

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Фурсов Владимир Алексеевич

Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 05.06.2026 09:41:16

Уникальный программный ключ

1c378726a41fd0143ae5bccc8ba81860b00daa63

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

## Методические указания

по выполнению практических работ

по дисциплине «ОСНОВЫ ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

для студентов направления подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

## Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Основы экспериментальных исследований», использование специального лабораторного оборудования и технических средств. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

## **1. Цель и задачи изучения дисциплины**

Цель изучения дисциплины – формирование системного методологического подхода к проектной деятельности и способности применять технологии планирования, реализации и анализа проектов профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины является:

Знать основные методы научных, электротехнических и общетехнических исследований; этапы планирования исследования; правила составления программы наблюдений и измерений; методику проведения исследования, порядок ведения документации и отчетности; планирование объема выборки, эмпирические и теоретические распределения, статистические методы проверки гипотез, сущность и основы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов и их применение в научных исследованиях; применение ЭВМ в опытном деле.

Уметь систематизировать методологию научных исследований; ставить цели и задачи, а также правильно подбирать доказательную основу, подтверждающую достоверность выносимых теорий, выводов и рекомендаций; систематизировать основные методы сбора и обработки информации в системах; составлять план и порядок проведения научных исследований и экспериментов; подбирать методики обработки экспериментальных данных; создавать математические и физические модели объектов профессиональной деятельности.

Владеть навыками обобщения полученных знаний, конкретного и объективного изложения своих знаний в письменной и устной форме, работы с, оформления результатов работы, построения характеристик и произведения необходимых расчётов.

## **2. Оборудование и материалы**

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

## **3. Наименование практических работ**

Для заочной формы обучения предусмотрены следующие практические работы:

Практическая работа №5. Методы экспресс-анализа распределения вероятностей. – 2 часа,

Практическая работа №9. Определение динамических характеристик промышленных объектов с помощью апериодических воздействий – 2 часа.

| <b>№ темы</b> | <b>Наименование тем дисциплины, их краткое содержание</b>                                                                                                                                                                                              | <b>Объем часов</b> | <b>Интерактивная форма проведения</b> |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 1             | <b>Практическое занятие № 1. Полный факторный эксперимент.</b> Основные категории методологии науки.<br>установление законов науки, адекватно отражающих действительность.<br>Цель достижения заявленной в исследовании цели используют научные методы | 4                  |                                       |
| 3             | <b>Практическое занятие № 2. Проведение эксперимента.</b> Подготовка к проведению научно-технического исследования.                                                                                                                                    | 4                  |                                       |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|
|    | исследование, в процессе которого решаются крупные задачи в определенной отрасли науки.<br>Цель Решение каких-либо крупных, фундаментальных теоретических и экспериментальных задач                                                                                                                                                    |           |  |
| 5  | <b>Практическое занятие № 3. Методы экспресс-анализа распределения вероятностей.</b><br>Реализация плана эксперимента.<br>Ошибки параллельных опытов.<br>Цель Дисперсия параметра оптимизации                                                                                                                                          | 4         |  |
| 7  | <b>Практическое занятие № 4. Определение корреляционных и спектральных характеристик случайных процессов</b><br>Методические особенности экспресс-анализа случайных процессов<br>Определение объекта исследования отвечает на вопрос: что изучается<br>Цель конечный результат, который должен получиться после окончания исследования | 4         |  |
| 9  | <b>Практическое занятие № 5. Определение динамических характеристик промышленных объектов с помощью апериодических воздействий</b> Распределение вероятностей как характеристика свойств случайного процесса.<br>Оценки вероятностей.<br>Цель Результаты обрабатываются на основе математических и статистических методов              | 4         |  |
| 11 | <b>Практическое занятие № 6. Эксперимент и статистическая оценка параметров распределения</b> Определение среднеквадратических отклонений.<br>Определение среднеквадратического отклонения по равноотстоящим отсчетам<br>Цель проверка гипотезы, а также более широкое и глубокое изучение разрабатываемой темы                        | 4         |  |
| 13 | <b>Практическое занятие № 7 Доверительный интервал и доверительная вероятность.</b><br>Оценивание корреляционных функций.<br>Анализ стационарности случайных процессов.<br>Цель Систематические погрешности можно разделить на пять основных групп                                                                                     | 4         |  |
| 15 | <b>Практическое занятие № 8. Статистическая проверка гипотез</b> Проведение эксперимента.<br>Обработка результатов эксперимента<br>Цель количество факторов, одновременно воздействующих на исследуемый объект                                                                                                                         | 4         |  |
| 17 | <b>Практическое занятие № 9 Достоверность кривой регрессии</b> Подготовка и планирование эксперимента по снятию переходных функций.<br>Проведение эксперимента.<br>Цель Обработка результатов эксперимента                                                                                                                             | 4         |  |
|    | <b>Итого за 3 семестр:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>36</b> |  |
|    | <b>Итого:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>36</b> |  |

**Практическое занятие № 1.**  
**Полный факторный эксперимент.**

## **1. ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ**

Современная наука представляет собой постоянно развивающуюся систему знаний о законах природы, общества и мышления, которая создается в результате специальной деятельности людей и учреждений [1, 2]. Наука является двигателем научно-технического прогресса, она определяет его контуры и темпы развития. Внедрение науки в производство выражается в росте производительности труда, создании новых машин и материалов, улучшении эксплуатационных показателей, надежности и долговечности продукции, снижении ее себестоимости. Никогда не существовало еще таких темпов развития науки как сейчас. Сведения, полученные за последние 30 лет, составляют примерно 75 % от объема знаний, накопленных человечеством за всю его историю [3].

**Методология** – это учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности, в данном случае научной деятельности.

Методология науки может быть общей и частной. Общая методология основана на принципах материалистической диалектики. Любое научное исследование должно учитывать требования общей методологии. Частная методология основывается на законах отдельных наук, особенностях познания отдельных явлений. Она обусловлена и связана с принципами и законами конкретных наук, с частными методами исследования.

**Целью научного познания** является установление законов науки, адекватно отражающих действительность. Для достижения заявленной в исследовании цели используют научные методы.

**Метод** – это совокупность приемов и операций, выполняемых для до-

стижения желаемого результата.

Существует множество различных классификаций научных методов познания по разным основаниям, одна из самых распространенных представлена на рис. 1.



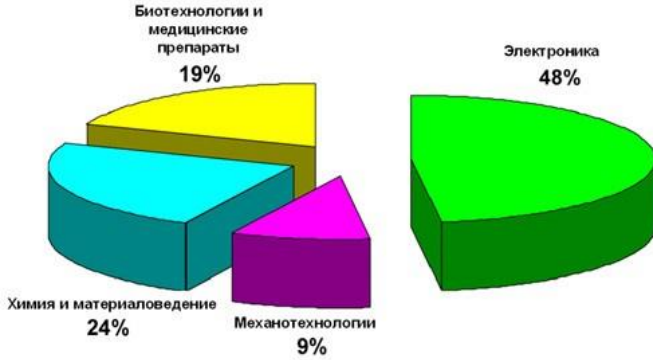
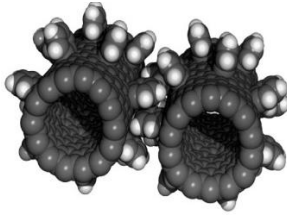
Рис. 1. Классификация методов

Часто понятие «метод» не отличают от понятия «методика». Методика представляет собой описание последовательности действий, по сути – алгоритм применения метода в конкретной ситуации, в каком-либо частном случае.

Всеобщие и общенаучные методы познания с примерами их применения в таких областях науки, как инженерия и экономика, представлены в табл. 1 и 2.

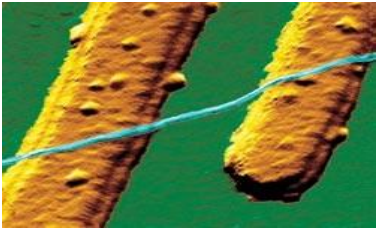
Таблица 1

### Всеобщие методы

| Метод                                                                                                                                     | Пример                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |         |             |     |                          |     |                                       |     |                  |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------|-------------|-----|--------------------------|-----|---------------------------------------|-----|------------------|----|
| <b>Анализ</b> – мысленное или реальное разложение объекта на составляющие его части                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Химический анализ состава плёнок.</li> <li>– Социологический анализ общественных явлений.</li> <li>– Анализ показателя себестоимости по элементам затрат (сырьё, зарплата, энергоресурсы и т. д.).</li> <li>– Статистический анализ научных публикаций.</li> </ul>  <table border="1"> <caption>Распределение научных публикаций</caption> <thead> <tr> <th>Область науки</th> <th>Процент</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Электроника</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td>Химия и материаловедение</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>Биотехнологии и медицинские препараты</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>Механотехнологии</td> <td>9%</td> </tr> </tbody> </table> | Область науки | Процент | Электроника | 48% | Химия и материаловедение | 24% | Биотехнологии и медицинские препараты | 19% | Механотехнологии | 9% |
| Область науки                                                                                                                             | Процент                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |         |             |     |                          |     |                                       |     |                  |    |
| Электроника                                                                                                                               | 48%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |         |             |     |                          |     |                                       |     |                  |    |
| Химия и материаловедение                                                                                                                  | 24%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |         |             |     |                          |     |                                       |     |                  |    |
| Биотехнологии и медицинские препараты                                                                                                     | 19%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |         |             |     |                          |     |                                       |     |                  |    |
| Механотехнологии                                                                                                                          | 9%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |               |         |             |     |                          |     |                                       |     |                  |    |
| <b>Синтез</b> – объединение познанных в результате анализа элементов в единое целое, в результате чего у целого появляются новые свойства | <ul style="list-style-type: none"> <li>– При объединении ядер в реакции ядерного синтеза свойства получившегося ядра отличаются от свойств исходных ядер.</li> <li>– Синтез наноалмазов из атомов углерода.</li> <li>– Синтез композиционных материалов из отдельных атомов.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>– Смешанная экономика (синтез государственного и рыночного механизмов управления)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               |         |             |     |                          |     |                                       |     |                  |    |

| Метод                                                                                                                                                                                    | Пример                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Абстрагирование</b> – отвлечение от свойств изучаемого объекта, которые являются несущественными в рамках данного исследования с одновременным выделением существенных свойств</p> | <p>– Абстрагирование лежит в основе процессов обобщения, образования понятий, например, таких абстрактных категорий экономики, как прибыль, цена, товар, деньги, зарплата и т. д.</p> <p>– При расчете характеристик движения автомобиля – скорости, ускорения, импульса – не учитываются такие (несущественные в данном случае) его свойства, как цвет, температура, пробег и т. д.</p> <p>– При исследовании работы какого-либо механизма анализируют расчетную схему, которая отображает основные, существенные свойства механизма.</p> <p>– Создание абстрактного понятия «студент».</p>                |
| <p><b>Обобщение</b> – это мысленное выделение общих свойств (инвариантов) в объектах и объединение этих объектов в группы на основе выделенных инвариантов</p>                           | <p>– Нанотрубки, нанонити, тонкие пленки, молекулярные детали – объекты изучения нанотехнологий.</p> <p>– В экономике при создании теорий используется метод статистических обобщений, когда на основании изучения отдельных фактов делаются выводы об их общих чертах и закономерностях.</p> <p>– Радиоволны, тепловое излучение, видимый свет, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение – это электромагнитные волны</p>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Индукция</b> – процесс познания от частного к общему</p>                                                                                                                           | <p>– Петров вчера не справился с производственным заданием. Петров сегодня не справился с заданием. Следовательно, Петров не способен выполнять производственные задания.</p> <p>– Полезность для отдельного потребителя каждого последующего вида покупаемого им того же блага уменьшается. Поэтому можно сделать вывод о том, что все потребители этого товара будут готовы приобретать данный товар только в случае снижения его цены.</p> <p>– Д. И. Менделеев, используя частные факты о химических элементах, сформулировал периодический закон.</p> <p>– На основании изучения работы предприятий за прошедший период прогнозируется развитие отрасли или региона на будущий период</p> |

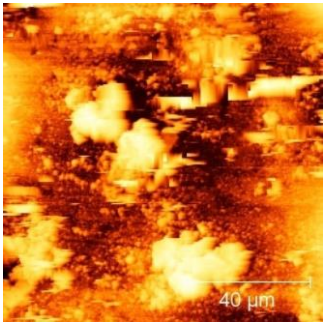
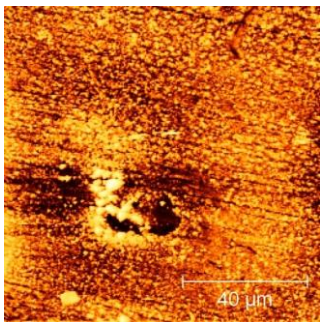
| Метод                                                                                                                         | Пример                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Дедукция</b> – процесс аналитического рассуждения от общего к частному                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Все металлы электропроводны. Гелий не электропроводен, значит гелий не металл.</li> <li>– На основе общих законов механики получают уравнения движения космического корабля</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Аналогия</b> – перенос знаний с одного объекта на другой, менее изученный в данный момент                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Паевые инвестиционные фонды ждет естественный отбор по аналогии с естественным отбором в природе.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>– Аналогия между денежным обращением и системой кровообращения в человеческом организме.</li> <li>– Рыночное равновесие условно аналогично равновесию в физическом его понимании.</li> <li>– Нанотрубка представляет собой аналог барьера Шоттки</li> </ul>                                                                                                                                                                         |
| <b>Классификация</b> – распределение тех или иных объектов по классам (отделам, разрядам) в зависимости от их общих признаков | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Классификация методов государственного управления.</li> <li>– Классификация методов экономического анализа.</li> <li>– Классификация сплавов твердых растворов по степени растворимости компонентов.</li> <li>– Классификация веществ по магнитным свойствам.</li> <li>– Классификация сталей по количеству примесей.</li> <li>– Классификация нанотехнологий:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) инкрементные (промышленное применение известных материалов в сочетании с наноматериалами, например при производстве автомобильных красок)</li> </ol> </li> </ul>  |

| Метод                                                                                | Пример                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                      | <p>2) эволюционные (применяются только наноматериалы, например самый тонкий в мире провод толщиной всего 10 атомов из углеродных нанотрубок на фоне платиновых электродов)</p>  <p>3) радикальные (пока не существуют, в качестве предполагаемого результата можно привести пример использования нанороботов, их пока можно увидеть только в фантастических фильмах)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>Моделирование</b> – создание и/или применение модели для изучения объектов</p> | <p>Типы моделирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– предметное. Модель воспроизводит геометрические, физические, динамические или функциональные характеристики объекта. Например, модель моста, плотины, здания;</li> <li>– мысленное. Модели приобретают мысленно наглядный характер. Например, модель атома Бора, модель наноробота, искусственное воссоздание тех или иных управленческих процедур;</li> <li>– компьютерное. Моделирование различных технологических процессов, моделирование выборов, расчет и прогнозирование процесса инфляции, демографической ситуации в стране и мире;</li> <li>– имитационное. Моделирование работы различных технических, электронных устройств, например создание протеза, который имитирует движения конечности человека;</li> <li>– знаковое, при котором в роли моделей выступают схемы, чертежи, формулы, графики;</li> <li>– нормативное. Обычно не используют слово «модель» – чаще говорят «проект», «план». Например, проекты машин, зданий; планы застройки; законы; уставы организаций и должностные инструкции, бизнес-планы, программы действий, управленческие решения</li> </ul> |

Методы анализа и синтеза, абстрагирование и обобщение, индукция и дедукция взаимосвязаны, некоторые из них входят в структуру других всеобщих методов познания, их часто используют в научных исследованиях одновременно.

