



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автомобильные дороги»

**Методические указания**  
для магистрантов, обучающихся по  
направлению подготовки  
08.04.01 «Строительство» по программе  
«Автомобильные дороги» для очной и  
заочной форм обучения  
**«Методы планирования  
эксперимента в дорожной  
отрасли»**

Автор  
Николенко Д.А.

Ростов-на-Дону, 2018



## Аннотация

Методы планирования эксперимента в дорожной отрасли: методические указания для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе «Автомобильные дороги» для очной и заочной форм обучения

## Автор

доцент, к.т.н., доцент кафедры  
«Автомобильные дороги»  
Николенко Д.А.



## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Основы научных исследований .....</b>	<b>5</b>
1.1. Наука и научные исследования.....	5
1.2. Классификация научных исследований.....	6
1.3. Место творчества в процессе исследования.....	8
<b>2. Методология научного исследования .....</b>	<b>10</b>
2.1. Классификация методов научного исследования .....	10
2.2. Методы эмпирического (практического) исследования .....	13
2.3. Моделирование в теоретических исследованиях .....	14
<b>3. Выбор темы, формулировка цели и задач научно-исследовательской работы .....</b>	<b>17</b>
3.1. Тема научного исследования .....	17
3.2. Цели и задачи научно-исследовательской работы ...	20
<b>4. Источники информации для научных исследований.....</b>	<b>22</b>
4.1. Подбор литературы.....	22
4.2. Методы работы с источниками.....	23
<b>5. Принципы рационального построения научного текста .....</b>	<b>25</b>
5.1. Общие требования к композиции научного текста ...	25
5.2. Принципы рубрикации научного текста .....	27
5.3. Общие требования к стилистике .....	28
5.4. Виды литературного изложения результатов научно-исследовательских работ .....	30
<b>6. Задачи и виды экспериментов .....</b>	<b>32</b>
<b>7. Стратегия и тактика эксперимента .....</b>	<b>36</b>
<b>8. Основы планирования экспериментов, выбор факторов .....</b>	<b>39</b>
<b>9. Методы и способы измерений, погрешности измерений. ....</b>	<b>42</b>
<b>10. Использование вычислительной техники в научных исследованиях.....</b>	<b>45</b>
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>48</b>



## **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из важнейших составных частей научных исследований является эксперимент, основой которого служит научно поставленный опыт с точно учитываемыми и управляемыми условиями. Основной целью эксперимента является выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования. Эксперимент как научное исследование – это форма, в которой и посредством которой наука существует и развивается.

В методическом указании рассмотрены основные понятия науки планирования эксперимента: задачи, виды, цели, стратегия, тактика, методика экспериментов; определение и виды факторов, их выбор и требования к ним, а также методы, способы и средства измерений.

## 1. ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

\*Наука и научные исследования. Классификация научных исследований. Место творчества в процессе исследования.

### 1.1. Наука и научные исследования

Наука – это совокупность знаний о закономерностях развития природы, общества, мышления, а также отдельная отрасль этих знаний.

Наука представляет собой не только совокупность накопленных знаний, но и деятельность по получению новых, ранее не существовавших знаний.

Познавательное отношение человека к миру осуществляется в различных формах познания (обыденное, художественное, религиозное, научное). В качестве особенностей науки как формы познания окружающей действительности выделяют следующие:

- наука ориентирована на познание сущности предметов и процессов;
- наука оперирует специфическими методами и формами, инструментарием исследования;
- для научного познания характерны планомерность, системность, логическая организованность, обоснованность результатов исследования;
- наука располагает специфическими способами обоснования истинности знаний

Основой Науки как процесса является научно – исследовательская деятельность. При этом целью любого научного исследования является всестороннее, достоверное изучение объекта, процесса или явления, их структуры, связей и отношений на основе разработанных принципов и методов познания, а также получение и внедрение в практику результатов исследований.

Важнейшими особенностями научных исследований являются:

- вероятностный характер результатов;
- уникальность, ограничивающая возможность использования типовых методов решений;
- сложность и комплексность,
- масштабность и трудоемкость, основанные на необходимости изучения значительного количества объектов и экспериментальной проверке полученных результатов;

– связь исследований с практикой, усиливающаяся по мере становления науки в качестве основной производительной силы общества.

Любое научное исследование имеет свой объект и предмет. Объектом научного исследования является материальная или виртуальная система. Предмет—это структура системы, закономерности взаимодействия элементов внутри системы и вне ее, закономерности развития, различные свойства, качества и т.д.

Наука является основным фактором обеспечения конкурентоспособности продукции и престижа страны на мировом рынке. Поэтому ведущие страны мира уделяют значительное внимание научно-исследовательской деятельности, затрачивая на это значительные средства.

Фундаментальные исследования, как правило, являются глубоко теоретическими и наименее прибыльными, что предопределяет возможность их финансирования в основном только за счет бюджетных средств. Таким образом, в сфере научных исследований в Украине преобладают практические исследования, носящие ярко выраженный коммерческий характер (возможность быстрого внедрения и практической реализации) и осуществляемые по заказу. Данная ситуация не в полной мере отвечает требованиям и тенденциям современной науки: для развития науки первоочередное внимание должно уделяться фундаментальным исследованиям.

## 1.2. Классификация научных исследований

Научные исследования классифицируются по видам связи с общественным производством, по степени важности для экономики, по целевому назначению, по источникам финансирования, по длительности проведения.

По уровню связи с общественным производством научные исследования подразделяются на работы, направленные на создание новых технологических процессов, машин и конструкций, на повышение эффективности производства, улучшение условий труда, развитие личности человека и т.п.

По целевому назначению выделяют три вида научных исследований: фундаментальное, прикладные и поисковые,

Фундаментальные исследования направлены на открытие и изучение новых явлений, свойств, закономерностей и законов природы, на создание новых принципов исследования. Их целью является расширение научного знания общества установление того, что может быть использовано в практической деятельности человека.

Такие исследования ведутся на границе известного и неизвестного, обладают наибольшей степенью неопределенности. Фундаментальные работы не всегда заканчиваются достижением положительного результата. При положительном результате (открытие, создание новой теории и т.д.) фундаментальное исследование может быть основой проведения поисковых и прикладных научно-исследовательских работ.

Поисковые исследования создаются на основе уже имеющихся теоретических исследований и направлены на установление факторов, влияющих на объект, определение возможных путей создания новых технологий и техники на основе способов, предложенных в результате фундаментальных исследований.

В результате проведения фундаментальных и поисковых исследований формируется новая научная и научно-техническая информация. Целенаправленный процесс преобразования такой информации в форму, пригодную для освоения в отраслях народного хозяйства, обычно называется разработкой. Она направлена на создание новой техники, материалов, технологии или совершенствование существующих. Конечной целью разработки является подготовка материалов для прикладных исследований.

Исследования направлены на определение способов использования законов природы для создания новых и совершенствования существующих средств и способов человеческой деятельности. Их основная цель – определение возможных путей использования научных знаний, полученных в результате фундаментальных исследований, в практической деятельности человека.

По степени важности для экономики научные исследования подразделяются на:

- важнейшие работы, выполняемые по специальным постановлениям правительства;
- работы, выполняемые по планам отраслевых министерств и ведомств;
- работы, выполняемые по инициативе и планам научно-исследовательских организаций.

В зависимости от источника финансирования научные исследования делятся на бюджетные, коммерческие и нефинансируемые.

Бюджетные научные исследования финансируются из средств государственного бюджета.

Коммерческие исследования финансируются организациями-заказчиками на основе хозяйственных договоров. Такие организации могут быть как производственными, так и научно-исследовательскими.

Нефинансируемые исследования выполняются по договорам о сотрудничестве.

Каждую научно-исследовательскую работу можно отнести к определенному направлению. Под научным направлением понимается наука или комплекс наук, в области которых ведутся исследования. В связи с этим различают техническое, биологическое, социальное, физико-техническое, историческое и другие направления с возможной последующей детализацией.

Таким образом, основой научного направления является специальная наука или ряд специальных наук, входящих в ту или иную научную отрасль, а также специальные методы исследования.

### **1.3. Место творчества в процессе исследования**

Творчество – это процесс создания новых по замыслу ценностей, открытий, изобретений, установления неизвестных науке фактов, создание новой, ценной информации. Исследования должны быть творческими.

Опровергнуть существующие или создать новые научные гипотезы, дать глубокое объяснение процессов или явлений, которые ранее были непонятными или малоизученными, связать воедино разные явления, т.е. определить суть исследуемого процесса, научно обобщить большое количество опытных данных – все это невозможно без творческого мышления.

Творческий процесс требует совершенствования определенного решения. Совершенствование является процессом видоизменения объекта мышления в оптимальном направлении. Если данный процесс достигает границ, определенных поставленной ранее целью, процесс оптимизации прекращается, создается продукт умственного труда. В теоретическом аспекте — это научное переосмысление.

