальной сфере и сфере духовного производства.

Наличие таких сложных связей в современном производстве обуславливает необходимость нового подхода к решению большинства общественно-хозяйственных проблем, стоящих в настоящее время.

Прежде всего это обусловлено тем, что одностороннее решение проблемы, дающее положительный эффект в какой-либо одной области, может давать еще большие отрицательные последствия в другой области и быть невыгодным для общества в целом.

Ярким примером этого может служить экологическая проблема, которая возникла вследствие расширения производства в целях удовлетворения возрастающих материальных потребностей общества. Чисто механические прогнозы показывают, что дальнейший рост потребления при сохранении эталонов качества сегодняшнего дня приведет к тому, что через полвека атмосфера, природа и ресурсы нашей планеты окажутся уже непригодными для жизни человеческого общества. Таким образом, задачи повышения материального уровня жизни общества должны решаться с учетом сохранения, восстановления и даже улучшения природной среды. Аналогичные ситуации характерны для решения большого числа задач более узкого профиля.

Однако возможность получения ошибок из-за недостаточного учета множественных связей в настоящее время также возросла. Это связано с тем, что, как правило, решение основных проблем невозможно в короткие периоды даже при условии неограниченных материальных и трудовых затрат. Ярким примером является проблема освоения космического пространства.

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 тем выше, чем более правильно были намечены конечная цель и программа ее достижения.

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 довольно дорого. В то же время практика показывает резко возросшую опасность ошибок при решении комплексных проблем несмотря на большую вооруженность науки. Это происходит от того, что при хорошем понимании комплексности проблемы можно не получить отдачи при ее решении из-за недостатка или неправильной оценки ее возможностей.

# Основные понятия и определения учебного курса «Основы научных исследований»

---

### 1.1. Понятия о науке

*Наука* — это целостная социальная система, объединяющая в себе постоянно развивающийся набор научных знаний об объективных законах природы, научную деятельность людей, направленную на создание и развитие этой системы, и 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, химия, теория автомобиля, техническая эксплуатация автомобилей 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.

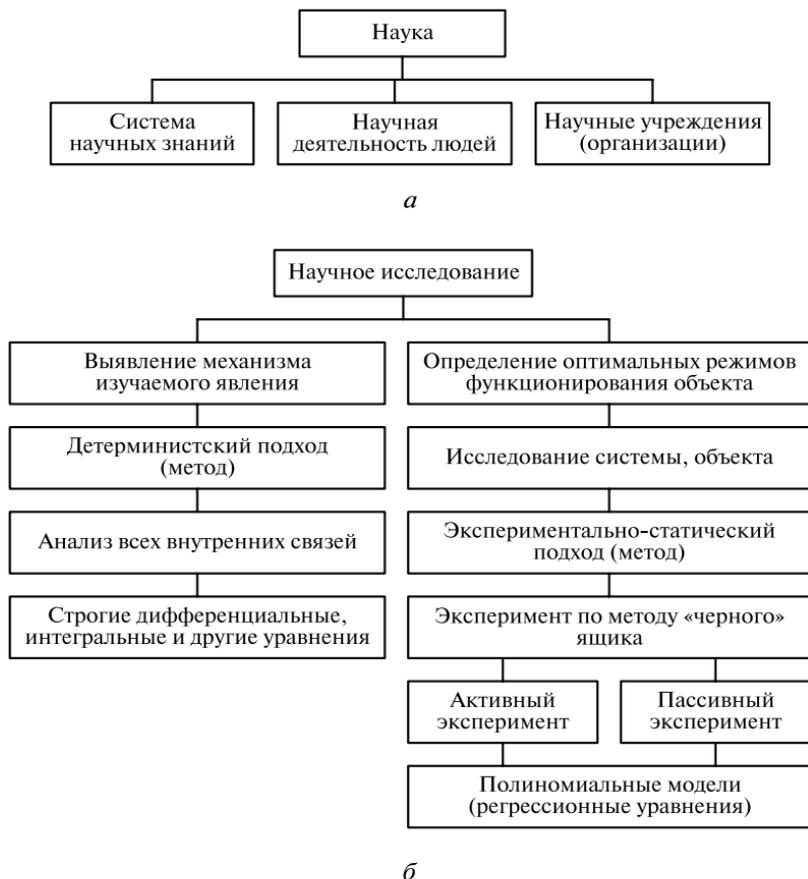


Рис. 1.1. Наука и ее составные части (а) и блок-схема основных целей и подходов научного исследования (б)

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

Научные учреждения классифицируются по тому признаку, к какой сфере человеческой деятельности в обществе они относятся:

- к непроизводственной сфере (академические институты, НИИ гуманитарного и общенаучного профилей, вузы непроизводственного профиля — медицинские, юридические и т. д.);
- к производственной сфере (отраслевые институты — НИИ, КБ, НПО, технические вузы).