Таблица 2

### Общенаучные методы

| Методы эмпирического познания                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Метод                                                                                                        | Пример                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Наблюдение</b> – метод изучения, основанный на специально организованном и фиксируемом восприятии объекта | <p>– Экономическое наблюдение, применяемое при изучении трудоёмкости изделий путём хронометражных наблюдений, контрольном раскросе сырья и материалов и т. п.</p> <p>– Метод государственного статистического наблюдения за уровнем жизни населения.</p> <p>– Наблюдение за изменением топографии поверхности после модифицирования.</p> <p>На рисунке показана поверхность серебряной пластинки, топографию которой наблюдали на ACM Nanoeducator: <i>а</i> – исходная; <i>б</i> – после модифицирования (химическое травление дихроматом калия).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span><i>а</i></span> <span><i>б</i></span> </div> |
| <b>Описание</b> – фиксация средствами языка сведений об объектах                                             | – Представление информации об объектах с помощью текстов, схем, графиков, рисунков, таблиц, диаграмм и т. п.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Измерение</b> – это материальный процесс сравнения какой-либо величины с эталоном, единицей измерения     | <p>– Пример прямого измерения: определение толщины пленки с помощью микрометра.</p> <p>– Пример статического измерения: определение размеров детали при нормальных условиях.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

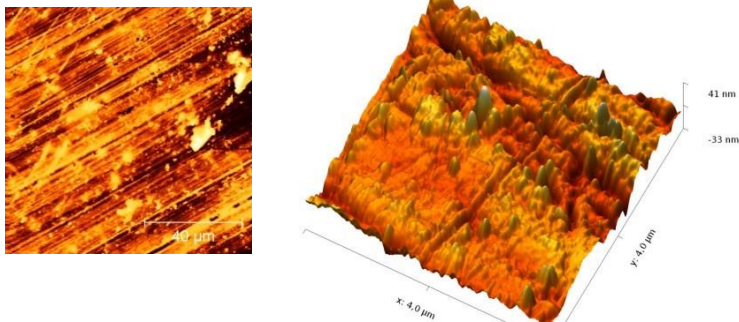
| Метод                                                                                                                                                    | Пример                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                          | <p>– Пример прямого измерения: определение массы тела с помощью рычажных весов</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Эксперимент</b> – метод изучения объектов в контролируемых и управляемых условиях</p>                                                              | <p>– Практическая проверка деятельности тех или иных органов управления в условиях, искусственно созданных экспериментатором.</p> <p>– Экономический эксперимент по проверке эффективности новой системы оплаты труда, проводимый в рамках определенной группы работников.</p>  <p>– Эксперимент по формированию тонкой пленки методом магнетронного напыления</p> |
| <b>Методы теоретического познания</b>                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>Теоретизация</b> – представление знаний об объекте в виде законченной теории</p>                                                                   | <p>– Формулирование закона спроса и универсальной экономической проблемы выбора в условиях ограниченности ресурсов.</p> <p>– Теория твердого тела является теоретическим фундаментом для изучения материалов в нанотехнологиях и материаловедении</p>                                                                                                                                                                                                  |
| <p><b>Идеализация</b> – мыслительная процедура, связанная с образованием абстрактных (идеализированных) объектов, не существующих в действительности</p> | <p>– Мысленное создание таких идеальных объектов, как «прямая линия» в математике, «абсолютно чёрное тело» и «материальная точка» в физике.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Метод                                                                                                                                                   | Пример                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                         | <p>– В теории управления практически все понятия являются идеализациями: организация – в чистом виде организации нет, а есть Администрация г. Омска, ОАО «ОНПЗ»; менеджмент – абстрактное понятие, а в реальности существуют менеджмент ОАО «ОНПЗ», менеджмент ОАО «Троллейбус»</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p><b>Формализация</b> – построение абстрактно-математических или знаковых моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов</p>                       | <p>– Основные положения процессов и явлений представляют в виде формул и специальной символики.</p> <p>– Помощь в формулировании понятия государственного служащего.</p> <p>– Представление себестоимости продукции формулой, в которой с помощью символов изображены статьи затрат:</p> $C = \text{ПрС} + \text{Зр},$ <p>где С – полная себестоимость; ПрС – производственные расходы (оплата труда, амортизация, материальные расходы, социальные выплаты); Зр – затраты на реализацию товара (упаковка, хранение, транспортировка, реклама)</p>                                                                                                     |
| <p><b>Математическое моделирование</b> – процесс построения и изучения математических моделей с указанием системных связей между элементами объекта</p> | <p><b>Моделирование экономических процессов:</b></p> <p>– Математический расчет рационального использования сырья и материалов.</p> <p>– Составление оптимального плана перевозок (транспортная задача).</p> <p>– Метод экономико-математического моделирования, позволяющий определить причины экономических явлений, закономерностей их изменений и последствия.</p> <p><b>Моделирование технических процессов:</b></p> <p>– моделью химического процесса может служить уравнение соответствующей химической реакции;</p> <p>– достаточно точной моделью процесса гармонического колебания является дифференциальное уравнения данного колебания</p> |

**Методы конкретных наук (частные методы)** – это специальные методы, используемые в отдельных областях науки. Примеры таких методов приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Частные методы**

| Область науки                                     | Используемые методы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Наноинженерия</b>                              | <p>– Метод растровой электронной микроскопии для исследования топографии и морфологии поверхности материалов.</p> <div data-bbox="668 712 1410 1032">  <p style="text-align: center;"> <i>а</i> <span style="margin-left: 100px;"><i>б</i></span> </p> <p style="text-align: center;">Поверхность образца:<br/> <i>а</i> – двумерная визуализация;<br/> <i>б</i> – трехмерная визуализация</p> </div> <p>– Метод рентгеновской дифрактометрии для определения фазового состава образцов и кристаллической структуры веществ</p> |
| <b>Материаловедение</b>                           | <p>– Легирование, закалка стали.</p> <p>– Методы подготовки поверхности образцов для изучения микроструктуры: травление, ионная бомбардировка</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Экономика</b>                                  | <p>– Метод бухгалтерского учета.</p> <p>– Корреляционный анализ в экономике.</p> <p>– Исторические методы в экономике</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Государственное и муниципальное управление</b> | <p>– Конкретно-социологические методы и приемы (анкетирование, опросы населения и служащих, интервьюирование).</p> <p>– Социально-качественные методы выявления социальных предпочтений разных групп государственных служащих</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

В основе методов лежит единство эмпирической и теоретической сторон. Они взаимосвязаны и обуславливают друг друга. Их разрыв или хотя бы преимущество развития одной за счет другой закрывает путь к правильному познанию природы: теория становится беспредметной, опыт – слепым. Леонардо да Винчи писал: «Влюбленные в практику без науки словно кормчий, ступающий на корабль без руля или компаса, они никогда не уверены, куда плывут. Наука – полководец, а практика – солдат».

**Вопросы к собеседованию:**

1. Дайте определение терминам «метод», «научный метод».
2. Приведите примеры конкретно-научных методов в своей специальности.
3. Приведите классификацию всеобщих научных методов.
4. Приведите классификацию общенаучных методов.
5. Чем отличается понятие «метод» от понятия «методика»?

## 2. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В научно-исследовательской работе выделяют в зависимости от её масштаба *научные направления, проблемы, темы, вопросы* [1, 4].

**Научное направление** – это исследование, в процессе которого решаются крупные задачи в определенной отрасли науки. Зачастую такие исследования посвящены решению каких-либо крупных, фундаментальных теоретических и экспериментальных задач определенной отрасли науки. При этом эффективность научной работы во многом зависит от того, насколько удачно обосновано научное направление. Обычно еще на начальном этапе обучения молодой ученый выбирает то научное направление, которое его интересует и в котором он планирует работать.

Структурными единицами направления являются комплексные *программы и проблемы, темы и вопросы*. Комплексная проблема включает в себя несколько научных проблем.

**Научная проблема** – это противоречивая ситуация, выступающая в виде неоднозначных позиций в объяснении каких-либо объектов, процессов и требующая создания теории для её разрешения. Полезность разрешения таких ситуаций и их экономический эффект зачастую можно определить только приблизительно.

Проблема обычно состоит из нескольких *тем*.

**Научная тема** – это задача научного характера, требующая проведения исследования. Она включает в себя несколько научно-исследовательских вопросов.

**Научные вопросы** – это более мелкие научные задачи, относящиеся к достаточно узкой области научного знания.

Результаты решения этих задач имеют и теоретическое, и практическое значение, поскольку на этом этапе научной работы можно сравнительно точно установить ожидаемый экономический эффект.

Вопросы и тема должны быть сформулированы предельно конкретно, например разработать материал, обладающий определенными характеристиками, или создать механизм с определенными параметрами и т. д.

Решение **проблем** ставит наиболее общую задачу – сделать открытие, решить комплекс научных задач, обеспечивающих ускорение научных разработок или оптимизацию процесса производства.

Постановка (выбор) *проблем* и *тем* является важной, но трудной задачей и проводится в несколько этапов.

**Первый этап – формулирование проблем.** На основе анализа противоречий (обычно несколько противоречий формулируют на разных уровнях общности: на теоретическом уровне, на практическом уровне и т. д.) выбранного направления формулируют основную проблему и определяют в общих чертах ожидаемый результат, т. е. выдвигают гипотезу исследования.

При выборе тематики исследования должен соблюдаться ряд важных требований, таких как научная новизна, практическая и теоретическая значимость, и других, о которых будет сказано ниже.

На **втором этапе** более детально прорабатывается *структура проблемы*. Выделяются темы, подтемы, частные вопросы. Совокупность этих компонентов должна составлять древо проблемы. В каждом случае выявляют приблизительную область исследования.

После формулирования проблем их коллективно обсуждают на заседаниях научно-технических советов, научно-методических семинарах кафедр в виде публичной защиты, на которые также приглашаются оппоненты, а затем принимается окончательное решение.

После обоснования проблемы и установления её структуры научный сотрудник самостоятельно определяется с выбором темы научного исследования, что зачастую более сложно, чем провести само исследование. При этом к теме предъявляется ряд обязательных требований.

Актуальность, т. е. ценность проблемы для науки и практики, является одним из главных требований и устанавливается **на третьем этапе**. При выборе важно уметь отличать псевдопроблемы от научных проблем. Псевдопроблемы (мнимые проблемы) в основе своей имеют антинаучный характер.

В технических направлениях наибольшее количество псевдопроблем связано с трудностями в развитии науки. Часть таких проблем составляют проблемы, которые дублируют решаемые или уже решенные. Они обуславливают лишние затраты труда ученых и технических средств. Иногда дублирование проблем не совсем бесполезно. Так, в науке известны случаи, когда при повторной разработке проблемы достигали более значительных результатов, но в целом разработка таких псевдопроблем приносит больше вреда, чем пользы.

Четкого критерия для установления степени актуальности пока нет. Обычно актуальность, как и название темы, формулирует для научного коллектива руководитель темы. Далее степень актуальности может быть оценена крупным ученым отрасли или научным коллективом. В прикладных научных разработках более актуальной должна оказаться та тема, которая обеспечит больший экономический эффект.

Также тема должна иметь *научную новизну*. Это значит, что в такой постановке она никогда не разрабатывалась и в данный момент не разрабатывается. Дублирование возможно, если по заданию руководящих организаций одинаковые темы разрабатывают два конкурирующих коллектива в целях уменьшения сроков исполнения задания.

Грань между научными и инженерными исследованиями стирается с каждым годом. Однако при выборе тем новизна должна быть не инженерной, а научной. Если, к примеру, решается новая задача на основе уже открытого закона, то это область инженерных, а не научных разработок.

Тема должна быть экономически эффективной (это требование должно быть обосновано в специальном технико-экономическом расчете) и иметь научную и практическую значимость. Значимость как главный критерий темы имеет место при разработке исследований, определяющих престиж отечественной науки или составляющих фундамент для прикладных исследований.

Тема должна *соответствовать профилю* научного коллектива, его компетентности и квалификации. Такая специализация приводит к повышению теоретического уровня и качества разработок, а также к повышению экономической эффективности и сокращению срока выполнения исследования, быстрому его внедрению в производство.

Если в научном коллективе имеются традиции, определенный стиль работы, то создаются благоприятные условия для привлечения к научной работе студентов и молодых ученых. Последние могут перенимать опыт работы, принимая участие в дискуссиях, слушая мнение, критику и аргументы более опытных ученых.

В ряде случаев при планировании тем возникает потребность в выборе наиболее перспективных, экономически обоснованных тем. Так, научному коллективу заказчик может предложить несколько тем, или наоборот, отраслевому министерству, вузам и НИИ может быть представлен ряд тем для включения в план. В этом случае оценку государственной необходимости разработки тем необходимо определять численными критериями.

## **2.2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НА ПРОВЕДЕНИЕ НИР**

Рост темпов общественного производства требует максимально быстрого внедрения последних достижений науки и техники. Это обуславливает необходимость разработки тех тем, которые приносят наибольший экономический эффект в кратчайшие сроки [2, 5].

Высокая экономическая эффективность темы может быть достигнута при условии, что еще до ее разработки выполнено технико-экономическое обоснование (ТЭО), что является неременным условием перед проведением исследований. Научно-исследовательская работа (НИР) предварительно прорабатывается на новизну и перспективность. ТЭО является основным исходным предплановым документом, при его наличии возможно дальнейшее планирование и финансирование тем заказчиком.

Цель составления ТЭО – установить данные о новейших достижениях науки и техники по рассматриваемой теме в России и за рубежом. В нем обосновывается государственная потребность, предполагаемые объемы внедрения, ожидаемые технико-экономические и социальные результаты.

Состав ТЭО включает в себя исходные положения, результаты предварительно выполненных патентных поисков на новизну и перспективность, описание объёма и места внедрения, прогнозируемые технико-экономические и социальные результаты.

Основу первого раздела ТЭО составляет краткий литературный обзор, в нем отражается достигнутый уровень исследований и полученные результаты, уделяется внимание еще нерешенным вопросам, обосновывается актуальность и значимость работы для отрасли и хозяйства страны, обосновываются задачи исследования и возможные методики.

Затем разрабатывается общая методология проведения исследования, выделяются этапы (определяются сроки работ), планируется получение конечной продукции в результате выполнения темы – инструкций, технических указаний, правил.