При определенных условиях процесс совершенствования приводит к появлению оригинального теоретического решения. Оригинальность обнаруживается в своеобразной, неповторимой точке зрения на процесс или явление.

Творческий характер мышления при разработке теоретических аспектов научного исследования состоит в создании представлений воображения, т.е. новых комбинаций из известных элемен-

тов, и базируется на следующих приемах: сборе и обобщении информации, постоянном сопоставлении, сравнении, критическом осмыслении, выразительном формулировании собственных мыслей, их письменном изложении, совершенствовании и оптимизации положений исследования.

Выделяют несколько стадий творческого процесса теоретического исследования: ознакомлением известными решениями, отказ от известных путей решения аналогичных задач, анализ различных вариантов решения, решение (выбор оптимального варианта).

Творческое решение часто не укладывается в заранее намеченные планы. Иногда оригинальные решения появляются неожиданно, после продолжительных и напрасных попыток. Чем больше известных (типичных, шаблонных) решений, тем сложнее получить оригинальное решение. Творческий процесс представляет собой разрыв обычных представлений и взгляд на явления с нестандартной точки зрения.

Собственные творческие мысли, оригинальные решения возникают тем чаще, чем больше сил, труда и времени исследователь затрачивает на постоянное осмысление объекта исследования.

Особенность творческого труда в исследовании заключается в его целевой функции – превращении науки в непосредственную производительную силу.

## 2. МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

\*Классификация методов научного исследования. Методы эмпирического (практического) исследования. Моделирование в теоретических исследованиях.

### 2.1. Классификация методов научного исследования

Одной из важнейших особенностей научного познания является его организованность и использование конкретных методов исследования. Под методом понимается совокупность приемов, способов, правил познавательной, теоретической и практической деятельности исследователей. Исследование методов познания и практической деятельности является задачей-особой дисциплины – методологии исследования.

В методологии научных исследований выделяют два уровня познания:

- эмпирический (наблюдение и эксперимент, группировка, классификация и описание результатов эксперимента);
- теоретический (построение и развитие научных гипотез и теорий, формулирование законов и выделение из них логических следствий, сопоставление различных гипотез и теорий).

Уровни научного познания различаются по ряду параметров: по предмету исследования (эмпирическое исследование ориентировано на явления, теоретическое — на сущность), по средствам и инструментам познания, по методам исследования, по характеру добытых знаний (в первом случае это эмпирические факты, классификации, эмпирические законы, во втором — законы, раскрытие существенных связей, теории). При этом оба вида исследования органически взаимосвязаны в целостной структуре научного исследования.

Исходя из универсальности использования различают следующие группы методов научного познания:

- общенаучные методы, находящие применение почти во всех науках;
- частные или специальные методы, характерные для отдельных наук или областей практической деятельности;
- методики, представляющие собой приемы и способы, вырабатываемые для решения какой-то особенной, частной проблемы.

Общенаучные методы используются в теоретических и эмпирических исследованиях. Они включают анализ и синтез, индукцию

и дедукцию, аналогию и моделирование, логический и исторический методы, абстрагирование и конкретизацию, системный анализ, формализацию, создание теории и т.д.

Анализ – метод исследования, который заключается в изучении объекта путем мысленного или практического расчленения его на составные элементы (части объекта, его признаки, свойства, отношения).

Синтез — метод изучения объекта в целостности, в единстве и взаимной связи его частей. В процессе научных исследований синтез связан с анализом, так как позволяет соединить части объекта, расчлененного в процессе анализа, установить их взаимосвязи и изучить предмет как единое целое.

Индукция – метод исследования, при котором общий вывод о признаках множества элементов делается на основе изучения этих признаков у части элементов множества.

Дедукция — метод логического умозаключения от общего к частному, т.е. сначала исследуется состояние объекта в целом, а затем — его составных элементов. ;

Аналогия – метод познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках делают заключение об их сходстве и в других признаках. Моделирование — изучение объекта (оригинала) путем создания и исследования его копии (модели), замещающей оригинал по определенным моментам, интересующим исследователя.

Важное место в рамках научных исследований занимают логический и исторический методы.

Логический метод подразделяется на гипотетический и аксиоматический.

Гипотетический метод основан на разработке гипотезы, т.е. научного предположения, которое содержит элементы новизны и оригинальности. Гипотеза должна более полно объяснять явления и процессы, подтверждаться экспериментально и отвечать общим законам диалектики. Этот исследовательский прием является достаточно распространенным в прикладных науках.

Аксиоматический метод основан на очевидных положениях (аксиомах), принятых без доказательства. По этому методу теория разрабатывается на основе дедуктивного принципа. Более широкое распространение он получил в теоретических науках (математике, математической логике и др.).

Исторический метод позволяет исследовать возникновение, формирование и развитие процессов и событий в хронологической последовательности с целью обнаружения внутренних и внешних

связей, закономерностей и противоречий. Данный исследовательский прием используется преимущественно в общественных, главным образом, в исторических науках. В прикладных науках он применяется, как правило, при изучении развития и формирования тех или иных областей науки и техники.

Между логическим и историческим методами существует единство, основанное на том, что любое логическое познание должно рассматриваться в историческом аспекте.

Абстрагирование — метод отвлечения от ряда несущественных для данного исследования свойств и отношений изучаемого явления с одновременным выделением существенных свойств и отношений.

Конкретизация – метод исследования объектов во всей их разносторонности, в качественном многообразии реального существования. При этом исследуется состояние предметов в связи с определенными условиями их существования и исторического развития.

Системный анализ – изучение объекта исследования как совокупности элементов, образующих систему. В научных исследованиях он предусматривает оценку поведения объекта как системы со всеми факторами, влияющими на его функционирование.

Формализация — метод исследования объектов путем представления их элементов в виде специальных символов, например, представление себестоимости продукции формулой, в которой при помощи символов изображены статьи затрат.

Создание теории – обобщение результатов исследования, нахождение общих закономерностей в поведении изучаемых объектов, а также распространение результатов исследования на другие объекты и явления.

Также в последнее время широкое распространение получили такие общие методы научного исследования, как обобщение (установление общих свойств и признаков объектов), классификация (разделение всех изучаемых объектов на отдельные группы в соответствии с каким-либо существенным признаком), статистические методы (определение средних значений, характеризующих всю совокупность изучаемых объектов).

Конкретно-научные (частные) методы научного исследования представляют собой специфические методы конкретных наук, например, экономических. Эти методы формируются в зависимости от целевой функции науки и характеризуются взаимным проникновением в однородные отрасли наук (например, методы экономиче-

ского анализа развились на базе бухгалтерского учета и статистики), выходом за пределы области знания, в которой они сформировались.

## 2.2. Методы эмпирического (практического) исследования

К основным эмпирическим методам исследования относятся:

- наблюдение;
- эксперимент;
- описание (фиксация средствами естественного или искусственного языка сведений об объектах);
  - измерение (сравнение объектов по каким-либо сходным свойствам или характеристикам).

В рамках эмпирического уровня научного познания чаще всего используются такие методы исследования, как наблюдение и эксперимент.

Наблюдение — это преднамеренное и целенаправленное изучение явлений и процессов без прямого вмешательства в их развитие, подчиненное задачам научного исследования. Основными требованиями к научному „наблюдению“ являются следующие:

- однозначность цели и замысла;
- системность;
- объективность;
- возможность контроля (путем повторного наблюдения; или с помощью эксперимента).

Как правило, наблюдение используется в тех случаях, когда вмешательство в исследуемый процесс нежелательно или невозможно. Наблюдение в современной науке связано с использованием приборов, которые усиливают органы чувств, снижают меру субъективизма в оценке наблюдаемых явлений. Важное место в процессе наблюдения занимает операция измерения (определения отношения одной величины (измеряемой) к другой, принятой за эталон). Так как результаты наблюдения, как правило, приобретают вид различных таблиц, графиков и т.д., важной составляющей исследования является интерпретация полученных данных. Особой сложностью отличается наблюдение в социально-экономических науках, где его результаты во многом зависят от личности наблюдателя и его отношения к изучаемым явлениям.

Эксперимент — это метод исследования, при котором явления изучаются в контролируемых условиях. Эксперимент, как правило,

осуществляется на основе теории или гипотезы, определяющей постановку задачи и интерпретацию результатов.

Основной целью эксперимента является проверка теоретических положений (подтверждение рабочей гипотезы), а также более широкое и глубокое изучения темы научного исследования.

В зависимости от специфики проведения различают несколько видов эксперимента:

качественный (установление наличия или отсутствия предлагаемых гипотезой явлений);

измерительный (количественный) эксперимент (определение численных параметров какого-либо свойства, процесса, явления);

мысленный эксперимент;

социально-экономический эксперимент (осуществляется в целях оптимизации управления и др.).

Выделяют также эксперименты естественные и искусственные.

Естественные эксперименты характерны при изучении социальных явлений (социальный эксперимент), в обстановке, например, производства, быта и т.п.