## 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 автомобильного 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 (биофизика, биохимия, теория автомобиля, техническая эксплуатация автомобилей, транспортная логистика и т. д.); они создаются на основе как смежных наук, так 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 задач 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 хозрасчет и самоокупаемость и в ряде случаев непосредственное участие в процессах производственно-коммерческой деятельности. 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 мощ-

ным стимулом ускоренного внедрения достижений науки в общественное производство путем создания и широкого распространения новой техники и новых технологий (например, персональный компьютер, синтезирующий достижения многих наук, был создан и продолжает развиваться с нарастающей интенсивностью прежде всего для удовлетворения требований рынка — усложнения компьютерных игр).

#### 7. Наличие различных источников финансирования:

- бюджетное финансирование (правительственные, межотраслевые, отраслевые и другие федеральные научно-технические программы, 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.).

Согласно принятым в последнее время постановлениям продукция научной организации является товаром. 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 бли-

жайшее 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 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 выполняемые по государственному плану;
- выполняемые по заданию государственных 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 хоздоговорные, 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;

- совершенствование производственных отношений;
- 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, вскрытие связей между явлениями (вид, форма и направление связей), создание новых теорий и открытий. Они 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 их исследования являются различного рода технические системы и новые технологии. Вероятность получения положительного результата при проведении прикладных исследований составляет 20...90 %.

Целью научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, 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 НИОКР составляет 50...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 автомобилей**

Работоспособность автомобилей и автомобильных парков обеспечивается технической эксплуатацией автомобилей.

*Техническая эксплуатация автомобилей* как область практической деятельности — это комплекс взаимосвязанных технических, экономических, организационных и социальных мероприятий, обеспечивающих:

- своевременную передачу службе перевозок или внешней клиентуре работоспособных автомобилей, требуемых технико-эксплуатационных свойств, в необходимом количестве и номенклатуре и в нужное для потребителя время;

- поддержание автомобильного парка в работоспособном состоянии при рациональных затратах трудовых и материальных ресурсов, нормативных уровнях дорожной и экологической безопасности и нормативных условиях труда персонала.

Как отрасль науки ТЭА определяет пути и методы управления техническим состоянием автомобилей и автомобильных парков для обеспечения регулярности и безопасности перевозок при наиболее полной реализации технико-эксплуатационных свойств автомобилей, заданных уровней их работоспособности и технического состояния, оптимизации материальных и трудовых затрат и минимума отрицательного влияния автомобильного транспорта на окружающую среду, население и персонал. Эффективность ТЭА обеспечивается инженерно-технической службой (ИТС), которая реализует цели и задачи ТЭА.

Под *методом научного исследования* понимают способ или совокупность способов, реализация которых позволяет достичь намеченной цели исследования.

В основе любого научного исследования прежде всего должны лежать общедиалектические и системные методологии, которые вооружают исследователя знанием общих принципов познания современного мира и являются всеобщей основой исследования. Кроме того, каждая наука, которой является и техническая эксплуатация автомобилей, имеет свои конкретные методы исследования.

В технической эксплуатации автомобилей получили развитие следующие универсальные для технических наук методы исследования.

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 автомобилей в эксплуатации сначала выделяют четыре свойства надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость), а затем изучают их 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*, заключающийся в том, что по результатам единичных наблюдений делают общие выводы,

на основании которых судят о связях и свойствах неизвестных объектов.

4. *Дедуктивный метод*, основанный 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 автомобиль при его движении, к центру масс (центру тяжести)).

6. *Формализация*, заключающаяся 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), заключающееся в том, что по сходству свойств изученных объектов делается вывод о сходстве еще не изученных свойств (например, назначение периодичности и трудоемкости технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) вновь созданного автомобиля 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, среди которых можно выделить математический метод и метод экспертных оценок.