Патентную проработку производят за последние 10–15 лет, проверяются и российские, и зарубежные патенты. Это помогает выявить отличие планируемой темы от уже разработанных аналогов, целесообразность закупки лицензий. Особое внимание необходимо уделить возможности патентования предполагаемого результата, что позволяет наиболее правильно сформулировать тему, выявить ее специфику и отличие от ранее выполненных работ.

В результате разработки темы должны быть созданы прогрессивные варианты новой техники или технологии, материалов, изделий. На стадии обоснования НИР необходимо определить предполагаемый экономический эффект за период применения новой техники, предполагаемые социальные результаты при условии обеспечения охраны природы и окружающей среды.

В итоге делается вывод о целесообразности и необходимости выполнения НИР, а разработанное ТЭО утверждается отраслевым министерством.

### **2.3. АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ И ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Всю полученную по конкретному вопросу информацию необходимо анализировать, классифицировать и систематизировать [4]. При этом источники можно систематизировать:

- 1) в хронологической последовательности (выделяются основные научные этапы);
- 2) по тематике анализируемых вопросов.

Анализ должен быть критичным. Критику недостатков (методов, методик, формул, принципов) следует производить корректно, приводя обоснованные аргументы. Совершенно неверно руководствоваться положением: все, что сделано ранее, – неправильное, устаревшее, не соответствует новым требованиям.

Необходимо соблюдать принцип преемственности. Без прошлых исследований и достижений невозможно было бы ставить задачи на будущее.

Вместе с тем нельзя безоговорочно соглашаться с прежними достижениями, даже если они получены авторитетными учеными. Их нужно подвергать творческому критическому анализу с учетом достигнутого уровня в науке и технике, извлекая рациональные положения, на которых будут базироваться свои предположения.

При этом необходимо сопоставить друг с другом различные идеи, методы, теории. В процессе такого сопоставления могут возникнуть собственные соображения и мнения по наиболее актуальным вопросам. Все это постепенно формирует фундамент будущей гипотезы научного исследования.

Совершенно недопустимо, когда в процессе аналитического обзора лишь формально перечисляются авторы и приводятся аннотации их работ. Каждый источник анализируют с точки зрения актуальности и исторического вклада в развитие данной темы. При этом тщательно разбирают роль теории, эксперимента и ценность производственных рекомендаций.

На основании результатов проработки информации делают выводы, освещая в них ключевые моменты, а именно:

- актуальность, новизну и значимость темы;
- последние достижения науки и экспериментальных исследований по данной теме (в России и за рубежом);
- основные исследовательские задачи и производственные рекомендации, подлежащие разработке в данный момент;
- обоснование технической целесообразности и экономической эффективности.

На основе полученных выводов формулируются цели и конкретные задачи научного исследования.

## 2.4. ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Научная работа кафедр вузов и других исследовательских организаций проводится в соответствии с разработанными и утвержденными планами работы на учебный год, заключенными договорами. Индивидуальные планы составляются для каждого сотрудника организации, начиная от профессоров и заканчивая аспирантами. Также планируется научно-исследовательская работа студентов (НИРС). Это может быть отражено в соответствующем разделе плана работы учебного заведения, туда же включаются разделы о работе научных и технических кружков.

**Рабочая программа** – это изложение в определенном формате общей идеи исследования в соответствии с его задачами и гипотезами. Обычно она состоит из двух разделов: методологического и процедурного.

*Методологический раздел* включает:

- 1) формулировку проблемы;
- 2) определение объекта и предмета исследования;
- 3) формулировку цели и задач исследования;
- 4) интерпретацию основных понятий;
- 5) формулировку рабочих гипотез.

Существует множество классификаций научных проблем. Например, их можно разделить на предметные, процедурные и дидактические или классифицировать по областям науки, в которой они проявляются, по уровню сложности, глобальности.

При этом любая *научная проблема* – это сформулированная в виде концепции о незнании противоречивая ситуация, требующая изучения и создания адекватной теории для её разрешения. Например, научной проблемой является разработка теоретических основ построения колебательных систем с заданными параметрами колебаний.

**Методические особенности экспресс-анализа случайных процессов**

**Определение объекта и предмета  
научного исследования**

*Объект исследования* – это явление, процесс, который подлежит изучению. Определение объекта исследования отвечает на вопрос: что изучается?

*Предмет исследования* – это объект или отдельные свойства, особенности объекта, которые подлежат рассмотрению в данном исследовании.

**Определение цели и задач исследования**

*Цель исследования* – это конечный результат, который должен получиться после окончания исследования. Обычно целью научного исследования выступает выявление каких-либо причинно-следственных связей.

*Задачи исследования* – это те вопросы, на которые должны быть получены ответы при достижении цели исследования.

**Интерпретация основных понятий** – это определение, истолкование значения основных понятий. Существуют *теоретическая (логический анализ отношений между понятиями)* и *эмпирическая (выделение количественных критериев признаков)* интерпретация понятий.

**Формулировка рабочих гипотез** – выдвижение предположений о наличии зависимости между отдельными понятиями и их количественными характеристиками.

Гипотез может быть несколько, их делят на *описательные, объяснительные и прогнозные*, по другому основанию – на *основные и неосновные, первичные и вторичные, гипотезы-основания и гипотезы-следствия*.

*Основной частью процедурного раздела* рабочей программы является план исследования. Планы можно классифицировать в зависимости от объема исходной информации об объекте исследования.

**Разведывательный план** применяется, если об объекте и предмете исследования нет четких представлений или отсутствует необходимая для обзора литература. При этом трудно выдвинуть рабочую гипотезу, и целью такого плана является уточнение темы (проблемы) и формулировка гипотезы.

**Описательный план** обычно используют, когда можно выделить объект и предмет исследования, сформулировать гипотезу. В таком случае по плану проверяют гипотезу и описывают факты, касающиеся объекта исследования.

**Экспериментальный план** применяется тогда, когда сформулированы проблема, задачи и гипотезы. План отражает последовательность установления причинно-следственных связей в исследуемом объекте.

Помимо плана в процедурном разделе программы обосновывается выбор методов исследования, показывается связь данных методов с целями, задачами и гипотезами исследования. При выборе необходимых методов следует обосновать их:

- а) эффективность и оптимальность;
- б) экономичность в плане времени, сил и материальных средств;
- в) простоту и доступность для исследователя соответствующей квалификации;
- г) безопасность для здоровья;
- д) допустимость с этической точки зрения, а также норм морали и права;
- е) научность.

Обычно студенты не разрабатывают рабочие программы научных ис-

следований, но планы подготовки своих отчетных работ они должны составлять самостоятельно. Например, обязательными элементами плана магистерской диссертации должны быть введение, основная часть, разбитая на главы и параграфы, и заключение. Простой план содержит перечень основных вопросов. В более сложном варианте плана каждая глава разбивается на параграфы. Иногда составляют комбинированный план, где одни главы разбиваются на параграфы, а другие оставляют без дополнительной рубрикации.

При составлении плана необходимо, чтобы:

- а) вопросы соответствовали выбранной теме и располагались в логической последовательности;
- б) были включены вопросы темы, отражающие основные аспекты исследования для ее всестороннего исследования.

Исходный план не составляется сразу, в процессе исследования он может изменяться. Для упорядочения основных этапов и сроков выполнения научно-исследовательской работы дополнительно к плану исследования составляется рабочий план (план-график) выполнения работ.

**Практическое занятие № 5.** Распределение вероятностей как характеристика свойств случайного процесса. Оценки вероятностей

### **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ**

### **ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **ФОРМУЛИРОВАНИЕ ВЫВОДОВ**

После проведения эксперимента выдвинутая рабочая гипотеза сопоставляется с данными, полученными в ходе эксперимента [5], для этого его результаты обрабатываются на основе математических и статистических методов: строятся графические зависимости, диаграммы, результаты

записываются в стандартизированном виде с учетом погрешностей и анализируются, находятся отклонения экспериментальных значений от теоретических.

В результате такого теоретико-экспериментального анализа могут возникнуть три случая.

1. При достаточно точном совпадении рабочей гипотезы с результатами опыта группируют полученный материал исследований так, чтобы из него вытекали основные положения разработанной ранее гипотезы, в результате чего последняя превращается в доказанное теоретическое положение.

2. Результаты эксперимента частично подтверждают положения гипотезы, в некоторых случаях могут противоречить ей. В таком случае гипотезу изменяют так, чтобы она наиболее полно соответствовала результатам эксперимента. Часто приходится проводить дополнительные эксперименты с целью скорректировать изменения рабочей гипотезы, после чего она также превращается в теорию.

3. Рабочая гипотеза не подтверждается результатами эксперимента. В этом случае её полностью пересматривают. После этого проводят новые исследования с учетом новой гипотезы. Отрицательные результаты научной работы часто помогают выработать правильные представления об объектах или явлениях, определить направление дальнейшей работы.

После анализа полученных результатов формулируют заключение, выводы или предложения. Это достаточно сложная часть работы, требующая высокой квалификации исследователя, поскольку необходимо кратко, четко, научно выделить то новое и важное, что является результатом работы, дать ему исчерпывающую оценку и определить пути дальнейших исследований. Обычно по одной теме не рекомендуется составлять много выводов (не более 5–10). Дополнительные выводы, не отвечающие поставленной цели (если таковые есть), формулируют отдельно, чтобы не отвлекать от основной задачи темы.

Выводы целесообразно разделить на научные и производственные. В научных выводах отражается вклад в науку (разработка новой теории, принципиальное изменение уже существующих или их конкретных положений). В заключении указывают план внедрения законченных научно-исследовательских работ в производство. При выполнении НИР необходимо помнить о защите государственного приоритета на изобретение или открытие.

### **Вопросы к собеседованию:**

1. Дайте определение термину «научное направление».
2. Что является структурными единицами научного направления?
3. Перечислите этапы постановки (выбора) проблемы и темы.
4. Цель составления технико-экономического обоснования на проведение НИР.
5. Что включает методологический раздел рабочей программы научно-исследовательской работы?

## Практическое занятие № 6. **Определение среднеквадратических отклонений.**

### **ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

#### **3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ, ТИПЫ, ЦЕЛИ И МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Обязательной частью любых научных исследований является эксперимент [7–11].

*Эксперимент* – научный метод исследования, основанный на изучении объекта в управляемых наблюдателем условиях. Учет этих условий позволяет следить за течением эксперимента, повторять его каждый раз при неизменных условиях. От наблюдения эксперимент отличается активным воздействием исследователя на объект изучения. Возможность постановки эксперимента является главным отличием научной теории от псевдонаучной.

Основная цель эксперимента – проверка гипотезы, а также более широкое и глубокое изучение разрабатываемой темы. При подготовке к проведению эксперимента должны быть соотнесены оптимальные сроки его проведения, материальные затраты и точность полученных результатов.

Эксперименты делятся на *естественные* и *искусственные*.

**Естественный эксперимент**, т. е. проводимый в естественных условиях, характерен для социальных явлений.

**Искусственный эксперимент**, проводимый обычно в варьируемых условиях, чаще применяется в естественных, технических науках.

Иногда возникает необходимость провести поисковые эксперименты. Такие исследования необходимы, если затруднительно выявить все факторы, влияющие на исследуемый процесс, вследствие недостаточности предварительных данных.

Экспериментальные исследования делят на лабораторные и произ-

водственные.

**Лабораторные эксперименты** проводят с применением сертифицированных приборов, специальных моделирующих установок, стендов и другого оборудования. Такие эксперименты позволяют наиболее полно, с требуемой повторяемостью изучить изменение одних характеристик объекта при варьировании других. Однако не всегда такие эксперименты точно моделируют ход процесса, поэтому возникает необходимость в проведении производственного эксперимента.

**При постановке производственных экспериментов** процесс изучается в реальных условиях с учетом воздействия факторов производственной среды. Необходимость проведения того или иного вида эксперимента или даже серии экспериментов определяется в каждом случае отдельно.

Перед проведением экспериментального исследования необходимо разработать его методологию.

**Методология эксперимента** – это по сути общая структура эксперимента, она дает представление об общих подходах, принципах, этапах его постановки и последовательности выполнения экспериментальных исследований.

## **ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

При планировании эксперимента разрабатывают *план-программу эксперимента* и определяют *методику* его проведения [7].

**План-программа** включает в себя:

- название темы исследования;
- гипотезу исследования;
- описание методики эксперимента;
- необходимые материалы и оборудование;
- список исполнителей;
- календарный план работ;

– смету на выполнение эксперимента.

При необходимости в план-программу включают работы по разработке и изготовлению приборов, приспособлений, их методическое обследование, сертификацию.

Основу плана-программы составляет *методика эксперимента*. Методика, в отличие от методологии, представляет собой процедуру применения того или иного метода, систему конкретных приемов или способов для наиболее эффективной постановки исследования. Методика включает в себя:

1. Цель и задачи эксперимента. Четкая формулировка цели и задач – это большой вклад в их решение. Количество задач не должно быть большим (достаточно 3–4 задачи), в большом исследовании их может быть до 10.

2. Выбор варьирующих факторов, т. е. установление главных и второстепенных характеристик, оказывающих влияние на исследуемый процесс. Все факторы при этом ранжируются по важности, а эксперимент сводится к нахождению зависимостей между факторами. Степень важности характеристики определяется по её роли в исследуемом процессе. Для этого процесс изучается в зависимости от одной из выделенных переменных при условии, что остальные – постоянны. Обычно такой принцип оправдывает себя только в случаях с малым количеством характеристик (1–3). Если переменных величин очень много, то обычно применяют принцип многофакторного анализа.

3. Выбор средств и потребного количества измерений – это определение необходимых для наблюдений и измерений приборов, машин, аппаратов и т. д. Регулярно издаются каталоги, по которым можно заказать необходимые средства измерений. Чаще используют серийно выпускаемые сертифицированные приборы. Иногда возникает потребность в создании уникальных приборов. При этом опираются на законы науки метрологии, которая изучает средства и методы измерений.

Также необходимо определить *нужное минимальное количество измерений*, т. е. такое их количество, которое с заданной степенью точности обеспечит измерение значения величины при минимальных затратах времени и средств.

4. Описание проведения эксперимента структурируют как последовательность операций измерений и наблюдений. Далее подробно описывают каждый этап в отдельности с учетом выбранного оборудования, разрабатывают формы журналов для записи результатов эксперимента.

5. При обосновании способов обработки и анализа результатов эксперимента описываются выбранные методы, с их помощью систематизируются и анализируются все полученные значения. Далее результаты оформляются в виде таблиц, графиков, формул для их наглядного сопоставления.

При этом в методике уделяется особое внимание математическим методам обработки и анализу экспериментальных данных, включающим определение эмпирических зависимостей, критериев, доверительных интервалов и другие.

В зависимости от четкости формулировок теоретической части исследования и выбранного оборудования определяются *объем и трудоемкость экспериментальных исследований*. Объем эксперимента обычно тем меньше, чем четче проработана теоретическая часть. Выделяют три случая при планировании эксперимента.