Искусственные эксперименты широко применяются во многих естественнонаучных исследованиях. В этом случае изучаются явления, изолированные до степени, достаточной для оценки в количественном и качественном аспектах.

### **2.3. Моделирование в теоретических исследованиях**

В целом этап теоретических разработок научного исследования включает:

- изучение сущности процесса или явления;
- формулирование гипотезы исследования;
- выбор, обоснование и разработку модели;
- математизацию модели;
- анализ теоретических решений, формулирование выводов.

Первичными в познании сущности процессов выступают наблюдения.

Любой процесс зависит от многих действующих на него факторов. Наблюдение (измерение) может зафиксировать лишь некоторые факторы. Для того чтобы наиболее полно изучить процесс, необходимо выполнить значительное количество наблюдений (измерений), выделить главное и затем исследовать процессы или яв-

ления с помощью систематизированной информации. Эта информация сконцентрируется в такое абстрактное понятие, как «модель».

Под моделью понимается искусственная система, которая отображает основные свойства исследуемого объекта – оригинала. Модель – это изображение в удобной форме многочисленной информации об исследуемом объекте. Она находится в определенном соответствии с последним, может заменить его при исследовании и позволяет увеличить объем информации о нем.

Метод моделирования (изучения явлений с помощью моделей) является одним из основных в современных исследованиях. Его сущность состоит в том, что непосредственно исследуется не сам объект, а его аналог, модель, а затем полученные при изучении модели результаты по особым правилам переносятся на сам объект. Моделирование используется в тех случаях, когда сам объект либо труднодоступен, либо его прямое изучение экономически невыгодно и т.д.

Различают несколько видов моделирования:

- предметное (модель воспроизводит геометрические, физические или функциональные характеристики объекта);
- аналоговое (модель и оригинал описываются единым математическим соотношением);
- знаковое (в роли моделей выступают схемы, чертежи, формулы);
- мысленное (модели имеют мысленно наглядный характер).

С моделированием органически связана идеализация – мысленное конструирование понятий, теорий об объектах, не существующих и не осуществимых в действительности, но таких, для которых существует близкий прообраз или аналог в реальном мире.

При построении модели свойства и сам объект, как правило, упрощают и обобщают. Чем ближе модель к оригиналу, тем более эффективно она описывает объект, тем рациональнее теоретическое исследование и тем ближе полученные результаты к принятой гипотезе исследования и объективным предпосылкам.

Стандартных рекомендаций по организации выбора и построения моделей не существует. Модель должна отображать наиболее важные явления того или иного процесса или объекта. Незначительные факторы, излишняя детализация, второстепенные явления и т.п. лишь усложняют модель, загромождают теоретические исследования. Поэтому модель должна быть оптимальной по

своей сложности, желательно наглядной, но главное – достаточно адекватной, т.е. она должна описывать закономерности исследуемого явления с необходимой точностью.

Разнообразные физические и экономические модели исследуемых процессов исследуются на базе применения математических методов, которые могут быть разделены на такие основные группы:

- аналитические исследовательские приемы (элементарная математика, дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление и др.), используемые для изучения непрерывных взаимосвязанных процессов. С помощью аналитических исследовательских приемов устанавливаются математическая зависимость между параметрами модели. Эти методы позволяют глубоко и всесторонне изучить исследуемые процессы, установить точные количественные связи между аргументами и функциями, проанализировать исследуемые явления;

- методы математического анализа с использованием эксперимента (метод анализа, теория подобия, метод размерностей) и др.

Аналитические зависимости позволяют на основе функционального анализа изучить процессы в общем виде, при этом они могут быть представлены в виде функции, уравнения, в виде системы дифференциальных или интегральных уравнений.

Такие модели обычно содержат значительный объем информации. Характерной особенностью математических моделей является то, что использование математического аппарата позволяет максимально формализовать исследуемую проблему. При этом исследователь получает новую информацию о функциональных связях и свойствах моделей.

Использование математических моделей является одним из основных методов современного научного исследования. Но он имеет и существенные недостатки. Для того чтобы из всего набора альтернатив найти оптимальное решение, присущее лишь данному процессу, необходимо задать условия однозначности. Неправильное принятие граничных условий приводит к тому, что теоретическому анализу подвергается не тот процесс, который планировался, а уже видоизмененный.

Иногда при исследовании сложного физического процесса упрощаются исходные дифференциальные уравнения из-за невозможности или чрезмерной громоздкости их решения, искажающего его сущность. Таким образом, очень часто реализовать аналитические зависимости достаточно сложно.

### 3. ВЫБОР ТЕМЫ, ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

\*Тема научного исследования. Цели и задачи научно-исследовательской работы.

#### 3.1. Тема научного исследования

Тема — это научная задача, охватывающая определенную область научного исследования. Она базируется на многочисленных исследовательских вопросах. Под научными вопросами при этом понимают более мелкие по сравнению с темой научные задачи, относящиеся к конкретной области научного исследования\*

При разработке темы или вопроса выдвигается конкретная задача в рамках научного исследования – разработать новую методику, прогрессивную структуру, усовершенствовать существующие подходы и т.д. Выбору темы предшествует тщательное ознакомление с отечественными и зарубежными источниками по данной и смежной специальностям.

Постановка (выбор) темы является достаточно сложной задачей, включающей ряд этапов:

Формулирование проблемы (на основе анализа исследуемого направления формулируется основной вопрос (проблема) и определяется ожидаемый результат научного исследования.

Разработка структуры проблемы (выделяется тема, подтемы, вопросы). Композиция этих компонентов должна составлять дерево проблемы.

Определение и обоснование актуальности проблемы, ее ценности на данном этапе для развития науки и техники.

После обоснования проблемы и выявления ее структуры научный работник, как правило, самостоятельно приступает к выбору темы научного исследования. По мнению большинства ученых, выбрать тему иногда гораздо более сложно, чем провести само исследование.

В наименовании темы обычно присутствует:

- направленность исследования (решение задачи, разработка, повышение эффективности, совершенствование, оптимизация и т.д.);
- объект исследования;
- предмет исследования.

Помощь в формулировке темы может оказать приведенная ниже обобщенная структура наименования научно-исследовательской работы (рис. 3.1).

## Методы планирования эксперимента в дорожной отрасли

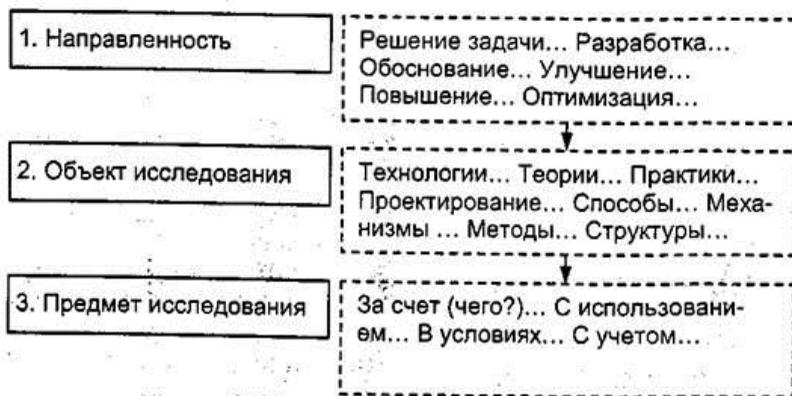


Рис 3.1. Рекомендуемая структура наименования научно-исследовательской работы

Тема должна быть актуальной, т.е. важной, требующей надлежащего разрешения и разработки именно в настоящее время. Это требование является одним из основных. Критериев для оценки степени актуальности не существует. При оценке актуальности прикладных научных разработок более актуальной считается та тема, которая обеспечит больший экономический эффект.

Тема должна решать новую научную задачу, т.е. в достаточной мере соответствовать такой характеристике, как новизна. Это значит, что тема в принятой постановке никогда не разрабатывалась и не разрабатывается.

Грань между научными и инженерными исследованиями с каждым годом стирается все в большей степени. Однако при выборе темы новизна должна быть не инженерной, а именно научной, т.е. принципиально новой. Если разрабатывается даже новая задача, но на основе уже открытого закона, это область инженерно-экономических, а не научных разработок.

Тема должна быть экономически эффективной и значимой.

На стадии выбора темы исследования ожидаемый экономический эффект может быть определен, как правило, ориентировочно. Иногда экономический эффект на начальной стадии установить вообще невозможно. В таких случаях для ориентировочной оценки эффективности темы исследования можно использовать существующие аналоги.

Значимость как главный критерий темы имеет место при разработке исследований, определяющих уровень науки, составляющих фундамент для прикладных исследований или направленных на совершенствование общественных, экономических и производственных отношений и т.д.