В основе *математического метода* лежат показатели (обычно экономические), определяющие перспективность исследований. Например:

$$K_3 = \frac{V_r C_{ед} P_n P_v \sqrt{T}}{3_n + 3_o + 3_n}, \quad (1.1)$$

где  $K_3$  — параметр экономической перспективности;  $V_r$  — объем продукции в год, внедряемой после освоения данной темы, ед./год;

$C_{\text{ед}}$  — стоимость единицы продукции, усл. ед.;  $P_{\text{н}}$  — вероятность научного успеха в разработке темы;  $P_{\text{в}}$  — вероятность внедрения научных разработок;  $T$  — продолжительность производственного внедрения, лет;  $Z_{\text{н}}$  — общие затраты на научные исследования, усл. ед.;  $Z_{\text{о}}$  — затраты на опытное и промышленное основание, усл. ед.;  $Z_{\text{п}}$  — затраты на производство продукции, усл. ед.

Формулу (1.1) можно представить в виде

$$K_{\text{э}} = \frac{\text{Э}_0}{Z_{\text{н}}}(1 - P_{\text{р}}), \quad (1.2)$$

где  $\text{Э}_0$  — общий ожидаемый экономический эффект, усл. ед.;  $P_{\text{р}}$  — вероятность риска.

Чем больше  $K_{\text{э}}$ , 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  $\Pi_{\text{и}}$ , полученный на основе информации  $i$ -го класса, при расчетах  $\Pi_{\text{р}}$  корректируется с помощью коэффициента  $K_i$ , зависящего от класса информации и вида оценок:

$$\Pi_{\text{р}} = K_i \Pi_{\text{и}}. \quad (1.3)$$

Нижняя граница поправочного коэффициента  $K_i^{\text{н}}$  используется при расчете показателей эффективности, а верхняя граница поправочного коэффициента  $K_i^{\text{в}}$  — при расчете затрат.

Таблица 1.1

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

Характеристика информации	Класс информации	Коэффициенты	
		$K_i^{\text{н}}$	$K_i^{\text{в}}$
Имеется ограниченный опыт эксплуатации изделия (системы). Проведены приемочные испытания	10	0,8	1,2

Характеристика информации	Класс информации	Коэффициенты	
		$K_i^H$	$K_i^B$
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
Проведены приемочные испытания прототипов или аналогов со сходными принципами работы и процессами в лабораторных или заводских условиях	7	0,6	1,4
Имеется техническое задание	6	0,5	1,4
Проведены теоретические расчеты, имеется концепция системы или изделия	5	0,4	1,6
Проведена экспертная оценка	4	0,3	1,7
Имеется зарубежная информация о создании аналогичного изделия или системы	3	0,2	1,8
Имеются систематизированные суждения специалистов	2	0,1	1,9
Публикации в отдельных литературных источниках	1	0,07	2,0
Информация отсутствует или не обнаружена	0	—	—

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 качественно (высокий, средний, низкий), рассматривая следующие показатели: реальность идеи; наличие необходимых специалистов; качество управления; финансирование; безопасность; экологичность; взаимодействие с местными властями и населением; чувствительность к законодательству; готовность среды; приспособленность к среде.

## **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 НИР, НИОКР, 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 альтернатив 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 количественное число опытных точек, намечаются критерии и методики обработки опытных данных.

**Анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований.** На данном этапе проводится 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 бытового обслуживания населения, качества перевозок пассажиров 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 10 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  $Y = 3X + 1$ . Достоинства ДП

закljučаются в том, что получение модели можно распространять на похожие явления, известные внутренние закономерности; недостатки — 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

$$S = (S_1, S_2, \dots, S_k).$$

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. В системе, считающейся «черным ящиком», структура и внутренние связи скрыты от наблюдателя. Исследователь фиксирует лишь состояния входов и выходов и анализирует наличие связи между ними; при этом используется протокол наблюдения.

Рассмотрим пример. Пусть дана система, считающаяся «черным ящиком». 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 31 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 $x_n$	Фактическое состояние выхода $y_n$	Расчетное состояние выхода $y'_n$	Отклонение фактических 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	28,0	-1,0
10	34	31,0	+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 (планирования 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.
13. Дайте краткую характеристику активного эксперимента.