**Случай 1.** Имеется аналитическая зависимость, которая однозначно описывает исследуемый процесс. Например,  $y = 3e^{0.2x}$ . Объем эксперимента, проверяющего данную зависимость минимален, так как функция однозначно определяется данными эксперимента.

**Случай 2.** Теоретически установлен только характер зависимости. Например,  $y = ae^{bx}$ , т. е. задано семейство кривых. Экспериментально

необходимо определить параметры  $a$  и  $b$ . Объем эксперимента возрастает.

**Случай 3.** Какая-либо зависимость теоретически не определена, разработаны только предположения о качественных закономерностях процесса. В таком случае необходим поисковый эксперимент, и объем экспериментальных работ значительно увеличивается.

### МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Неотъемлемой частью любых экспериментальных исследований является обоснованный особенностью эксперимента выбор средств измерений, имеющих нормированные погрешности, обеспечивающие экспериментатору получение необходимой информации [8–10].

Для успешного выполнения измерений необходимо знать следующие критерии их качества:

- **точность измерений**, отражающая близость полученных результатов к действительному значению величины. Высокая точность соответствует малым значениям погрешностей всех видов;

- **правильность измерений**, означающая близость к нулю систематических погрешностей;

- **сходимость измерений**, характеризующая близость друг к другу результатов измерений, выполненных в одинаковых условиях. Она показывает влияние на результат случайных погрешностей. Если результаты измерений правильны (систематические погрешности пренебрежимо малы), то точность результатов измерений будет определяться преимущественно случайными погрешностями;

- **воспроизводимость измерений**, отражающая близость к нулю разброса результатов, выполненных в различных условиях (в разное время, в разных местах, разными методами и средствами и разными исследователями). Воспроизводимыми могут быть только точные, правильные и сходящиеся результаты измерений. Если воспроизвести

результаты измерений какого-либо исследователя не удастся, то теряется и доверие к ним. Фактически по множеству причин измерения могут быть невоспроизводимыми. В этом случае каждый исследователь должен так поставить и описать свои эксперименты, чтобы они как можно полнее отвечали требованиям воспроизводимости. В качестве количественного признака воспроизводимости выступают гарантированные экспериментатором доверительные границы результата, но имеются и другие признаки.

При проведении научных исследований должны использоваться только *поверенные средства измерений*.

***Поверка средств измерений*** – это установление органом государственной метрологической службы (или другим официально установленным органом, организацией) пригодности средства измерений к применению по установленной форме.

При поверке средств измерений определяют и по возможности уменьшают погрешности приборов. Определение погрешностей позволяет установить соответствие прибора декларируемой степени точности. При этом делается заключение о его применимости для данных измерений.

При поверке средств измерений, если не требуется вносить поправок в погрешности, определяют, не выходят ли они за пределы допускаемых значений.

Средства измерений различных организаций подвергают обязательной государственной поверке практически каждый год. При хорошем обращении с приборами этого срока вполне достаточно для гарантированной эксплуатации. Однако в ряде случаев вследствие небрежного обращения с приборами их эксплуатационно-измерительные характеристики нарушаются. Измерительные средства, хранившиеся на складе, перед применением необходимо подвергнуть рабочей поверке.

***Рабочая поверка*** средств измерений проводится в низовых звеньях, т. е. в самих исследовательских организациях. Такие поверки проводятся

исследователем перед началом эксперимента. В процессе рабочей поверки приходится производить различные операции: определять диапазон измерений, вариации измерений и др. В отдельных случаях выполняют калибровку, градуировку и регулировку средств измерений.

***Калибровка средств измерений*** представляет собой набор операций, в которых устанавливается соотношение между значением величины, полученным с помощью данного прибора и соответствующим значением, определенным с помощью эталона для выявления действительных метрологических характеристик этого средства измерений.

***Градуировка средств измерений*** – это определение градуировочной характеристики средства измерений. При *градуировке* наносят метки на шкалу отсчитывающего устройства по заранее известной измеренной величине. Если шкала прибора линейная, то градуировка не представляет какой-либо сложности. При градуировке нелинейных шкал предварительно регулируют прибор, крепят к нему шкалу и наносят на циферблат деления, соответствующие заранее известным значениям измеряемой величины.

***Регулировка средств измерений*** – это действия, направленные на снижение систематических погрешностей до необходимого минимального значения.

Иногда возникают систематические погрешности, линейно зависящие от значения измеряемой величины. Существуют специальные методы их устранения или уменьшения.

### **3.2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Измерения являются основой любого эксперимента. Каждый экспериментатор должен знать закономерности измерительных процессов, а именно:

- 1) правильно измерить необходимые величины;

- 2) оценить погрешности при измерениях;
- 3) с требуемой точностью определить значения величин и их минимальное количество;
- 4) определить оптимальные условия измерений, при которых погрешности будут минимальными;
- 5) провести анализ результатов измерений, сделать предварительные выводы.

**Измерение** – сравнение измеряемой величины с эталоном, нахождение её соотношения с единицей измерения и определение значения этой величины в заданных единицах.

Теорией и практикой измерений занимается специальная наука – метрология, согласно которой все виды измерений классифицируются по различным критериям [8–10].

По *способу нахождения значения величины* измерения делятся:

– на **прямые измерения** – измерения, при которых значения измеряемых величин определяются непосредственно с помощью измерительных приборов. Например, сила электрического тока измеряется амперметром; напряжение – вольтметром; температура – термометром и др.

– **косвенные измерения** – измерения, при которых значение искомой величины  $x$  определяется по формуле, в которую входят величины  $y_1, y_2, \dots, y_n$ , подверженные прямым измерениям.

При косвенных измерениях определяют не саму величину  $x$ , а те величины, которые функционально с ней связаны. Затем значение величины  $x$  находят по формуле

$$x = f(y_1, y_2, \dots, y_n).$$

Примером косвенных измерений служит определение плотности твердого образца с помощью весов и мензурки с водой. Здесь путем пря-

мых измерений находят значение массы образца  $m$  и его объем  $V$ , а искомую плотность  $\rho$  определяют по формуле

$$\rho = m/V.$$

Прямые и косвенные измерения наиболее широко распространены. Помимо них в практике используются:

– **совокупные измерения** – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, через которые, путем решения системы уравнений, находят искомые значения величин. Совокупные измерения являются разновидностью косвенных измерений;

– **совместные измерения** – производимые одновременно измерения нескольких неоднородных величин с целью нахождения зависимости между ними. При этом искомые величины находятся путем прямых или косвенных измерений.

В зависимости от динамики измеряемой величины с течением времени измерения разделяются:

– на **статические**, когда измеряемая величина остается постоянной во времени;

– **динамические** – измеряемая величина изменяется с течением времени.

При динамических измерениях необходимо учитывать такое изменение величины с течением времени. Для оценки точности результатов динамических измерений необходимо знать динамические свойства средств измерений.

**По точности результатов** измерения бывают:

– **максимальной точности**, достигаемой при существующем уровне технических возможностей;

– **контрольно-поверочные**, погрешность которых не превышает не-  
которого заданного значения;

– **технические измерения**, в которых погрешность определяется ха-  
рактеристиками используемых приборов.

**По способу выражения результатов** различают:

– **абсолютные измерения**, основанные на прямых измерениях одной  
или нескольких величин и (или) использовании значений физических кон-  
стант;

– **относительные измерения**, определяемые отношением величин к  
одноименной величине, играющей роль условной единицы (или прини-  
маемой за исходную).

Показателями качества измерений являются погрешность, точность,  
правильность, сходимость и воспроизводимость измерений.

**Погрешность измерения** – это отклонение результата измерения от  
истинного (действительного) значения величины. Синонимом термина  
«**погрешность**» является термин «**ошибка**».

**По способу выражения** погрешности делятся на **абсолютные** и **от-  
носительные**.

Абсолютной погрешностью измерения называется разность между  
результатом измерения  $x_{\text{изм}}$  и истинным значением измеряемой величины  
 $x_{\text{д}}$ , выраженная в единицах измеряемой физической величины. Обознача-  
ется либо буквой  $\Delta$  (дельта), либо буквами  $\Delta x$  и определяется как

$$\Delta x = x_{\text{изм}} - x_{\text{д}}.$$

Абсолютная погрешность недостаточно характеризует качество изме-  
рений, она позволяет только указать границы, в которых заключено точ-  
ное значение числа  $a$ :

$$x \pm \Delta x \pm a \pm x \pm \Delta x.$$

В связи с этим вводится понятие предельной относительной погрешности, которую называют просто *относительной погрешностью*.

**Относительная погрешность измерения** – это отношение абсолютной погрешности к результату измерений (или действительному значению) измеряемой величины. Определяется либо в относительных единицах как

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_d},$$

либо в процентах

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_d} \cdot 100\%.$$

***Точность результатов измерений*** определяет их качество. Точность тем выше, чем ближе к нулю погрешности результата измерения.

Термин «точность» применим лишь для сравнения результатов или относительной характеристики методов измерений, например точность измерения длины с помощью микрометра выше, чем при измерении с помощью линейки.

Помимо ***точности***, а также ***правильности, сходимости и воспроизводимости измерений***, еще одним показателем качества является ***достоверность измерения***. Она показывает вероятность отклонений измерения от действительных значений и часто называется доверительной вероятностью.

Чтобы ***точность*** и ***достоверность*** измерений увеличились, необходимо уменьшить их погрешности. Погрешности при измерениях возникают вследствие разных причин: несовершенства методов и измерительных приборов, недостаточно тщательного проведения эксперимента, влияния внешних факторов, субъективных особенностей экспериментатора и др.

Погрешности классифицируют на **систематические, случайные и грубые (промахи)**.

***Систематические погрешности*** – это погрешности измерений, которые при повторных измерениях остаются неизменными или изменяются по известному закону. Если численные значения этих погрешностей известны, их можно учесть во время повторных измерений. Например, к таковым относятся инструментальные (приборные) погрешности. Если пользоваться одним и тем же прибором, то инструментальная ошибка будет одна и та же.

***Случайные погрешности*** – это погрешности, которые при повторных

измерениях одной и той же величины изменяются по значению и знаку случайным образом. Они обусловлены совокупностью причин, трудно поддающихся анализу, а также состоянием экспериментатора. Присутствие случайных погрешностей обнаруживается при повторных измерениях в виде некоторого разброса получаемых результатов. Оценку случайных погрешностей производят на основе специальных статистических методов обработки результатов измерений, разработанных на основе законов теории вероятностей и математической статистики.

**Грубые погрешности**, или **промахи**, – это разновидность случайных погрешностей. Они значительно выше систематических или случайных погрешностей. Обычно промахи вызваны грубыми ошибками экспериментатора, в расчет они не принимаются, при вычислении  $\bar{x}_d$  их не учитывают.

Систематические и случайные погрешности обычно проявляются совместно. Следовательно, можно записать

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2,$$

где  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  – систематические и случайные погрешности измерений.

Основная задача измерений – получить результаты с минимальными погрешностями.

#### Практическое занятие № 7 Оценивание корреляционных функций.

**Систематические погрешности** можно разделить на пять основных групп [9–14]:

**I группа** – инструментальные погрешности, связанные с нарушениями средств измерений, неточностями шкал, износом приборов и отдельных деталей, появлением люфта.

**II группа** – погрешности, возникающие при неправильной установке приборов.

**III группа** – погрешности, возникающие под воздействием внешней среды. Например, высокая температура и влажность воздуха могут привести к деформации шкалы прибора. Также могут сказаться влияние магнитных и электрических полей, изменения атмосферного давления, вибрации от движущегося транспорта и др.

**IV группа** – субъективные погрешности, возникающие вследствие индивидуальных психических и физиологических свойств человека.

**V группа** – погрешности метода. Они появляются в результате необоснованного метода измерений (например, при различных упрощениях схем и методов, пренебрежении некоторыми внешними факторами).

Систематические погрешности нужно по возможности устранять, так как они могут повлечь даже получение неправильных научных выводов из полученных результатов. Для этого еще до начала эксперимента необходимо провести ремонт оборудования, проверку всех элементов установки, устранить нежелательные воздействия внешней среды. Должна быть внимательно проработана теория и методика выполнения эксперимента. Иногда устранить погрешности 1–3 групп можно, увеличив количество измерений.

Для исключения систематических погрешностей применяют также **метод замещения** – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину  $x_{\text{изм}}$  замещают мерой (эталоном) с известным значением величины. Разница в измерениях определяет погрешность используемого прибора.

Если нельзя найти точное значение систематических погрешностей, то ограничиваются их приблизительной оценкой.

Кроме систематических при измерениях неизбежно возникают **случайные погрешности**. Сюда же относят **промахи**.

Наиболее типичными причинами промахов являются: неправильное использование приборов, описки при записи полученных результатов, не регламентированные манипуляции с приборами (перестановка, замена отдельных элементов и др.). Грубые погрешности могут возникать вследствие неисправности приборов, а также внезапно изменившихся условий эксперимента.

Теория вероятностей и математическая статистика дают возможность с требуемой точностью вычислить истинное значение определяемой в эксперименте величины и оценить возможные погрешности.

В основе теории вероятности лежат предположения о том, что

- при большом количестве измерений случайные отклонения величины в большую и меньшую сторону встречаются с одинаковой частотой;
- большие отклонения встречаются реже, чем малые;
- при бесконечно большом количестве измерений истинное значение измеряемой величины стремится к среднеарифметическому значению всех результатов измерений.

Выделяют две совокупности измерений: **генеральную** и **выборочную**. Генеральная совокупность включает всё множество возможных значений измерений  $x_{\text{изм}}$  или их погрешностей  $\Delta x_{\text{изм}}$ . В выборочной совокупности количество полученных значений  $n$  ограничено и в каждом случае строго регламентировано. На практике считают, что если  $n > 30$ , то сред-

нее значение этой совокупности измерений  $\bar{x}$  практически равно его истинному значению.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

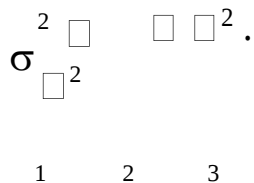
Случайные погрешности обычно подчиняются закону нормального распределения с математическим ожиданием, равным нулю. Закон нормального

распределения математически выражается следующей формулой [9]:

$$y(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где  $y(x)$  – плотность распределения погрешности;  $e \approx 2,72$  – основание натурального логарифма;  $x = x_i - \bar{x}$  – погрешность результата единичного определения;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое из серии измерений;  $x_i$  – результат единичного определения;  $\sigma^2$  – генеральная дисперсия.

Графически нормальное распределение представляется в виде кривой Гаусса. На рис. 2 представлены кривые Гаусса с различными значениями дисперсии  $\sigma^2$ .