Тема должна соответствовать профилю и специфике научного коллектива. Каждый научный коллектив по сложившимся традициям имеет свой профиль, квалификацию, компетентность. Это способствует накоплению опыта исследований, повышает теоретический уровень разработок, качество и экономическую эффективность, сокращает сроки выполнения исследования. Инициативу и прилив творческих сил в коллективе может вызвать выполнение нескольких (до 10%) непрофильных тем, не отличающихся резко от основной тематики коллектива.

Важной характеристикой темы является возможность ее практической реализации.

Большое значение при проведении научного исследования имеет обмен опытом с отраслевыми и академическими институтами, кафедрами родственных вузов. Особую роль также приобретает общение с ведущими научными работниками, ведущими специалистами в данной сфере.

Методика выбора темы в научном коллективе, имеющем свои научные традиции и разрабатывающем комплексную проблему, существенно упрощается. В таких коллективах научные исследования выполняются не одиночками, а специализированными группами. При коллективной разработке научных исследований большую роль приобретают критика, дискуссия, обсуждение проблем.

В вузах именно таким образом создаются благоприятные условия для участия в научно-исследовательской работе не только преподавателей кафедр, но и студентов.

После ознакомления с темой научный работник перед коллегами обосновывает постановку вопроса и его состояние на момент получения темы.

## 3.2. Цели и задачи научно-исследовательской работы

После выбора темы научного исследования начинается поиск, а затем конкретное и тщательное изучение научно-технической информации.

Цель поиска, проработки и анализа информации – всестороннее освещение состояния вопроса по теме, ее уточнение (если это необходимо), обоснование цели и задач научного исследования.

Изучаются различные литературные источники в оригинале и по переводным изданиям. Анализ источников позволит исключить дублирование исследуемой темы.

Базироваться на литературном анализе иностранной информации без личного ознакомления с оригиналом или квалифицированным переводом других авторов не рекомендуется. Кроме информации, непосредственно относящейся к исследуемой теме, необходимо проработать основную литературу по родственным темам.

Важно ознакомиться также с дисциплинами, близкими к дисциплине выбранной темы. Этот анализ может быть полезен при разработке отдельных вопросов темы.

После сбора литературных, архивных, производственных и других информационных данных и их обобщения полезно узнать мнение ведущих специалистов. Они могут оказать существенную помощь в выделении основных проблем, в определении формы сбора информации, в сокращении времени разработки темы и определении объемов собираемой информации. Важная роль принадлежит научному руководителю научно-исследовательской работы. Он ограничивает и направляет поиск, помогает разобраться (особенно начинающему научному работнику) в потоке информации, отбросить второстепенные источники;

В зависимости от проблематики и научной значимости объема проработанных информационных источников может достигать 200 наименований и более;

Каждый источник должен быть тщательно проработан, при этом руководящей идеей всего анализа информации должно быть обоснование актуальности и перспективности цели научного исследования.

Каждый источник анализируют с точки зрения исторического научного вклада в решение и развитие данной темы. При этом тщательно разбирают роль теории, эксперимента и ценность производственных рекомендаций.

По результатам проработки информации делают методологические выводы и подводят итог критического анализа. В выводах должны быть освещены следующие вопросы: актуальность и новизна избранной темы; последние достижения в области теоретических и экспериментальных исследований по теме; наиболее актуальные теоретические и экспериментальные задачи; рекомендации, подлежащие разработке в данный момент; техническая целесообразность и экономическая эффективность разработок.

На основе указанных выводов формулируют цель и конкретные задачи научного исследования. Обычно количество задач, подлежащих исследованию по теме одним научным работником, колеблется от 3 до 8.

## 4. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

\*Подбор литературы. Методы работы с источниками.

### 4.1. Подбор литературы

Существует значительное количество источников, которые следует использовать для критического анализа в рамках научного исследования.

Источники информации, используемые в экономических исследованиях, делятся на следующие группы: нормативные, литературные и планово-учетные.

Нормативные источники – это решения и постановления высших законодательных и исполнительных органов власти, а также нормативные акты министерств и ведомств.

Планово-учетные источники – это планы экономического и социального развития, расчеты по их обоснованию, документы по учету хозяйственной деятельности, бухгалтерская и статистическая отчетность о работе предприятий и отрасли в целом и др.

Литературные источники делятся на официальные и специальные. К первым относятся источники, содержащие достоверные показатели экономического и социального развития страны (официальные статистические сборники); ко второй монографии, учебники, учебные и практические пособия, серийные издания (журналы, газеты).

Литературные источники в зависимости от целевого назначения делятся на следующие виды:

- первоисточники ведущих экономистов-ученых;
- статистические материалы;
- научно-исследовательская литература;
- учебная литература;
- научно-популярная литература;
- практические пособия;
- справочная литература.

Первоисточники ведущих экономистов – это труды основоположников различных экономических теорий, документы и материалы. Труды общепризнанных классиков используются в качестве научно-теоретической и методологической базы, содержащей аксиоматические знания.

Статистические материалы — сведения о развитии экономики, обобщенные в ежегодных статистических сборниках. Статистические издания большинства стран основаны на общепринятой

единой методологии, поэтому являются достоверной и удобной информацией для экономических исследований.

Научно-исследовательская литература издается в виде монографий, обобщающих трудов, сборников статей, в которых освещаются различные проблемы экономических наук. Они содержат новую научную информацию, используемую в экономических исследованиях.

Учебная литература – это учебники и учебные пособия по экономическим дисциплинам, предназначенные для подготовки специалистов в области экономики.

По видам издания учебная литература делится на учебники, учебные пособия, программно-методические материалы. Важнейшими из них являются учебники, содержащие основной программный материал.

Научно-популярная литература – статьи, брошюры и книги по экономическим вопросам.

Практические пособия. – это издания, рассчитанные на отдельные категории специалистов экономики для использования их в практической деятельности. К таким изданиям относится литература по вопросам бухгалтерского и статистического учета, финансов, планирования и организации производств и др;

Справочная литература предназначена для различных фактографических справок и состоит из изданий для научных работников и специалистов, преподавателей и студентов вузов, руководящего состава предприятий и т.д. (энциклопедии, словари, справочники, нормативные материалы и др.).

## 4.2. Методы работы с источниками

В процессе работы с литературой научный работник должен фиксировать наиболее интересные факты и мысли, а также свои идеи, которые являются неотъемлемой частью творческого изучения источника информации. Научному работнику следует овладеть начальными навыками работы с текстом. Она может выполняться в различных формах, а именно:

- конспектирование;
- составление плана;
- выписки;
- тезисы.

Конспектирование. Конспект – это краткая фиксация основного содержания источника. Чтобы составить конспект, необходимо пользоваться одним из существующих приемов конспектирования.

Можно заранее составить план из интересующих вопросов и затем кратко излагать то, что содержится по этим вопросам в источнике. Такой тип конспекта называется плановым. В него вносятся не все содержание источника, а только то, что необходимо для подготовки научно-исследовательской работы.

Текстуальный тип конспекта полностью состоит из цитат. Этот способ удобен тем, что впоследствии при написании самой работы все необходимые прямые цитаты будут уже под рукой.

Тематический конспект организуется таким образом, чтобы одновременно проработать несколько источников по одной теме.

Составление плана. Для того чтобы лучше понять внутреннюю логику изучаемого текста, желательно составить развернутый план. План может быть простым, состоящим из общих заголовков, относящихся к крупным частям текста, или развернутым. Обычно лучше начать с составления простого плана, а затем совершенствовать его.

Выписки. Это нечто вроде первичной, упрощенной формы конспекта, когда из всего текста выбирается то, что относится к изучаемой теме или косвенно с ней связано, и записывается в форме отдельных, не связанных друг с другом единой логикой записей. Это наиболее простая форма работы с текстом.

Тезисы – краткие формулировки основных положений содержания книги или статьи. В процессе составления тезисов научный работник глубже усваивает материал и делает первые собственные обобщения.

Различают простые, сложные и основные тезисы. Основные тезисы представляют собой конечный результат процесса. Это четкое, лаконичное изложение в пронумерованных пунктах главных идей, содержащихся в источнике. Простые и сложные тезисы — это соответственно более или менее подробные формулировки идей, но еще не окончательно отшлифованные, содержащие цитаты или прямой пересказ авторского текста. Впоследствии при переработке простых и сложных тезисов получаются основные.

## 5. ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ НАУЧНОГО ТЕКСТА

Общие требования к композиции научного текста. Принципы рубрикации научного текста. Общие требования к стилистике. Виды литературного изложения результатов научно-исследовательских работ.

### 5.1. Общие требования к композиции научного текста

В настоящее время сложилась традиционная форма композиции научного текста, предполагающая его разделение на логически строгие и пропорциональные введение, основную часть с главами и параграфами и заключение.

Научный текст предваряет введение, потому что процесс восприятия текста требует постепенного усвоения сути работы. Введение — это не композиционная часть работы, а документальная ее часть, включающая в себя основные квалификационные характеристики. Содержание введения соответствует определенному стандарту и обязательно должно состоять из ряда общезначимых и признанных формулировок.

Введение начинается с обоснования актуальности выбранной темы. Достаточно в объеме нескольких страниц кратко обрисовать сущность сложившейся в современной науке ситуации в связи с темой научного исследования. Выходы на социальную действительность и потребности общества в решении исследовательских задач должны быть немногословными и корректными.

Переходя к описанию степени разработанности темы в современной научной литературе, следует продемонстрировать глубокое знание имеющихся источников, критическое мышление и объективную оценку сделанного другими исследователями в освоении этой темы. Задача введения состоит в том, чтобы показать, что в исследовании темы уже сделано, а что еще не сделано. Из введения становится ясно, что еще предстоит сделать, в том числе и в рамках данной работы. Необходимо на основе внимательного изучения источников выделить и сгруппировать имеющиеся точки зрения таким образом, чтобы получились единые подходы, отличающиеся друг от друга методологией и методикой. Тогда легче будет показать, какая методология в решении данной проблемы будет более приемлемой.

Подача материалов во введении может осуществляться двумя путями: в хронологическом (начиная с концепций, появившихся ранее других, и заканчивая наиболее современными) или логическом порядке (руководствуясь логикой развития научного исследования темы). Обычно логический порядок предпочтительнее, так как его использование позволяет более полно раскрыть тему исследования.

Далее формулируются цель и задачи исследования. Формулировка цели должна логически вытекать из обрисованной выше сложившейся ситуации по теме. Затем отмечается, что именно планируется сделать в рамках данной работы, и формулируется конкретная цель научного исследования. Формулировка цели должна быть максимально четкой и краткой, а также полной и логически корректной.

Сформулированная общая цель исследования требует постановки конкретных тактических задач. Задач, в отличие от цели, должно быть несколько. В совокупности они образуют общую тактику реализации поставленной цели, а по отдельности представляют собой последовательные шаги её достижения. Формулировки задач совпадают или почти совпадают с названиями глав и параграфов основной части.

Особые затруднения вызывает необходимость выделения во введении предмета и объекта исследования. Объект исследования – это явление или процесс объективной реальности, на который направлен научный поиск автора работы. Предмет исследования представляет собой фрагмент объекта, подвергающийся непосредственному изучению.

Обязательным требованием к тексту введения является/указание методов, которыми пользовались авторы в процессе проведения научного исследования. Кроме того, любой исследователь или их группа работают в рамках какой-то философской методологии, что также нужно указать.

Содержание основной части работы диктуется требованиями темы. Принципиально важно соблюдать субординацию общей темы работы, названий глав и параграфов. Названия параграфов должны быть сформулированы так, чтобы не выходить за рамки, очерченные названием объединяющей их главы. Тема должна быть шире названий отдельных глав, а название главы – шире названий каждого из входящих в нее параграфов.

Общее содержание основной части должно соответствовать теме исследования и служить ее исчерпывающим раскрытием. Из-

ложение необходимо строить так, чтобы оно выглядело аргументированным, подаваемые суждения – взвешенными, логика изложения – продуманной.

В заключении следует снова обратиться к проделанной работе, чтобы кратко воспроизвести логическую схему исследования. Необходимо четко сформулировать и последовательно изложить полученные в ходе исследования промежуточные и основные выводы и результаты. Заключение составляет от 5 до 10% всего объема работы.

Подводя итоги исследования, необходимо охарактеризовать его научную значимость и возможности практического применения. При этом оцениваются не только главные, но и второстепенные результаты исследования, которые могут обладать самостоятельным научным значением. Указываются пути и перспективы дальнейшего исследования темы, формулируются задачи, которые еще предстоит решить.

## 5.2. Принципы рубрикации научного текста

Под рубрикацией текста понимается его разбиение на логически самостоятельные составные части. Рубрикация научной работы должна служить оптимальному раскрытию темы.

Если введение и заключение обычно бывают цельными, то основная часть подвергается рубрикации на главы и параграфы. Она осуществляется посредством нумерации и формулирования заголовков.

Заголовки глав и параграфов определяют общую перспективу изложения на данном отрезке текста. Каждый заголовок должен строго соответствовать содержанию следующего за ним текста. При этом необходимо, чтобы каждая глава по содержанию представляла собой логическую сумму смысловых содержаний параграфов.

Названия глав и параграфов не следует делать ни слишком многословными, ни краткими. Длинные заголовки выглядят громоздкими и с трудом воспринимаются. Слишком короткие названия теряют всякую конкретность и воспринимаются как предельно общие. В заголовок нежелательно включать узкоспециальные термины, сокращения, аббревиатуры, формулы.

Помимо выделения частей текста, имеющих названия и номера, существует и более дробная рубрикация без использования номеров и названий. Это деление текста на абзацы, т.е. периодическое логически обусловленное выделение фрагментов написан-

ного друг от друга отступом вправо в начале первой строки фрагмента. Абзацы облегчают восприятие текста при чтении и осмыслении.

Редкость отступов делает текст монотонным, а чрезмерная их частота мешает сосредоточиться на мысли автора. Научный текст, как правило, стремится к безличности и констатации фактов. Его содержание бывает достаточно сложным и требует вдумчивого чтения, поэтому слишком частые отступы для него неприемлемы.

Между абзацами обязательно должна существовать логическая связь, объединяющая их в цельное повествование. Для того чтобы сделать эту связь более очевидной, необходимо усилить рубрикацию использованием специальных оборотов в начале абзаца, которые дают возможность подчеркнуть, как именно связаны предыдущий и последующий абзацы (является ли последующий выводом из предыдущего, обобщением нескольких предыдущих абзацев или возражением на содержащиеся в них аргументы).

### 5.3. Общие требования к стилистике

Научно-исследовательская работа должна соответствовать требованиям стилистики научного текста, чтобы обеспечить взаимно уважительный тон научной полемики, соблюдение авторских прав, корректность, отсутствие смысловых искажений, фальсификаций.

Для научного текста характерен формально-логический способ изложения, целостный и объединенный единой логической связью, так как научный текст преследует единую цель — обосновать и доказать ряд теоретических положений.

В научном тексте все направлено на решение поставленных задач и достижение конечной цели. Используемые в нем средства выражения должны отличаться точностью, смысловой ясностью. Ключевые слова научного текста — это понятия. При написании следует пользоваться логически-понятийным аппаратом, т.е. установленной системой терминов, значение и смысл которых должен быть четким и ясным. Значение используемых терминов должно соответствовать общепринятому употреблению.

Научный текст, предполагает использование определенных фразеологических оборотов, слов-связок и вводных слов, назначение которых состоит в том, чтобы показать логическое соотношение данной части изложения с предыдущей и последующей или подчеркнуть рубрикацию текста. Вводные словами обороты типа «итак», «таким образом» показывают, что данная часть текста служит обобщением и логическим продолжением изложенного выше.

Слова и обороты «следовательно», «отсюда следует, что...» свидетельствуют о том, что между сказанным выше и тем, что будет сказано (Сейчас, существует причинно-следственные отношения. Слова и обороты типа «в начале», «во-первых», «прежде всего», «наконец», «в заключение сказанного» указывают на место излагаемой мысли или факта в логической структуре текста. Слова и обороты «однако», «тем не менее», «впрочем», «между тем» выражают наличие противоречия между только что сказанным и тем, что сейчас будет сказано. Обороты «рассмотрим подробнее...» или «перейдем теперь к...» помогают более четкой рубрикации текста, так как подчеркивают переход к новой части изложения.

Научная речь имеет грамматические, синтаксические, лексико-стилистические особенности, отличающие ее от других разновидностей. Ее грамматика характеризуется присутствием в тексте большого количества существительных, выполняющих функцию абстрактных понятий, выражающих процессуальный характер описываемого (исследование, рассмотрение, подтверждение и т.п.).

Особенностью использования глагольных форм является превалирующее обращение к изъявительному наклонению, настоящему времени, несовершенному виду. Это объясняется тем, что научная речь имеет констатирующий характер и сообщает о реально существующем состоянии дел.

Синтаксис научного текста отличается значительным количеством сложных предложений, которые способны адекватно передавать логические механизмы научной аргументации и причинно-следственные связи. Показателем культуры научной речи и профессионализма исследователя является высокая концентрация в тексте сложных предложений.

Традиционно установившаяся форма подачи научного текста предполагает максимальную отстраненность от изложения личности автора с его субъективными предпочтениями, индивидуальными особенностями речи и стиля, эмоциональными оценками. Такой эффект отстраненности, безличности изложения достигается некоторыми синтаксическими и стилистическими средствами (использованием безличных и неопределенно-личных конструкций, конструкций с краткими страдательными причастиями типа «выявлено несколько новых принципов», ведением изложения от третьего лица и т.д.).