При сравнении кривых видно, что с уменьшением величины дисперсии улучшается распределение и уменьшается предел, который практически может достигнуть погрешности. Например, погрешности, достигающие значений от  $\pm 10$  до  $\pm 15$  %, наблюдаются только при дисперсии

$$\sigma^2 = 3$$

и  $\pm 2$  % ошибки, составляющие от  $\pm 5$  до  $\pm 10$  %, – при

$$\sigma^2 = 2$$

дисперсии  $\sigma^2 = 1$ , а ошибки от 0 до  $\pm 5$  % встречаются только при дисперсии

$$\sigma^2 = 1$$

Генеральная дисперсия является понятием теоретическим. На практике обычно вместо теоретического понятия генеральной дисперсии пользуются понятием выборочной дисперсией, обозначаемой  $S^2$ . При этом значение выборочной дисперсии  $S^2$  или средней квадратичной погрешности отдельного определения, равной  $\sqrt{S^2}$ , должно быть как можно меньше.

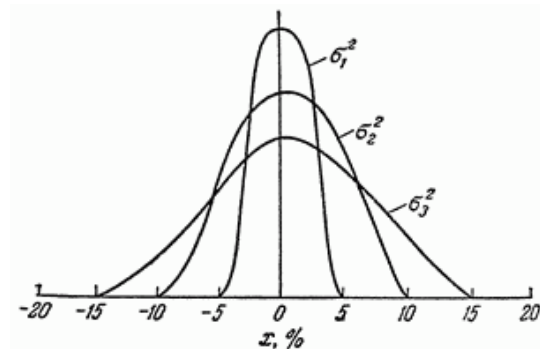


Рис. 2. Кривая Гаусса ( $\sigma_1^2$ ,  $\sigma_2^2$ ,  $\sigma_3^2$ )

3

Величина выборочной дисперсии находится по формуле

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (2)$$

где  $x_i$  – результат единичного определения;  $n$  – число измерений;  $(n - 1) = k$  – число степеней свободы;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое из  $n$  измерений.

Среднее арифметическое вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

Если разность  $(x_i - \bar{x}) \leq 2S$ , то такие результаты не учитываются.

Еще один показатель, позволяющий оценить точность проведенных измерений, – доверительный интервал, т. е. интервал, в котором находится истинное значение определяемой величины с заданной доверительной вероятностью. Границы доверительного интервала определяются неравенством

$$\bar{x} - t_{\alpha,n} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq a \leq \bar{x} + t_{\alpha,n} \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (4)$$

Дробь  $\frac{S}{\sqrt{n}}$  обозначается как  $S_x$  и называется квадратичной погрешностью, а  $t_{\alpha,n}$  – абсолютной погрешностью среднего арифметического.  $S_x$

Доверительный интервал в таком случае определяется неравенством

$$\bar{x} - t_{\alpha,n} S_x \leq a \leq \bar{x} + t_{\alpha,n} S_x, \quad (5a)$$

или

$$(\bar{x} \pm t_{\alpha,n} S_x) \leq a \leq (\bar{x} \pm t_{\alpha,n} S_x), \quad (5b)$$

где  $a$  – истинное значение определяемой величины;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение;  $S_x$  – средняя квадратичная погрешность среднего

арифметического;  $t_{\alpha,n}$  – коэффициент Стьюдента;  $n$  – количество измерений;  $\Delta_{\alpha,t}$  – абсолютная погрешность.

Вероятность того, что доверительный интервал включает в себе действительное значение величины  $x$ , называется надежностью доверительного интервала  $\alpha$ . На практике надежность доверительного интервала обычно принимают равной от 0,8 до 0,99 в зависимости от характера задачи.

Чтобы рассчитать доверительный интервал, задаются величиной  $\Delta$  и, при известном количестве измерений  $n$ , определяют интервал с помощью таблицы коэффициентов Стьюдента  $t_{\alpha,n}$ .

#### Практическое занятие № 8. Проведение эксперимента.

По количеству факторов, одновременно воздействующих на исследуемый объект, эксперименты делятся на **однофакторные** и **многофакторные** [7, 11, 12]. Факторами называют независимые параметры.

В **однофакторном эксперименте** требуемые зависимости определяются при варьировании одного фактора и постоянстве остальных. Он является традиционным, в нем можно установить степень влияния каждого фактора в отдельности на исследуемый объект.

**Многофакторный эксперимент** отличается от традиционных форм выполнения экспериментов. В его основе лежат методы математического планирования, они основаны на математической теории эксперимента, которая определяет условия оптимального проведения исследования, даже при неполном знании физической сущности явления. Эти методы позволяют исследовать и оптимизировать сложные совокупности объектов, обеспечивая необходимую точность определения исследуемых факторов. Такие эксперименты обычно проводят небольшими сериями. После каждой серии принимается обоснованное решение о том, что делать дальше.

В некоторых случаях целесообразно представить объект исследования в виде «черного ящика». Обычно такой подход используют, если неизвестны механизмы объекта, но определены условия протекания процессов и требования к результатам.

К концепциям теории математического эксперимента, обеспечивающим успешное решение ряда исследовательских задач, относятся концепции *рандомизации*, *последовательного эксперимента*, *математического моделирования*, *оптимального использования факторного пространства* и некоторые другие.

**Рандомизация** заключается в том, что в эксперимент вводят элемент случайности: составляют его план таким образом, чтобы факторы, которые трудно поддаются контролю, учитывались статистически и исключались как систематические погрешности.

Концепция **последовательного эксперимента** предусматривает его выполнение не одновременно, а в несколько этапов. При этом на каждом этапе анализируют полученные результаты и принимают решение о целесообразности проведения дальнейших исследований (рис. 3).

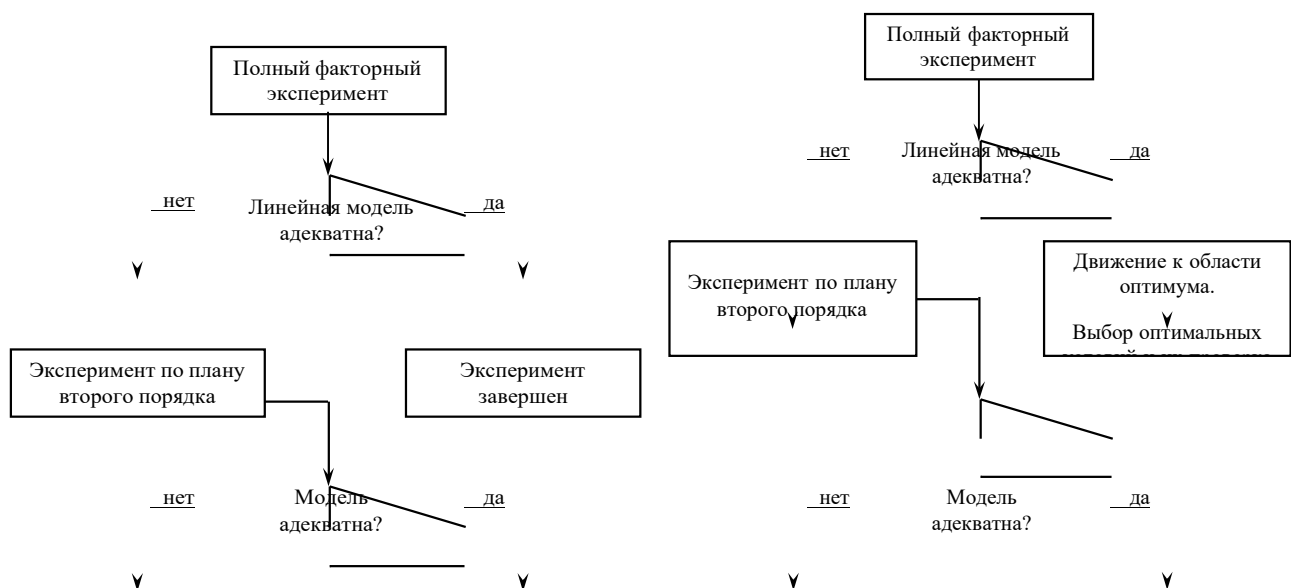




Рис. 3. Структурная схема эксперимента с целью:

*а* – математического описания исследуемого процесса;

*б* – оптимизации исследуемого процесса

Концепция **математического моделирования** предусматривает получение в результате эксперимента уравнения регрессии, которое иногда называют *математической моделью процесса*. Под моделью в данном случае понимают приближенное выражение неизвестного закона, которое с заданной степенью точности характеризует явление в некоторой ограниченной области факторного пространства. Иногда необходимо использовать несколько моделей для описания одного явления. При этом их адекватность можно оценить по критерию Фишера, учитывая, что степень полученного таким образом многочлена (полинома), адекватно описывающего процесс, предсказать очень сложно, поэтому пытаются использовать простую линейную модель, а затем (если она неадекватна) поэтапно повышают степень полинома.

Также хорошо описаны и широко используются планы экстремального эксперимента, позволяющие не только описать исследуемый объект, но и выполнить его оптимизацию. Такие планы математически описывают систему экспериментов, содержащую возможные неповторяющиеся комбинации выбранных факторов при заданных уровнях их варьирования. Данный метод позволяет одновременно изучать влияние многих факторов на исследуемый объект.

## ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКА ИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

На этапе планирования эксперимента описывается методика его проведения, которая определяет что, как и чем измерять [7], а также какая погрешность допустима в экспериментальных данных. При этом нужно помнить, что результаты любых измерений не могут быть более точными, чем исходные данные. Исходные данные, в свою очередь, не могут быть более точными, чем первичные эталоны. Фактическая точность результатов измерений обычно значительно (на несколько порядков) меньше точности эталонов.

**Полная погрешность** результата измерений складывается из погрешностей метода, инструментальной, установки, субъективной и обработки данных. Каждая из этих частных погрешностей содержит и систематическую, и случайную составляющие. Сумма последних трех погрешностей при неаккуратном проведении эксперимента может значительно превзойти сумму двух первых.

Величину систематических методической и инструментальной погрешностей удастся спрогнозировать при знании характеристик используемых средств измерений и особенностей методов измерений. Остальные частные погрешности при умелом проведении эксперимента должны получиться значительно меньше, чем систематические методическая и инструментальная погрешности.

Систематическая погрешность – это погрешность, которая повторяется из опыта в опыт, поэтому далее мы подробнее рассмотрим эти погрешности.

*Методические погрешности* можно разделить на три группы, возникающие в результате:

- искажения состояния объекта при взаимодействии его с применяемыми средствами измерений;
- недоучета некоторых зависимостей или использования приближен-

ной (или даже неверной) математической модели изучаемого объекта;  
– недостаточной определенности самого объекта измерения.

Более глубокое теоретическое изучение искомой зависимости позволяет уменьшить методические погрешности, например, введением соответствующей поправки или уточнением методики.

*Инструментальные погрешности* вызываются конструктивными недостатками средств измерений, их неисправностью, неправильной градуировкой и другими причинами. Инструментальные погрешности определяются по метрологическим характеристикам средств измерений, которые фиксируются в их паспортах.

*Погрешности установки* определяются неправильным или небрежным расположением средств измерений или элементов экспериментальной установки относительно источников помех. Сюда включаются погрешности, вызванные несоблюдением требований эксплуатации, предусмотренных в инструкциях (установка не по уровню, несоблюдение расстояний до проводов с током). Погрешности установки могут переплетаться с личными погрешностями экспериментатора и учитываться в их составе при недостаточной квалификации последнего.

*Субъективные погрешности* вызываются индивидуальными особенностями экспериментатора. К часто встречающимся особенностям относятся: запаздывание (опережение) регистрации сигнала (например, при пуске или остановке секундомера); недостаточный глазомер (например, неправильное определение долей делений на шкалах приборов), неправильные манипуляции (например, нарушение последовательности операций при снятии кривой гистерезиса).

Оценить погрешности количественно достаточно трудно, особенно самому экспериментатору. Они зависят даже от его психического состояния. При планировании измерений обычно предполагают, что опыты будут проводиться «индивидуальным» оператором, имеющим достаточную

квалификацию, нормальное состояние здоровья и органов чувств, и что поэтому субъективными погрешностями в первом приближении можно пренебречь. Это допущение должно быть проверено и учтено в процессе измерений (например, можно привлечь другого оператора для проведения некоторой контрольной части опытов), а также при обработке экспериментальных данных.

Очень часто именно личные погрешности являются основной причиной невоспроизводимости измерений.

*Погрешности обработки данных* вносят свою долю в погрешность результата как при промежуточных вычислениях, так и особенно на последнем этапе экспериментирования и зависят от выбранного метода, алгоритма обработки результатов наблюдений и правильности всех вычислений. При проведении расчетов необходимо пользоваться освещенными в литературе методиками, а не использовать свои.

***Выбор вида измерений.*** Как было сказано выше, различают четыре вида измерений: **прямые, косвенные, совокупные и совместные.** Экспериментатор имеет возможность выбрать любой из четырех видов измерений. Точно очерченных областей их применения нет.

Наибольшую простоту, удобство и быстроту измерений (не автоматизированных) обычно обеспечивают прямые измерения. Точность результатов прямых измерений зависит как от точности применяемых средств измерений, так и от квалификации экспериментатора.

Однако в ряде случаев искомую величину просто невозможно или слишком сложно измерить прямым путем. Особенно часто такие случаи встречаются при недоступности объекта измерения, а также при измерениях очень больших или очень малых величин. Тогда приходится использовать косвенные измерения. Наметив вид измерений, можно выбрать метод измерения.

***Выбор метода измерений.*** По способу сравнения с мерой (с единицей измерения) методы измерений делятся на две группы: **метод непосредственной оценки** и **методы сравнения**.

Первый метод отличается тем, что значение измеряемой величины определяется непосредственно по шкале прибора прямого действия, заранее градуированного в единицах измеряемой величины. Для метода непосредственной оценки характерно, что мера, воспроизводящая определенный размер величины, с помощью которой производится градуировка отсчетного устройства, непосредственно в процессе измерения не участвует.

В любых видах *методов сравнения* измеряемую величину сравнивают с самой мерой или с величиной, воспроизводимой мерой. Сравнение производят путем полного или неполного уравнивания измерительной схемы прибора сравнения.

Выбирая метод измерения, надо помнить, что обеспечение малой методической погрешности – это далеко не единственный критерий для выбора метода. Надо учитывать всю совокупность эксплуатационных и метрологических требований, от которых зависит достижение цели измерений и особенно эксплуатационные и метрологические характеристики намечаемых к использованию средств измерений.

***Выбор средств измерений*** [8–10]. Для правильного выбора средств измерений необходимо предварительное знакомство с принципами их действий, основными характеристиками, областями применения, достоинствами и недостатками. Остановимся, главным образом, на вопросах, связанных с выбором измерительных приборов. При выборе прибора необходимо знать род, закон изменения во времени и пределы изменения измеряемой величины, а также условия его эксплуатации (области значений влияющих величин и функции влияния, режим работы, условия отсчета и пр.). Без этого нельзя правильно определить требуемый комплекс мет-

рологических характеристик приборов.

Надо подчеркнуть, что широко распространенное среди начинающих экспериментаторов стремление к использованию наиболее точных и чувствительных приборов далеко не всегда может быть обосновано и оправдано. Выбирать приборы надо в соответствии с заданной точностью только при уверенности, что погрешности метода, установки и субъективные влияют на результат меньше, чем инструментальные.

Нужно также помнить, что работать с более точными и высокочувствительными приборами во всех отношениях сложнее.

**Выбор порядка проведения измерений и метода обработки их результатов.** Определив функциональную зависимость в уравнении  $y = f(x_1, \dots, x_n)$ , вид и метод измерений, а также средства измерений, пригодные для измерений всех величин  $x_1, \dots, x_n$ , необходимо наметить порядок их измерений, если их раздельное измерение допускается условиями эксперимента (измерение независимых или слабо коррелированных величин). Часто бывает, что необходимо производить измерения двух и более величин одновременно. Это возможно при совместной работе нескольких операторов или при использовании многоканальных регистрирующих приборов.

Обычно некоторые величины в искомой зависимости сравнительно легко измеряются с высокой точностью, а допустимая точность измерения двух величин достигается с большим трудом. Выбор варианта очередности измерений в таких ситуациях зависит от конкретных условий эксперимента. Но если этому ничто не мешает, то эксперимент следует начинать с измерения «трудных» величин.

Далее следует выбрать шаги квантования измеряемых величин по уровню и времени, а также предусмотреть другие мероприятия, связанные с проблемой дискретизации получаемой информации; установить порядок операций (манипуляций) при измерении каждой величины (подразумева-

ются операции настройки, регулировки, коммутации схем и т. п.) и наметить способы фиксации этих операций (при необходимости) в протоколе наблюдений, в таблицах и др.

Заключительным этапом планирования измерений является выбор метода обработки опытных данных или составление программы обработки на одном из языков программирования с помощью компьютера.

При выборе метода обработки данных надо принимать решения по следующим (как минимум) вопросам: как будут вычисляться средние значения и их оценки? как будут рассчитываться погрешности? каким способом будет воспроизводиться искомая функция по показаниям приборов (воспроизведение с экстраполяцией или интерполяцией)? в какой форме будет представляться информация? как будет производиться подбор эмпирической формулы?

Ответы на эти вопросы не требуют определенных знаний. К выбору соответствующего метода обработки результатов измерений исследователь должен подходить очень ответственно и руководствоваться советами научного руководителя.

Выбором порядка проведения измерений и метода обработки результатов наблюдений заканчивается планирование измерительного эксперимента, но не исключено, что обсуждая порядок измерений, появится необходимость внести коррективы в ранее принятые решения.

### **Вопросы к собеседованию:**

1. Дайте определение терминам «естественный эксперимент», «искусственный эксперимент», «лабораторный эксперимент».
2. Что разрабатывают при планировании и определяют при проведении эксперимента?
3. Какие критерии качества необходимо знать для успешного выполнения измерений?

4. Перечислите показатели качества измерений.
5. Основные принципы и методы устранения систематических и случайных погрешностей.

## **Практическое занятие № 9 Подготовка и планирование эксперимента по снятию переходных функций.**

Отличительной чертой человека является творческая (интеллектуальная) деятельность. Творчество – это создание чего-то нового. Результат творческой деятельности (идеи, образы) является нематериальным объектом и носит название интеллектуальной собственности.

Понятие интеллектуальной собственности включает в себя продукты творческой деятельности в производственной, научной (изобретения, открытия), литературной, художественной областях деятельности и т. д. Интеллектуальная собственность может воплощаться в конкретные материальные объекты и сама не только приобретает свойства товара (качество, цена), но и становится товаром (лицензии, товарные знаки (торговые марки), патенты).

Следовательно, интеллектуальная собственность при правильном использовании может приносить серьезную прибыль её собственникам. При этом встает вопрос обеспечения правовой защиты со стороны государства.

В соответствии с действующим законодательством России к объектам интеллектуальной собственности (рис. 4) относятся: патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, знаки обслуживания, фирменные наименования, программы для ЭВМ, ноу-хау, торговые секреты, авторские и смежные права и др. [13].

Интеллектуальная собственность подлежит защите государством в связи с деятельностью по борьбе с недобросовестной конкуренцией. Под недобросовестной конкуренцией понимают: распространение искаженных сведений о товаре, способе или месте его изготовления, потребительских свойствах и других качествах товара; незаконное использование товарного знака, фирменного наименования, маркировки товара; копирование

внешнего оформления товара и даже маскировка под конкретный товарный знак и т. д.



Рис. 4. Классификация объектов интеллектуальной собственности

Вопросы защиты интеллектуальной собственности решаются большинством экономически развитых стран на разных уровнях власти: законодательном, судебном, исполнительном. На международном уровне эти вопросы регулируются начиная с конца XIX века такими соглашениями, как Парижская конвенция по охране промышленной собственности 1883 года, Бернская конвенция об охране литературных и художественных произведений 1886 года, Всемирная конвенция об авторском праве 1952 года, Мадридская конвенция о международной регистрации фабричных и товарных знаков 1891 года, Венский договор о регистрации товарных знаков 1973 года, Вашингтонский договор о патентной кооперации 1970 года, Римская конвенция о международной защите артистов-исполнителей, изготовителей

звукозаписи и предприятий радиовещания 1961 года, Договор об интеллектуальной собственности в отношении интегральных микросхем 1989 года, Евразийская патентная конвенция 1994 года и многими другими, а также их последующими редакциями. В частности, в России 4 часть Гражданского кодекса была принята только в 2006 году.

В 1967 г. была создана Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС), которая должна содействовать защите интеллектуальной собственности в мире. Участниками ВОИС являются более 130 государств.

В рамках Всемирной Торговой Организации (ВТО) принято Соглашение о торговых аспектах прав на интеллектуальную собственность (ТРИП). В частности, Россия присоединилась к ВТО только 22.08.2012 года. И до сих пор существует проблема применения инструментов ВТО для защиты российских интеллектуальных прав.

## **АВТОРСКОЕ ПРАВО. СМЕЖНЫЕ ПРАВА.**

### **ПРОМЫШЛЕННАЯ СОБСТВЕННОСТЬ**

Авторскими правами называются интеллектуальные права на произведения науки, литературы и искусства, а также программы для ЭВМ и базы данных, приравненные к литературным произведениям [13].

Для защиты авторского права произведение должно быть представлено в той или иной объективной форме: рукопись, нотная запись, звуко- и видеозапись, изображение (рисунок, фотография, чертеж). Для предупреждения третьих лиц о том, что они используют охраняемое произведение, на всех печатных изданиях проставляется знак охраны авторского права. Он состоит из трех элементов: латинской буквы «С» в окружности ©, имени обладателя исключительных авторских прав и года первого опубликования произведения (ст. 1271 ГК РФ) [13].

Английский термин **копирайт** (англ. *copyright*, от «копировать» и «право») не идентичен по смыслу выражению «авторское право», которое часто означает только права авторов, но не смежные права.

«Интеллектуальные права на результаты исполнительской деятельности (исполнения), на фонограммы, на сообщение в эфир или по кабелю радио- и телепередач (вещание организаций эфирного и кабельного вещания), на содержание баз данных, а также на произведения науки, литературы и искусства, впервые обнародованные после их перехода в общественное достояние, являются смежными с авторскими правами (смежными правами). Для возникновения, осуществления и защиты смежных прав не требуется регистрация их объекта или соблюдение каких-либо иных формальностей» [13].

**Понятие «промышленная собственность»** входит в понятие «интеллектуальная собственность». К промышленной собственности принято относить *исключительные права* на изобретения, полезные модели («малые изобретения»), промышленные образцы (дизайн или внешний вид промышленных изделий), товарные знаки, знаки обслуживания, наименования мест происхождения товаров и фирменные наименования.

Заимствование интеллектуальной собственности без указания ее автора (создателя) нарушает неимущественные авторские права и называется плагиатом.

#### **ЗАКУПКА ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ПРАВ ИЛИ НЕИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ПРАВ**

#### **(ЛИЦЕНЗИЙ) НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ НУЖД**

Обеспечение государственных, региональных и муниципальных органов власти (далее – заказчики) товарами, работами и услугами осуществляется в соответствии действующим законодательством РФ. Самым

важным законом для осуществления закупок в РФ является принятый 05 апреля 2013 года Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» № 44-ФЗ (далее – Закон № 44-ФЗ) [14].

В соответствии с Законом № 44-ФЗ заказчики проводят конкурентные способы определения поставщиков или осуществляют закупки у единственного поставщика.

К конкурентным способам относятся различные конкурсы (открытые, с ограниченным участием, двухэтапные, закрытые и другие), аукционы, запросы котировок и запросы предложений [14].

Конкурс – это способ определения поставщика (исполнителя), в котором победителем признается участник, предложивший лучшие условия исполнения контракта.

Аукцион – это способ определения поставщика (исполнителя), в котором победителем признается участник, предложивший наименьшую цену контракта.

Рассмотрим пример, в рамках которого в соответствии с Законом № 44-ФЗ заказчики приобретают права на использование программного обеспечения для государственных и муниципальных нужд. Такое приобретение может осуществляться несколькими способами.

### **1. Приобретение заказчиком исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности.**

При этом такое приобретение исключительных прав может осуществляться как конкурентными способами определения поставщиков, так и у единственного поставщика, непосредственного правообладателя, если покупается конкретный товарный знак или конкретное исключительное право.

Если заказчики приобретают исключительные права у единственного поставщика, они обосновывают свой выбор положениями Закона № 44-ФЗ.

Например, можно приобрести право печатать конкретное литературное произведение непосредственно у автора произведения.

Также заказчик может заказать подрядчику/исполнителю выполнение работ/оказание услуг на разработку программ для ЭВМ для нужд заказчика и, например, организовать процедуру открытого конкурса. Заказчик в соответствии с Законом № 44-ФЗ готовит конкурсную документацию. Конкурсная документация должна содержать критерии оценки заявок участников конкурса.

Для оценки заявок и предложений участников закупки заказчик конкурсной документации устанавливает следующие критерии:

- 1) цена контракта;
- 2) затраты на эксплуатацию, ремонт предмета контракта, использование результатов работ;
- 3) функциональные и экологические характеристики товара;
- 4) квалификация участников закупки: наличие у них финансовых ресурсов, оборудования и других материальных ресурсов, опыта работы, связанного с предметом контракта, деловой репутации, обслуживающих специалистов необходимого уровня квалификации.

При этом количество критериев, за исключением случаев проведения аукциона, должно быть не менее двух, одним из них является цена контракта.

Информация о проведении открытого конкурса публикуется на сайте Единой информационной системы в сфере закупок. На данном сайте размещены все закупки всех заказчиков Российской Федерации. Таким образом, любой правообладатель исключительных прав или лицо, наделенное полномочиями от правообладателя, может найти информацию о закупках в любом регионе России.

В этом случае для передачи исключительных прав на использование программ для ЭВМ или отдельные компоненты программ заказчику необ-

ходимо отдельно прописать в контракте о факте передачи таких результатов интеллектуальной деятельности.

После исполнения таких контрактов к заказчику осуществляется полный переход права на результаты интеллектуальной деятельности.

Таким образом, заказчик в случае возникновения разногласий с бывшим владельцем исключительного права на результаты интеллектуальной деятельности сможет законным способом отстоять свое приобретение в суде. В случае же, если контрактом не было предусмотрено такое право, доказать факт законного приобретения исключительного права на результаты интеллектуальной деятельности будет проблематично, если вообще возможно.

## **2. Приобретение заказчиком неисключительных прав (лицензий) на использование результатов интеллектуальной деятельности с указанием срока действия прав.**

При этом такое приобретение неисключительных прав может осуществляться как конкурентными способами определения поставщиков, если правообладатель доверил распространение своих прав на основании неисключительных лицензий широкому кругу лиц, так и у единственного поставщика, непосредственного правообладателя или издателя, если правообладатель, издатель занимается реализацией неисключительных прав самостоятельно.

Например, можно приобрести конкретные печатные издания непосредственно у издателя способом закупки у единственного поставщика и не запускать длительные конкурентные процедуры (открытый аукцион, конкурс и т. п.).

Также заказчик может приобрести неисключительные права (лицензии) на использование программного обеспечения путем проведения конкурентной процедуры, например электронного аукциона.

Информация о проведении электронного аукциона также публикуется на сайте Единой информационной системы в сфере закупок. Одно из отличий электронного аукциона от конкурса заключается в том, что главным критерием оценки является цена контракта при заданных характеристиках программ. Заказчик обосновывает начальную (максимальную) цену контракта (далее – НМЦК), а участники, желающие продать свои неисключительные права, торгуются друг с другом на понижение на электронных площадках.

В соответствии с действующим антимонопольным законодательством заказчик должен составлять требование к приобретаемым программам так, чтобы на закупку могли подавать заявки разные участники с одними теми же программами или разные участники с разными программами. Таким образом, должны обеспечиваться равные условия участников процедур, чтобы не было ситуаций, когда без производственной необходимости заказчик ограничивает количество участников, желающих предложить свои программные продукты.

Таким образом, в Российской Федерации обеспечивается защита результатов интеллектуальной деятельности.

### **ПАТЕНТНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Законодательство в сфере патентования на территории Российской Федерации основано на таких нормативных источниках, как Гражданский кодекс РФ, Налоговый кодекс РФ (информация о государственной пошлине), Патентный закон РФ, федеральные законы, постановления Правительства РФ, а также отдельные нормативные акты Роспатента – специального органа власти, осуществляющего патентование и регистрацию товарных знаков в России. Среди нормативных актов Роспатента (иначе Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам) существуют, например, правила составления заявки, правила подачи заявки, правила рассмотрения заявки на патент [13].

Патентный закон Российской Федерации был принят 23 февраля 1992 года, но теперь утратил свою силу, а определяемые им положения о патентовании теперь регулируются Гражданским кодексом РФ (Часть 4) [13].

Вся четвертая часть Гражданского кодекса РФ посвящена вопросам защиты интеллектуальной собственности. Статьи этой части Кодекса содержат информацию по вопросам авторского права, лицензирования, регистрации товарных знаков, но отдельная глава (Глава 72) отведена вопросам патентного права. К сожалению, конкретного определения понятия «патент» в Кодексе нет. В соответствии с Гражданским кодексом патентное право распространяется на изобретение, полезную модель или промышленный образец.

Если Гражданский кодекс вводит ключевые понятия, связанные с патентным правом, и основные положения его охраны, то некоторые процедурные этапы получения патента описаны в нормативных актах – приказах и методических рекомендациях Роспатента. Сюда относятся и рекомендации по экспертизе заявок на изобретение, полезную модель и промышленные образцы, рекомендации по определению однородности товаров и услуг в процесс экспертизы заявок, правила по подаче возражений и их рассмотрения и т. д.