Особенностью современного научного текста является практически полное исключение из употребления личного местоимения

первого лица единственного числа – «я». Для этой цели, как правило, используется местоимение множественного числа — «мы». Образуются конструкции типа «мы считаем», «нам представляется», «по нашему мнению». Такое употребление придает тексту видимость большей объективности. Когда авторство выражается местоимением «мы», создается впечатление, что за автором как единичным субъектом, стоит группа людей – научная школа, группа авторов, научное направление. Это также соответствует неписаным требованиям академического этикета.

Смысловая точность и ясность изложения достигается рациональным использованием слов и терминов. Не стоит без необходимости вводить в текст слова иностранного происхождения, когда можно использовать их русские синонимы.

Кроме того, необходимо, по возможности, избавляться от оборотов и выражений, имеющих слишком неопределенный смысл (например, «вполне очевидно»). В тексте не должно быть многословия, смыслового дублирования, тавтологий.

#### **5.4. Виды литературного изложения результатов научно-исследовательских работ**

Исследовательская стадия научного процесса завершается подведением итогов, включающим доказательство гипотез, выводов и рекомендаций, научных экспериментов, корректировку первоначальных предложений, литературное изложение процесса исследования.

Сделанные выводы и рекомендации на основании исследования завершаются литературным изложением в виде реферата, научного доклада, статьи, монографии, отчета о НИР или диссертации.

Рефераты (от лат. *refere* – «докладывать», «сообщать») бывают двух видов: научные и информационные.

Научный реферат – это краткое устное или письменное изложение научной темы (вопроса), составленное на основании проведенного исследования, обзора источников.

Информационный реферат – краткое письменное изложение научного труда, где освещается основное его содержание.

Научный доклад – публичное развернутое сообщение по какой-либо теме исследования, достаточно актуальной для определенной аудитории.

Статья – это самостоятельное произведение, предназначенное для публикации в периодической научной литературе, содержащее (определенную научную информацию, полученную в результате проведенных исследований).

Монография — специальное научное исследование, посвященное одному вопросу. Она отличается от статьи более широкой постановкой проблемы, аргументированностью суждений, их доказательностью, ссылкой на доказательства (литературные источники, показатели работы предприятий и др.). Монография, как правило, имеет справочный аппарат, список использованной литературы, хронологический справочник, тематический или именной указатель;

Отчет о НИР – непубликуемый научно-технический документ, содержащий подробные сведения о сущности, методике и результатах выполненной научно-исследовательской работы или отдельного ее этапа.

Диссертация — квалификационная научная работа в определенной сфере наук, содержащая совокупность научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, и свидетельствующая о личном вкладе автора в развитие науки. Основу ее составляют выполненные и опубликованные научные работы, открытия или изобретения.

## 6. ЗАДАЧИ И ВИДЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Наука – сфера исследовательской деятельности, направленная на получение новых знаний о природе, обществе и мышлении. В настоящее время развитие науки связано с разделением и кооперацией научного труда, созданием научных учреждений, экспериментального и лабораторного оборудования.

Эксперимент в ходе развития науки выступал мощным средством исследования явлений природы и технических объектов. Но лишь сравнительно недавно он стал предметом исследования. Пристальное внимание ученых и инженеров к тому, как лучше и эффективней проводить эксперимент, возникло не случайно, а является следствием достигнутого уровня и масштаба экспериментальных работ на современном этапе развития науки и техники. Этот этап с рассматриваемой точки зрения характеризуется ростом общего числа проводимых экспериментальных работ; увеличением количества специалистов, занимающихся экспериментальной деятельностью; существенным усложнением объектов исследования и используемого экспериментального оборудования; тенденцией к удлинению среднего времени экспериментирования и удорожанию исследований; начавшаяся процессом внедрения средств и систем автоматизации эксперимента.

Известно, что новая наука может возникнуть, если существует объективная необходимость ее появления и имеется предмет новой науки, представляющий общенаучный интерес. Сказанное в полной мере относится и к теории планирования эксперимента. Предмет исследования этого научного направления – эксперимент. Однако особенности планирования, постановки эксперимента рассматриваются и в физике, и в химии, и в прикладных науках. Для того, чтобы эксперимент стал предметом исследования отдельного научного направления, необходимо, чтобы он характеризовался некоторыми чертами, общими для любого эксперимента независимо от того, в какой конкретной области знаний эксперимент проводится. Такими общими чертами эксперимента является необходимость:

- 1) контролировать любой эксперимент, т.е. исключать влияние внешних переменных, не принятых исследователем по тем или иным причинам к рассмотрению;
- 2) определять точность измерительных приборов и получаемых данных;
- 3) уменьшать до разумных пределов число переменных в эксперименте;

## Методы планирования эксперимента в дорожной отрасли

4) составлять план проведения эксперимента, наилучший с той или иной точки зрения;

5) проверять правильность полученных результатов и их точность;

6) выбирать способ обработки экспериментальных данных и форму представления результатов;

7) анализировать полученные результаты и давать их интерпретацию в терминах той области, где эксперимент проводится.

Как и в любом сформировавшемся научном направлении, в теории планирования эксперимента выработалась определенная система основополагающих понятий и терминов. Приведем наиболее важные из них.

Объект исследования есть носитель некоторых неизвестных и подлежащих изучению свойств и качеств.

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Принципы, положенные в основу теории планирования эксперимента, направлены на повышение эффективности экспериментирования, т.е.

- стремление к минимизации общего числа опытов;
- одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам – алгоритмам;
- использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора;
- выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованное решение после каждой серии экспериментов.

Задачи, для решения которых может использоваться планирование эксперимента, чрезвычайно разнообразны.

Поиск оптимальных условий, построение интерполяционных формул, выбор существенных факторов, оценка и уточнение констант теоретических моделей, выбор наиболее приемлемых из некоторого множества гипотез о механизме явлений, исследование диаграмм – свойство – вот примеры задач, при решении которых применяется планирование эксперимента. Можно сказать, что там, где имеет место эксперимент, есть и наука о его проведении – планирование эксперимента.

Основной целью эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

## Методы планирования эксперимента в дорожной отрасли

Постановка и организация эксперимента определяют его назначение. Эксперименты, которые проводятся в различных отраслях науки, являются химическими, биологическими, физическими, психологическими, социальными и т.д.

Они различаются:

По способу формирования условий:

- естественные;
- искусственные.

По целям исследования:

- преобразующие;
- констатирующие;
- контролирующие;
- поисковые;
- решающие.

По организации проведения:

- лабораторные;
- натурные;
- полевые;
- производственные и т.д.

По структуре изучаемых объектов и явлений:

- простые;
- сложные.

По характеру внешних воздействий на объект исследования:

- вещественные;
- энергетические;
- информационные.

По характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования:

- обычный;
- модельный.

По типу моделей, исследуемых в эксперименте:

- материальный;
- мысленный.

По контролируемым величинам:

- пассивный;
- активный

По числу варьируемых факторов:

- однофакторный;
- многофакторный.

По характеру изучаемых объектов или явлений:

- технологические;
- социометрические.

Конечно, для классификации могут быть использованы и другие признаки.

Для проведения эксперимента любого типа необходимо: разработать гипотезу, подлежащую проверке; создать программы экспериментальных работ; определить способы и приемы вмешательства в объект исследования; обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ; определить способы и приемы вмешательства в объект исследования; обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ; разработать пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента (приборы, установки, модели и т.п.); обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

## 7. СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Особое значение для проведения эксперимента имеет правильно разработанная методика эксперимента. Методика – это совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования. При разработке методик проведения эксперимента необходимо предусматривать: проведение предварительного целенаправленного наблюдения над изучаемым объектом или явлением с целью определения исходных данных (гипотез, выбора варьирующих факторов); создание условий, в которых возможно экспериментирование (подбор объектов для экспериментального воздействия, устранение влияния случайных факторов); определение пределов измерений; систематическое наблюдение за ходом развития изучаемого явления и точные описания фактов; проведение систематической регистрации измерений и оценок фактов различными средствами и способами; создание повторяющихся ситуаций, изменение характера условий и перекрестные воздействия, создание усложненных ситуаций с целью подтверждения или опровержения ранее полученных данных; переход от эмпирического изучения к логическим обобщениям, к анализу и теоретической обработке полученного фактического материала.

Перед каждым экспериментом составляется его план (программа), который включает: цель и задачи эксперимента; выбор варьирующих факторов; обоснование объема эксперимента, числа опытов; порядок реализации опытов, определение последовательности изменения факторов; выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками; обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Применение математической теории эксперимента позволяет уже при планировании определенным образом оптимизировать объем экспериментальных исследований и повысить их точность.

Важным этапом подготовки надо выбрать варьируемые факторы, т.е. установить основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс, проанализировать расчетные (теоретические) схемы процесса. На основе этого анализа все факторы классифицируются и составляется из них убывающий по важности для данного эксперимента ряд. Правильный выбор основных и второстепенных факторов играет важную роль в эффективности

эксперимента, поскольку эксперимент и сводится к нахождению зависимостей между этими факторами. Иногда бывает трудно сразу выявить роль основных и второстепенных факторов. В таких случаях необходимо выполнять небольшой по объему предварительный поисковый опыт.

Необходимо также обосновать набор средств измерений (приборов) другого оборудования, машин и аппаратов. В связи с этим экспериментатор должен быть хорошо знаком с выпускаемой в стране измерительной аппаратурой (при помощи ежегодно издающихся каталогов, по которым можно заказать выпускаемые отечественным приборостроением те или иные средства измерений). Естественно, что в первую очередь следует использовать стандартные, серийно выпускаемые машины и приборы, работа на которых регламентируется инструкциями, ГОСТами и другими официальными документами.

В отдельных случаях возникает потребность в создании уникальных приборов, установок, стендов, машин для разработки темы. При этом разработка и конструирование приборов и других средств должны быть тщательно обоснованы теоретическими расчетами и практическими соображениями о возможности изготовления оборудования. При создании новых приборов желательно использовать готовые узлы выпускаемых приборов или реконструировать существующие приборы. Ответственный момент – установление точности измерений и погрешностей.

В методике подробно разрабатывается процесс проведения эксперимента, составляется последовательность (очередность) проведения операций измерений и наблюдений, детально описывается каждая операция в отдельности с учетом выбранных средств для проведения эксперимента, обосновываются методы контроля качества операций, обеспечивающие при минимальном (ранее установленном) количестве измерений высокую надежность и заданную точность. Разрабатываются формы журналов для записи результатов наблюдений и измерений.

Важным разделом методики является выбор методов обработки и анализа экспериментальных данных. Обработка данных сводится к систематизации всех цифр, классификации, анализу. Результаты экспериментов должны быть сведены в удобочитаемые формы записи – таблицы, графики, формулы, номограммы, позволяющие быстро и доброкачественно сопоставлять полученное и проанализировать результаты. Все переменные должны быть оценены в единой системе единиц физических величин.

Результаты экспериментов должны отвечать трем статистическим требованиям:

1) требование эффективности оценок, т.е. минимальность дисперсии отклонения относительно неизвестного параметра;

2) требование состоятельности оценок, т.е. при увеличении числа наблюдений оценка параметра должна стремиться к его истинному значению;

3) требование несмещенности оценок – отсутствие систематических ошибок в процессе вычисления параметров.

Важнейшей проблемой при проведении и обработке эксперимента является совместимость этих трех требований.

При разработке плана-программы эксперимента всегда необходимо стремиться к его упрощению, наглядности без потери точности и достоверности. Это достигается предварительным анализом и сопоставлением результатов измерений одного и того же параметра различными техническими средствами, а также методов обработки полученных результатов. В условиях интенсификации проведения научных исследований важнейшее место в процессе подготовки эксперимента должно отводиться его автоматизации (АСНИ) с вводом экспериментальных данных непосредственно с ЭВМ, с расчетом результирующих показателей, с автоматическим управлением хода эксперимента (последовательности и повторимости замеров, определение средних значений, построение и т.д.).

## 8. ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, ВЫБОР ФАКТОРОВ

Для подробного изучения объекта исследования необходима его подробная модель. Подходящей моделью является «черный ящик», введенный в кибернетике с целью изучения сложности. Его построение основано на принципе: оптимальное управление возможно при неполной информации. Ясная формулировка этого факта является важнейшим достижением кибернетики.



Рис- 8.1. – Схема черного ящика:  $x_1, x_2 \dots, x_n$  – входы;  
 $y_1, y_2 \dots, y_m$  – выходы.

Схема черного ящика приведена на рис. 8.1. Объекту исследования соответствует прямоугольник. Выходы, обозначаемые стрелками, выходящими из объекта, соответствуют параметрам оптимизации. Стрелки, входящие в объект, – входы – соответствуют возможным способам воздействия на объект. В терминологии планирования эксперимента входы называются факторами.

Фактором называется измеримая переменная величина, принимающая в некоторый момент некоторое определенное значение и соответствующая одному из возможных способов воздействия на объект исследования.

Число возможных воздействий на объект принципиально неограниченно. Чтобы облегчить выбор, удобно разбить их на две группы. К первой группе относятся воздействия (факторы), определяющие сам объект, а ко второй – факторы, определяющие его состояние.

Каждый фактор имеет область определения. В планировании эксперимента рассматриваются только дискретные области определения факторов. Кроме того, эти области всегда ограничены. Ограничения могут быть принципиальными и техническими. Примером принципиального ограничения может служить абсолютный нуль температуры в обычных термодинамических системах. Если в

ходе оптимизации фактор получил значение, близкое к принципиальному ограничению, то возможности объекта исчерпаны. Примером технического ограничения может служить температура плавления материала аппарата. При нагревании до этой температуры аппарат просто расплавится. Если в ходе оптимизации значение фактора приблизилось к технической границе, а желаемое значение параметра оптимизации еще не достигнуто, то может быть поставлена новая задача: создать, например, более тугоплавкий материал для аппарата. Решение этой новой задачи позволит продолжить оптимизацию.

Следует указать на два требования, предъявляемые к совокупности факторов. Это – требования отсутствия корреляции между любыми двумя факторами и совместимости факторов. Отсутствие коррелированности факторов означает возможность установления какого-либо фактора на любой уровень, вне зависимости от уровней других факторов. Если эти условия не выполняются, то нельзя планировать эксперимент. Кроме того, нет никакой необходимости включать в эксперимент коррелированные факторы, так как один из них не содержит никакой информации. Требование некоррелированности не означает, что между факторами нет никакой связи. Достаточно, чтобы эта связь не была линейной. Это требование может налагать ограничения на области определения факторов.

Другие ограничения на область налагаются требованием совместимости факторов. Несовместимость факторов возникает в том случае, если некоторые комбинации их значений, каждое из которых лежит внутри области определения, не могут быть осуществлены. Если в эти комбинации входят значения факторов, близкие к границам областей их определения, то устранение несовместимости производится просто сокращением областей. Сложнее обстоит дело тогда, когда запрещенные значения лежат внутри областей. Тогда области оказываются многосвязными. Это вызывает трудности, преодоление которых в некоторых случаях приводит к расчленению задачи на части.

Все факторы можно разделить на качественные и количественные. Часто в виде качественного фактора используют различные взаимоисключающие реагенты. Следует иметь в виду, что при наличии качественного фактора возможна следующая альтернатива: либо в одном эксперименте варьировать этот фактор на всех интересных уровнях, либо ставить независимые эксперименты (с числом факторов на единицу меньше) для каждого уровня этого фактора и затем сравнивать полученные оптимумы. Этот выбор

неоднозначен. Желательно ставить одно исследование, но это может в данном случае привести к большим трудностям. В каждом конкретном случае решением такого вопроса должен заниматься специалист по планированию.

Отбор факторов начинают после того, как в распоряжении экспериментатора окажется их полный список. При составлении такого списка следует перечислить все возможные факторы (удовлетворяющие общим требованиям), как бы велико ни было их число. К сожалению, слишком часто экспериментаторы боятся увеличивать список факторов, чтобы не усложнять задачу. Это приводит к малоэффективным или даже бессмысленным исследованиям и является просто следствием незнания методов отбора факторов.

Таким образом, главной заботой при составлении списка факторов должна быть его полнота. Лучше включить несколько десятков несущественных переменных, чем пропустить одно существенное.

Отбор факторов можно осуществлять экспериментально. Но так как даже небольшое сокращение числа факторов приводит к значительной экономии опытов, возникает вопрос об использовании априорной информации для их предварительного отсеивания.

## 9. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЙ, ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.

Важное место в экспериментальных исследованиях занимают измерения. Измерение – это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Суть измерения составляет сравнение измеряемой величины с известной величиной, принятой за единицу (эталон).

Теорией и практикой измерения занимается метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Важнейшие значения в метрологии отводятся эталонам и образцовым средствам измерений. К эталонам относятся средства измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающих воспроизведение и хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим средствам измерения. Эталоны выполнены по особой спецификации. Образцовые средства измерений служат для проверки по ним рабочих (технических) средств измерения, постоянно используемых непосредственно в исследованиях.

Передача размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам осуществляется государственными и ведомственными метрологическими органами, составляющими метрологическую службу, их деятельность обеспечивает единство измерений и единообразие средств измерений в стране.

Методы измерений можно подразделить на прямые и косвенные. При прямых измерениях искомую величину устанавливают непосредственно из опыта, при косвенных – функционально от других величин, определенных прямыми измерениями.

Различают также абсолютные и относительные измерения. Абсолютные – это прямые измерения в единицах измеряемой величины; относительные измерения представляют собой отношение измеряемой величины к одноименной величине, играющей роль единицы или измерения этой величины по отношению к одноименной, принимаемой за исходную.