### ***Общие положения о патентовании, регулируемые Гражданским кодексом Российской Федерации***

Гражданским кодексом РФ (Часть 4) [13] регулируются имущественные, а также связанные с ними личные неимущественные отношения, возникающие в связи с созданием, правовой охраной и использованием объектов промышленной собственности, к числу которых относятся **изобретения, полезные модели и промышленные образцы**.

Официальным государственным органом, отвечающим за выполнение патентного права, является Федеральная служба по интеллектуальной

собственности (Роспатент). Роспатент осуществляет государственный контроль, формирует единую политику в части охраны объектов интеллектуальной собственности в России, в соответствии со своими обязанностями принимает и рассматривает заявки на изобретения, полезные модели и промышленные образцы, проводит по ним экспертизу, государственную регистрацию, выдает патенты, публикует оригинальные сведения, издает патентные правила и разъяснения по применению патентного права.

В нашей стране на законодательном уровне введен ряд новых правовых норм еще при СССР, среди которых одной из наиболее значимых является выдача автору (авторам) изобретения патента, удостоверяющего приоритет, авторство изобретения, полезной модели или промышленного образца и исключительное право на их использование. Таким образом, Гражданский кодекс РФ охраняет права авторов изобретений и промышленных образцов, подтвержденные патентом на изобретение и полезную модель.

В Российской Федерации патент на изобретение действует в течение двадцати лет, начиная с момента поступления заявки в Роспатент, а патент на полезную модель и промышленный образец – десять лет.

Здесь следует обратить внимание на то, что **полезная модель** – новый объект промышленной собственности, введенный в патентное законодательство РФ.

Из определения понятия «полезная модель», данного Главой 4 ГК РФ, следует, что в качестве полезной модели может быть признано только устройство. В первую очередь это могут быть механические конструкции, а также электрические схемы. В самом общем случае «полезная модель» – это «малое изобретение», отвечающее критерию новизны, но имеющее невысокий изобретательский уровень.

Цель охраны полезных моделей – предоставление средним и мелким предпринимателям, а также отдельным (индивидуальным) изобретателям

механизма быстрой и дешевой по сравнению с изобретениями правовой защиты их конструктивных разработок.

Сокращенные сроки получения патента на полезную модель обусловлены тем, что заявки на полезную модель подвергаются только формальной экспертизе, т. е. устанавливается соответствие заявки на полезную модель критериям охраноспособности. Преимущество данной процедуры – простота (патент на полезную модель может быть выдан уже через полгода). Недостатком данной процедуры является меньшая надежность, увеличивающая число случаев оспаривания правомерности выдачи патента на полезную модель.

#### 4.2. ОБЪЕКТЫ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Гражданский кодекс РФ (Часть 4) [13] устанавливает, что объектами изобретений могут являться следующие объекты промышленной собственности: устройство, способ, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных, а также применение известных ранее объектов по новому назначению.

Указанные выше понятия объектов изобретения необходимо раскрыть более полно.

**Под устройством** понимается деталь, узел или совокупность взаимосвязанных деталей и узлов. К числу устройств, как объектов изобретения, относятся машины, приборы, элементы и узлы ЭВМ, средства вычислительной техники, сети ЭВМ, агрегаты, технические комплексы и системы и другие технические объекты.

**Под способом** понимается операция или совокупность взаимосвязанных операций (действий) над материальными объектами и с помощью материальных объектов. Способы как совокупность последовательности действий над материальными объектами, признаваемые изобретениями,

могут быть ориентированы на изготовление изделий, получение вещества и т. п.

**Вещество** – это искусственно созданная совокупность взаимосвязанных ингредиентов. К числу веществ как объектов изобретения относятся сплавы, смеси, растворы, полученные нехимическим путем материалы, химические соединения и др.

**Штамм** – это наследственно однородные культуры микроорганизмов, продуцирующие полезные вещества или используемые непосредственно.

**Применение** ранее известных устройств, способов, веществ, штаммов по новому назначению (с целью, для которой они ранее не использовались) без их изменения по существу как объектов изобретения предполагает обязательное наличие определенного положительного эффекта именно благодаря такому неизвестному ранее их применению.

Несмотря на достаточно широкий спектр объектов (решений), признаваемых изобретениями, существует не менее широкий класс решений, которые в соответствии с действующим Гражданским кодексом РФ не признаются патентоспособными. К их числу относятся:

- научные теории (например, теория чисел, теория поля, теория колебаний и др.) и математические методы;

- методы организации и управления хозяйством (планирование, финансирование, снабжение, учет, прогнозирование, нормирование, формы бланков, карточек и т. п.);

- условные обозначения, расписания, правила (например, дорожные знаки, обозначения на чертеже, схеме, коды, шифры, расписания полетов, правила игры, уличного движения);

- методы выполнения умственных операций;

- алгоритмы и программы для вычислительных машин (записанные в любом виде и на любых алгоритмических языках);

- проекты и схемы планировки сооружений, зданий, территорий (населенных пунктов, вычислительных центров, парков, площадей и т. п.);
- предложения, касающиеся внешнего вида изделий, призванные удовлетворять эстетические потребности;
- топология интегральных микросхем;
- решения, противоречащие интересам общества, принципам гуманности и морали.

### **ПОДАЧА ЗАЯВКИ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ, ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ, ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПАТЕНТА**

Важным элементом изобретательской деятельности является соблюдение норм и требований патентного законодательства при составлении заявки на выдачу патента на изобретение. Несоблюдение их может либо затянуть процесс патентования, либо привести к отказу в выдаче патента [13].

Заявка на выдачу патента на изобретение (далее – заявка на изобретение) подается в Роспатент. Фактическую подачу заявки в зависимости от того, кому будет выдаваться патент, осуществляет либо автор (соавторы) изобретения, либо работодатель при наличии соответствующего договора об уступке права на получение патента между ним и работником, создавшим изобретение, либо гражданин или юридическое лицо, которому автор (изобретатель) или работодатель передаст на некой основе свое право на подачу заявки, либо лицо, к которому в соответствии с законодательством РФ это право перешло по наследству.

Заявка на изобретение должна включать одно изобретение или группу изобретений, связанных между собой и образующих единый изобретательский замысел, т. е. должен быть соблюден *принцип единства изобретения*.

Изобретения образуют **единый изобретательский замысел**, если:

- они относятся к разным объектам, один из которых предназначен для получения, осуществления или использования другого объекта

(например, устройство и способ его изготовления; способ и устройство, предназначенное для осуществления этого способа);

- они являются разными вариантами решения одной и той же задачи, но не могут быть охвачены одним общим пунктом формулы изобретения;

- одно изобретение относится ко всему объекту (устройству, способу), а другое – к его части, которая может быть применена самостоятельно или в составе других объектов.

**Заявка на выдачу патента на изобретение** подается в соответствии с требованиями (методическими рекомендациями) Роспатента и должна содержать следующие основные документы (при этом перечень документов может меняться):

- заявление о выдаче патента;
- описание изобретения, позволяющее реализовать его на практике;
- формулу изобретения;
- реферативное описание.

**Заявка на выдачу патента на полезную модель** должна содержать:

- заявление о выдаче свидетельства;
- описание полезной модели, позволяющее реализовать её на практике;
- формулу полезной модели;
- чертежи;
- реферативное описание.

При этом должны быть приложены документы, касающиеся уплаты пошлины.

**Заявка на выдачу патента на промышленный образец** может включать варианты этого образца (в рамках требований единства образца) и должна содержать:

- заявление о выдаче патента;
- комплект фотографий;

- чертежи общего вида изделия, при необходимости эргономическую схему и конфекционную карту;
- описание промышленного образа, включающее перечень его существенных признаков.

При этом также должны быть приложены документы, касающиеся уплаты пошлины.

Требования к документам заявки на изобретение, полезную модель и промышленный образец устанавливаются Роспатентом.

Все формы документов должны иметься в патентных подразделениях предприятий и организаций и в местных отделениях Всероссийского общества изобретателей и рационализаторов.

Приоритет изобретения, полезной модели, промышленного образца устанавливается по дате поступления в Роспатент заявки с полным комплектом документации.

#### **4.3. ЭКСПЕРТИЗЫ ЗАЯВОК НА ИЗОБРЕТЕНИЕ, ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ, ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ**

В соответствии с Гражданским кодексом РФ (Часть 4) [13] проведение экспертизы заявки на изобретение, полезную модель и промышленный образец осуществляется в два уровня. Первый уровень – это формальная экспертиза заявки, второй уровень – это экспертиза заявки по существу, т. е. патентная экспертиза. В связи с тем, что в содержании каждой из этих экспертиз для изобретения, полезной модели и промышленного образца много взаимосвязанного, основное внимание будет уделено экспертизам заявки на изобретение.

Первый уровень: экспертиза проводится по истечении двух месяцев с даты поступления в Роспатент. В течение этих двух месяцев заявитель может внести в документы заявки исправления и уточнения (корректиров-

ки) без изменения сути изобретения. Такие изменения могут быть представлены в Роспатент и по истечении двух месяцев, но не позже вынесения решения по результатам экспертизы заявки по существу при условии уплаты пошлины. Также заявитель должен знать, что дополнительные материалы к заявке признаются изменяющими суть изобретения, если они содержат признаки, подлежащие включению в формулу изобретения и отсутствовавшие в первоначальных материалах заявки.

По действующим нормам такие дополнительные материалы экспертизой во внимание не принимаются, но их можно оформить в качестве самостоятельной заявки.

По письменному запросу заявителя формальная экспертиза заявки может быть проведена в более ранние сроки, чем через два месяца. Однако в этом случае с момента подачи запроса заявитель лишается прав на исправление и уточнение материалов заявки по своей инициативе на бесплатной основе. Для внесения исправлений и уточнений ему в этом случае необходимо уплатить пошлину.

В процессе формальной экспертизы проверяется наличие всех необходимых документов, соблюдение установленных к ним требований, а также рассматривается вопрос, относится ли заявленное предложение к объектам, которым законом предоставляется правовая защита.

Если все формальности соблюдены, то экспертиза устанавливает приоритет изобретения по дате поступления правильно оформленной заявки в Роспатент. Он также может быть установлен по дате поступления дополнительных материалов, особенно, если они оформлены заявителем в качестве самостоятельной заявки.

Если в Патентное ведомство от одного и того же автора поступили две заявки на изобретение в разные сроки, причем более ранняя заявка раскрывает более позднюю, то приоритет может быть установлен по дате

поступления более ранней заявки. Это возможно, если более поздняя заявка подана не позднее чем через двенадцать месяцев с даты поступления более ранней заявки. При этом первая заявка считается отозванной.

Возможны и другие условия установления приоритета изобретения. Заявитель обязательно уведомляется о положительном результате формальной экспертизы и об установлении приоритета изобретения.

Если установлено, что заявка оформлена с нарушением требований, то заявителю направляется запрос с предложением представить в Роспатент исправленные или отсутствующие документы. Если запрашиваемые материалы заявитель не может представить в отведенный срок, то он может подать ходатайство о продлении установленного срока. При этом заявка признается отозванной, если запрашиваемые материалы не поступили в Роспатент в установленный или продленный по ходатайству срок.

При установлении экспертизой нарушения единства изобретения заявителю предлагается сообщить в Роспатент, какое из предложений необходимо дальше рассматривать. При этом следует внести соответствующие изменения в документы заявки.

В подобной ситуации другие изобретения, вошедшие в материалы первоначально поданной заявки, могут быть оформлены отдельно выделенными заявками.

В том случае, если заявитель в течение двух месяцев после получения уведомления о нарушении требования единства не сообщит в Роспатент, какое из предложений следует рассматривать, и не представит откорректированных документов заявки, то первым рассматривается объект, указанный в формуле изобретения первым.

По выделенной заявке приоритет изобретения устанавливается по дате поступления в Роспатент первичной заявки, если в ней раскрывается существо изобретения. При этом должно выполняться условие поступле-

ния выделенной заявки в Роспатент до принятия по первичной заявке решения об отказе в выдаче патента, возможности обжалования которого исчерпаны, а в случае выдачи по указанной заявке патента – до даты регистрации в Государственном реестре изобретений.

Если заявка с положительным результатом прошла формальную экспертизу, то по истечении восемнадцати месяцев с даты поступления Роспатент публикует в открытой печати сведения по заявке, если она до этого времени не была отозвана. По заявлению заявителя материалы заявки могут быть опубликованы раньше указанного срока.

За автором изобретения остается право отказаться от упоминания его имени как автора при публикации сведений о заявке. Заявитель вправе отозвать заявку из Роспатента до публикации сведений о заявке на изобретение, но не позднее даты его регистрации либо до даты регистрации промышленного образца или полезной модели.

Гражданским кодексом РФ заявителю дано право преобразования заявок. Суть этого права состоит в том, что до публикации сведений о заявке на изобретение можно преобразовать её в заявку на полезную модель. Также возможно преобразование заявки на полезную модель в заявку на изобретение.

После того как заявка успешно прошла формальную экспертизу, заявитель и (или) третьи лица могут ходатайствовать о проведении информационного поиска, по результатам которого заявителю направляется отчет для ознакомления со всеми материалами, указанными в отчете. Копии этих материалов направляются заявителю в течение месяца с даты получения от него запроса. На основании изучения отчета об информационном поиске заявитель может сделать обоснованные выводы о новизне и изобретательском уровне изобретения и решить вопрос о целесообразности его патентования.

Патентная экспертиза или экспертиза заявки по существу проводится экспертами Научно-исследовательского института государственной патентной экспертизы (НИИГПЭ) в любое время в течение трех лет с даты поступления заявки в Роспатент по ходатайству заявителя или третьих лиц.

В процессе проведения патентной экспертизы профессиональными экспертами НИИГПЭ проверяется правильность установления приоритета заявки, устанавливается соответствие заявленного изобретения трем критериям патентоспособности (новизне, изобретательскому уровню и промышленной применимости), а также требованию единства изобретения. При этом уточняется рубрика Международной классификации изобретений (МКИ), к которой относится изобретение.

Роспатент в процессе проведения патентной экспертизы может запросить у заявителя дополнительные материалы по заявке, в том числе и измененную (уточненную) формулу изобретения. Запрошенные материалы заявитель должен представить в двухмесячный срок с даты получения запроса, при этом он вправе в месячный срок после получения запроса потребовать предоставления копии материалов, на которые эксперт ссылается в запросе. После получения копий ответ на запрос эксперта должен быть представлен в течение двух месяцев. Заявителю предоставляется право подачи просьбы о продлении срока ответа, если указанные выше сроки не могут быть соблюдены. В противном случае в соответствии с законодательством РФ заявка признается отозванной.

Если в процессе экспертизы будет признано, что представленные заявителем дополнительные материалы изменяют сущность изобретения, то ему будет предложено подать новую заявку, приоритет по которой может быть установлен по дате поступления этих дополнительных материалов.

В том случае, когда в результате патентной экспертизы будет установлено, что заявленное изобретение, выраженное формулой в описании

заявителя, соответствует условиям патентоспособности – выносится решение о выдаче патента с предложенной заявителем формулой. Если заявление, выраженное формулой в описании заявителя не соответствует патентоспособности, выносится решение об отказе в выдаче патента.