В исследованиях применяются совокупные и совместные измерения. При совокупных измерениях одновременно измеряются несколько одноименных величин, а искомую величину при этом находят путем решения системы уравнений. При совместных измерениях – одновременно проводят измерения неоднородных величин для нахождения зависимости между ними.

Выделяется несколько основных методов измерения.

Метод непосредственной оценки соответствует определению значения величины непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение массы на циферблатных весах). При использовании метода сравнения с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, измерение массы на рычажных весах с уравновешиванием гирями). При методе противопоставления осуществляется сравнение с мерой (измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами, как, например, при измерении массы на равноплечных весах с помещением измеряемой массы и гири на двух противоположных чашках весов). При дифференциальном методе на измерительный прибор воздействует разность измеряемой и известной величины, воспроизводимой мерой (например, измерения, выполняемые при проверке мер длины сравнением с образцовой мерой на компараторе). При нулевом методе результирующий эффект воздействия величины на прибор доводят до нуля (например, измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием). При методе замещения измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гири на одну и ту же чашку весов). При методе совпадений разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой измеряется с использованием совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

Неотъемлемой частью экспериментальных исследований являются средства измерений, т.е. совокупность технических средств, имеющих нормированные погрешности, которые дают необходимую информацию для экспериментатора. К средствам измерений относят меры, измерительные приборы, установки и системы.

Измерительные приборы (отсчетные устройства) характеризуются величиной погрешности и точности, стабильностью измерений и чувствительностью. Погрешность средства измерения – одна из важнейших его характеристик. Она возникает вследствие недоброкачественных материалов, комплектующих изделий, применяемых для приготовления приборов; плохого качества изготовления приборов; неудовлетворительной эксплуатации и др. Существенное влияние оказывают градуировка шкалы и периодическая проверка приборов. Кроме этих систематических погрешностей возни-

кают случайные, обусловленные сочетаниями различных случайных факторов – ошибками отсчета, параллаксом, вариацией и т.д. Таким образом необходимо рассматривать не какие-либо отдельные, а суммарные погрешности приборов. Погрешности приборов бывают абсолютными и относительными. Суммарные погрешности, установленные при нормальных условиях, называют основными погрешностями прибора.

Диапазоном измерений называют ту часть диапазона показаний прибора, для которой установлены погрешности прибора (если известны погрешности прибора, то диапазон измерений и показаний прибора совпадает).

Разность между максимальным и минимальным показаниями прибора называют размахом. Если эта величина непостоянная, т.е. если при обратном ходе имеется увеличение или уменьшение хода, то эту разность называют вариацией показаний  $W$ . Величина  $W$  – это простейшая характеристика погрешности прибора. Другой характеристикой прибора является его чувствительность, т.е. способность отсчитывающего устройства реагировать на изменения измеряемой величины. Под порогом чувствительности прибора понимают наименьшее значение измеренной величины, вызывающее изменение показания прибора, которое можно зафиксировать.

Основной характеристикой прибора является его точность. Она характеризуется суммарной погрешностью. Средства измерения делятся на классы точности. Класс точности – это обобщенная характеристика, определяемая пределами основной и дополнительных допускаемых погрешностей, влияющих на точность.

Стабильность (воспроизводимость прибора) – это свойство отсчетного устройства обеспечивать постоянство показаний одной и той же величины. Со временем в результате старения материалов стабильность показаний приборов нарушается.

Все средства измерения проходят периодическую проверку на точность. Такая проверка предусматривает определение и по возможности уменьшение погрешностей приборов. Проверка позволяет установить соответствие данного прибора регламентированной степени точности и определяет возможность применения для данных измерений.

## 10. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Электронно-вычислительная машина (ЭВМ) является устройством, предназначенным для выполнения вычислительных и логических операций в соответствии с программой, управляющей ее работой.

ЭВМ подразделяются на универсальные и специализированные. Универсальные ЭВМ используются для решения любых задач, если они имеют алгоритм. Специализированные ЭВМ предназначены для задач определенного назначения (управляющие, информационные и др.).

Цифровые ЭВМ обрабатывают вводимую в них информацию (данные) в дискретной форме в виде последовательных операций (арифметических и логических) в соответствии с заранее подготовленной программой. После введения в память машины программа управляет работой ЭВМ с учетом полученной информации (данных). Программа и данные вводятся в машину при помощи устройства ввода. Результат решения задач выдается пользователю в той или иной форме при помощи устройства вывода. Последовательность операций, определенная программой, выдерживается при помощи устройства управления. Выбрав очередную команду из устройства памяти ЭВМ, управляющее устройство готовит арифметически-логическое устройство для выполнения соответствующей операции, указывает адреса ячеек памяти, из которых в арифметически-логическое устройство должны поступить необходимые данные. Результат выполнения операции вводится в память. После выполнения всей программы по заказу пользователя результаты выдаются в виде распечатки (таблицы) или выводятся на экран дисплея. Устройства памяти ЭВМ подразделяются на основную (оперативную) или основное запоминающее устройство и внешнее запоминающее устройство. В этих устройствах хранятся программа, исходные, промежуточные и окончательные результаты. Основной характеристикой основного запоминающего устройства является емкость.

Устройство управления, арифметически-логическое устройство и память составляют центральный процессор ЭВМ, обеспечивающий управление последовательностью команд программы, выполнение арифметических и логических операций, вывод данных и ввод результатов в память.

Вычислительная машина также содержит разнообразные по своим функциям и принципам работы периферийные устройства.

Сюда входят устройства, предназначенные для хранения объемов информации, устройства ввода в ЭВМ и вывода из нее информации для регистрации на носителях в виде печати, перфорации и т.д. или путем индикации на экран (устройства ввода-вывода).

Известные в настоящее время устройства ввода информации можно разделить на две группы: ручные и автоматические.

В группу устройств ручного ввода входят пульта управления ЭВМ, электрифицированные пишущие машинки, дисплеи и др.

В группу автоматических устройств входят устройства для считывания информации с промежуточного носителя и устройства непосредственного ввода.

К устройствам ввода с промежуточного носителя информации относятся устройства считывания информации с перфокарт, перфолент и магнитных лент. К автоматическим устройствам непосредственного ввода информации относятся устройства, считывающие информацию со специальных бланков, с печатного текста и с графиков. Ведутся интенсивные разработки устройства ввода информации с голоса. К автоматическим устройствам непосредственного ввода относятся также устройства приема информации с линий связи.

Устройства вывода информации подразделяются на устройства вывода: цифровой информации на промежуточный носитель; на разного рода экраны (графопостроители, печатающие устройства); на внешнюю среду (устройства выдачи данных в линии связи и др.).

Создание автоматизированных систем обработки данных, переработка информации многих абонентов часто предполагают использование многомашинных вычислительных систем. При этом отдельные ЭВМ должны быть приспособлены к работе с другими машинами на соответствующих уровнях организации вычислительной системы.

В методическом указании подробно рассмотрены основные понятия планирования эксперимента: задачи, виды, тактика и стратегия экспериментов; типы, выбор факторов и требования к ним, а также методы, средства и способы измерений.

Эксперимент означает действие, направленное на создание условий в целях осуществления того или иного явления и по возможности наиболее частого, т.е. не осложняемого другими явлениями. Основной целью эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Для проведения эксперимента любого типа необходимо:

### Методы планирования эксперимента в дорожной отрасли

- разработать гипотезу, подлежащую проверке;
- создать программы экспериментальных работ;
- определить способы и приемы вмешательства в объект исследования;
- обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ;
- определить способы и приемы вмешательства в объект исследования;
- обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ;
- разработать пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента (приборы, установки, модели и т.п.);
- обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – Москва: Металлургия, 1968, – 155с.;
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 280 с.;
3. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Мн.: Издательство БГУ, 1982. – 302 с.;
4. Основы научных исследований: Учебник для технических вузов / В.И.Крутов, И.М.Грушко, В.В.Попов и др.; Под ред. В.И.Крутова, В.В.Попова. – М.: Высшая школа, – 1989. – 400с.: ил.;
5. Планирование эксперимента в технике / В.И.Барабашук, Б.П.Креденцер, В.И.Мирошниченко; Под ред. Б.П.Креденцера. – К.: Техніка, 1984. – 200с., ил.
6. Балацкий Е.В. Мировая экономическая наука на современном этапе: кризис или прорыв? // Науковедение. – 2001. – № 2. – С. 32-47.
7. Бурдин К.С., Веселов. П.В. Как оформить научную работу. – М.: Высшая школа, 1973. – 190 с.
8. Кузнецов И.Н. Научные работы: Методика подготовки и оформления. – Мн.: Амалфея, 2000. – 544 с.
9. Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. Основы научных исследований: Учеб. пос. – 2-е изд., стер. – К.: Общество «Знания», КОО, 2001. – 113 с.
10. Наймушин А.И., Наймушин А.А. Методы научных исследований. Материалы для изучения. – Уфа, ЛОТ УТИС, 2000. – 134 с.