Следует иметь в виду, что если ходатайство о проведении патентной экспертизы не поступит в установленный законодательством срок, то заявка считается отозванной.

Роспатент уведомляет заявителя о поступивших от третьих лиц ходатайствах о проведении патентной экспертизы заявки. Заявитель имеет право обжаловать решение патентной экспертизы об отказе в выдаче патента через подачу возражения на это решение в Роспатент. Возражение подается в течение трех месяцев с даты получения решения экспертизы. Заявитель должен запросить такие материалы в течение двух месяцев с даты получения решения экспертизы. В соответствии с законодательством возражение рассматривается Роспатентом в течение четырех месяцев [13].

### **Вопросы к собеседованию:**

1. Дайте определение терминам «интеллектуальная собственность», «недобросовестная конкуренция».
2. Конкурентные способы определения поставщиков товаров государственным, региональным или муниципальным органам власти.
3. Что может являться объектами изобретений?
4. Как осуществляется приобретение заказчиком неисключительных прав на использование результатов интеллектуальной деятельности?

## **5. Способы защиты результатов интеллектуальной деятельности.**

### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **8.1.1. Перечень основной литературы:**

1. Баландина, Н. В. Основы экспериментальных исследований : учеб. пособие / Н.В. Баландина ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 113 с. - Библиогр.: с. 111

##### **8.1.2. Перечень дополнительной литературы:**

1. Трубицын, В.А. Основы научных исследований : учебное пособие / В.А. Трубицын, А.А. Порохня, В.В. Мелешин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2016. - 149 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459296>

#### **8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

#### **8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

## **Методические указания**

по организации и проведению самостоятельной работы обучающихся  
по дисциплине «ОСНОВЫ ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»  
для студентов направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

## Содержание

### Введение

- 1    Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Основы экспериментальных исследований»
- 2    План-график выполнения самостоятельной работы
- 3    Контрольные точки и виды отчетности по ним
- 4    Методические рекомендации по изучению теоретического материала
- 5    Список рекомендуемой литературы.

## **Введение**

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

## **Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Основы экспериментальных исследований»**

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач.

***Цель самостоятельного изучения литературы*** – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

**Задачами** самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

**Цель самостоятельного решения задач** - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

**Задачами** самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

**Целью самостоятельного выполнения контрольной работы** по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

**Задачами** данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовой работы.

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

| Код, формулировка компетенции                                        | Код, формулировка индикатора                                                                   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения (ПК-1) | ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения | <p>Знать: приёмы постановки целей и задач научных /проектных исследований,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методики проведения экспериментальных исследований,</li> <li>– методики обработки и анализа результатов.</li> </ul> <p>Уметь: ставить цели и определять задачи при организации научных и проектных исследований,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– планировать проведение научных/проектных исследований,</li> <li>– анализировать результаты исследований, включая построение математических моделей объекта исследований,</li> <li>– грамотно представлять результаты исследовательской деятельности.</li> </ul> <p>Владеть: методами поиска и анализа современной научно-технической информации,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами организации и проведения экспериментальных исследований в области электроэнергетики и электротехники, методами презентации результатов научного исследования и ведения научной дискуссии.</li> </ul> |

### План-график выполнения самостоятельной работы

| Код<br>реализуе<br>мой<br>компете<br>нции | Вид деятельности студентов             | Средства и<br>технологии<br>оценки* | Объем часов, в том числе |                                                  |       |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|-------|
|                                           |                                        |                                     | СРС                      | Контактн<br>ая<br>работа с<br>преподава<br>телем | Всего |
| 3 семестр                                 |                                        |                                     |                          |                                                  |       |
| ПК-1<br>ИД-1<br>ПК-1                      | Самостоятельное изучение<br>литературы | Собеседование                       | 10,38                    | 0,52                                             | 10,9  |
|                                           | Подготовка к практическим<br>занятиям  | Собеседование                       | 6,48                     | 0,72                                             | 7,2   |
|                                           | Контрольная работа                     | Собеседование                       | 12                       | 2                                                | 14    |
|                                           | Подготовка к лекциям                   | Собеседование                       | 3,24                     | 0,36                                             | 3,6   |
| Итого за 3 семестр                        |                                        |                                     | 32,4                     | 3,6                                              | 36    |
| 3 семестр заочно                          |                                        |                                     |                          |                                                  |       |
| ПК-1<br>ИД-1<br>ПК-1                      | Самостоятельное изучение<br>литературы | Собеседовани<br>е                   | 99,24                    | 10,36                                            | 109,6 |
|                                           | Подготовка к практическим<br>занятиям  | Собеседовани<br>е                   | 0,72                     | 0,08                                             | 0,8   |
|                                           | Контрольная работа                     | Собеседовани<br>е                   | 12                       | 2                                                | 14    |
|                                           | Подготовка к лекциям                   | Собеседовани<br>е                   | 0,54                     | 0,06                                             | 0,6   |
| Итого:                                    |                                        |                                     | 112,5                    | 12,5                                             | 125   |

### Контрольные точки и виды отчетности

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

| Уровень выполнения контрольного задания | Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание) |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Отличный                                | <b>100</b>                                                           |
| Хороший                                 | <b>80</b>                                                            |
| Удовлетворительный                      | <b>60</b>                                                            |
| Неудовлетворительный                    | <b>0</b>                                                             |

## Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

#### Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

## Список рекомендуемой литературы

### ***Перечень основной литературы:***

2. Баландина, Н. В. Основы экспериментальных исследований : учеб. пособие / Н.В. Баландина ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 113 с. - Библиогр.: с. 111

### **8.1.2. Перечень дополнительной литературы:**

2. Трубицын, В.А. Основы научных исследований : учебное пособие / В.А. Трубицын, А.А. Порохня, В.В. Мелешин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2016. - 149 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459296>

### **8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

### ***Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»***

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks
3. <http://elibrary.ru/> - eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

## **Методические указания**

по выполнению контрольной работы  
по дисциплине «ОСНОВЫ ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»  
для студентов направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания являются заданием к контрольной работе по дисциплине «Основы экспериментальных исследований» и предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника дневной и заочной форм обучения.

При подготовке к контрольной работе необходимо подготовить протокол, который будет соответствовать требованиям к содержанию работы с использованием рекомендуемой литературы и источников Internet.

Применение методических указаний позволяет интенсифицировать процесс изучения материала, помогает студентам приобретать навыки работы с оборудованием и технической литературой.

Цель изучения дисциплины – формирование системного методологического подхода к проектной деятельности и способности применять технологии планирования, реализации и анализа проектов профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины является:

Знать основные методы научных, электротехнических и общетехнических исследований; этапы планирования исследования; правила составления программы наблюдений и измерений; методику проведения исследования, порядок ведения документации и отчетности;

планирование объема выборки, эмпирические и теоретические распределения, статистические методы проверки гипотез, сущность и основы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов и их применение в научных исследованиях; применение ЭВМ в опытном деле.

Уметь систематизировать методологию научных исследований; ставить цели и задачи, а также правильно подбирать доказательную основу, подтверждающую достоверность выносимых теорий, выводов и рекомендаций; систематизировать основные методы сбора и обработки информации в системах; составлять план и порядок проведения научных исследований и экспериментов; подбирать методики обработки экспериментальных данных; создавать математические и физические модели объектов профессиональной деятельности. Владеть навыками обобщения полученных знаний, конкретного и объективного изложения своих знаний в письменной и устной форме, работы с, оформления результатов работы, построения характеристик и произведения необходимых расчётов.

### **Формируемые компетенции:**

| Код, формулировка компетенции                                        | Код, формулировка индикатора                                                                   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения (ПК-1) | ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения | Знать: приёмы постановки целей и задач научных /проектных исследований,<br>– методики проведения экспериментальных исследований,<br>– методики обработки и анализа результатов.<br>Уметь: ставить цели и определять задачи при организации научных и проектных исследований,<br>– планировать проведение научных/проектных исследований,<br>– анализировать результаты исследований, включая построение математических моделей объекта исследований, |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>– грамотно представлять результаты исследовательской деятельности.</p> <p>Владеть: методами поиска и анализа современной научно-технической информации,</p> <p>– методами организации и проведения экспериментальных исследований в области электроэнергетики и электротехники, методами презентации результатов научного исследования и ведения научной дискуссии.</p> |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Методические указания по выполнению работы

**1.1.** Построить интервальный вариационный ряд. Для этого найти:

а) размах варьирования признака по формуле

$$R = x_{\max} - x_{\min},$$

где  $x_{\min}$  — наименьшая,

$x_{\max}$  — наибольшая варианты в данной выборочной совокупности;

б) число интервалов вариационного ряда, пользуясь одним из приведенных ниже соотношений:

$$k \approx n,$$

$$6 < k < 12,$$

$$k \approx 1 + \log_2 n \approx 1 + 3,2 \lg n,$$

где  $n$  — объем выборки;

в) длину  $h$  частичных интервалов по формуле и, если необходимо, округлить это значение до некоторого числа;

$$h = \frac{R}{k}$$

г) записать полученный интервальный вариационный ряд, заполнив

Сделать контроль, убедившись, что

$$\sum n_i = n.$$

**1.2.** Построить дискретный вариационный ряд, взяв в качестве вариантов середины вариант-интервалов непрерывного вариационного ряда, а в качестве частот — частоты непрерывного вариационного ряда (табл. 3).

**1.3.** Изобразить графически интервальный и дискретный вариационные ряды (построить гистограмму и полигон частот).

**2.** Построить график накопленных частот — кумуляту, т.е. ломаную, проходящую через точки с координатами  $x_i$  и соответствующими накопленными частотами. Предварительно составить.

**3.** Найти эмпирическую функцию распределения и изобразить ее графически.

**4.1.** Найти моду

$$M_o X$$

и медиану

$$M_e X.$$

**4.2.** Для вычисления остальных статистик воспользоваться методом произведений. Ввести условные варианты

$$u = \frac{x_i - C}{h},$$

где  $C = M_o X$ ,  $h$  — шаг (длина интервала).

Составить расчетную табл. 6, § 2.

Контроль вычислений произвести по формуле:

$$\sum n_i + 2 \sum n_i u_i + \sum n u^2 = \sum n_i (u_i + 1)^2.$$

**4.3.** Пользуясь табл. 6, вычислить начальные моменты

$$M^* = \frac{1}{n} \sum n_i u_i, M^{*2} = \frac{1}{n} \sum n u^2,$$

$$M^{*3} = \frac{1}{n} \sum n u^3,$$

$$M^{*4} = \frac{1}{n} \sum n u^4.$$

$$\frac{1}{n} \sum n_i u_i^2$$

$$\frac{3}{n} \sum n_i u_i^3$$

$$\frac{4}{n} \sum n_i u_i^4$$

**4.4.** Найти выборочную среднюю

$$\bar{x} = M^* h + C.$$

**4.5.** Найти выборочную дисперсию

$$D(\bar{X}) = (M^{*2} - M^{*2}) h^2.$$

**4.6.** Найти выборочное среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma_B = S =$$

$$D(\bar{X}).$$

Найти коэффициент вариации (22):

$$V = S / \bar{x}.$$

Найти центральные моменты (20), (21):

$$m_3 = (M^* - 3M^*M^* + 2M^{*3})h^3,$$

$$m_4 = (M^* - 4M^*M^* + 6M^*M^{*2} - 3M^{*4})h^4.$$

Вычислить асимметрию:

$$A = \frac{m_3}{S^3}$$

и эксцесс (19):

$$E = \frac{m_4}{S^4} - 3.$$

5. Доверительные интервалы для  $\mu$  и  $\sigma$  найти, согласно (23), (24):

$$\bar{x} - t_{\gamma} \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\gamma} \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

при  $\gamma = 0,95$

Величину  $t_{\gamma}$

найти по приложению 3, а по приложению 4 найти величину

$q$ , удовлетворяющую одному из условий:

$$S(1 - q) < \sigma < S(1 + q)$$

при  $q < 1$ ,

$$0 < \sigma < S(1 + q)$$

при

$$q > 1.$$

6. Раскрыть смысловую сторону каждой характеристики.

Вариант заданий определяется по сумме двух последних цифр номера зачетки.

Вариант № 1. Имеются данные о производительности труда (количество деталей в смену):

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 71 | 76 | 79 | 86 | 78 | 76 | 84 | 78 | 74 | 76 | 99 | 87 | 82 |
| 78 | 84 | 81 | 76 | 75 | 82 | 85 | 80 | 76 | 79 | 76 | 86 | 86 |
| 86 | 89 | 77 | 80 | 74 | 86 | 87 | 74 | 79 | 84 | 75 | 85 | 81 |
| 88 | 77 | 74 | 93 | 85 | 83 | 80 | 75 | 93 | 95 | 91 | 88 | 85 |
| 85 | 83 | 85 | 82 | 86 | 79 | 84 | 88 | 74 | 92 | 95 | 76 |    |

Вариант № 2. Имеются данные о пропускной способности 50 участков нефтепровода (м<sup>3</sup>/сут.):

19,8 19,1 19,3 18,8 20,2 20,8 20,7 19,7 19,6 19,2 20,9 20,9 20,2  
 19,6 20,4 20,4 20,2 20,4 18,9 19,7 19,8 20,6 20,7 19,7 20,3 19,8  
 20,4 20,3 20,6 20,5 20,4 20,5 20,3 20,5 20,2 20,5 20,7 21,0 20,4  
 20,8 20,5 20,4 20,6 21,0 20,4 20,4 20,3 19,7 19,9 20,1

## ГЛАВА 1. ВАРИАЦИОННЫЕ РЯДЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ Вариант №

3. Имеются данные о суточной добыче нефти в одном из

районов страны (в тоннах):

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 85 | 76 | 80 | 84 | 88 | 89 | 91 | 88 | 84 | 85 | 75 | 82 | 86 |
| 89 | 88 | 84 | 90 | 89 | 85 | 91 | 87 | 81 | 78 | 85 | 91 | 89 |
| 87 | 74 | 81 | 87 | 90 | 88 | 86 | 76 | 84 | 88 | 77 | 82 | 83 |
| 84 | 74 | 80 | 84 | 91 | 93 | 90 | 88 | 87 | 77 | 83 | 89 | 89 |
| 91 | 92 | 88 | 94 | 90 | 88 | 81 | 83 | 89 | 94 | 96 | 88 | 95 |
| 99 | 86 | 78 | 81 | 86 | 90 | 92 | 93 | 90 | 83 | 79 | 86 | 90 |
| 79 | 82 | 87 | 85 | 91 | 97 | 88 | 85 | 87 | 90 | 89 | 95 | 89 |
| 90 | 98 | 93 | 84 | 88 | 96 | 92 | 88 | 95 |    |    |    |    |

Вариант № 4. Имеются данные о вводе в эксплуатацию новых газо-вых скважин за год по различным газодобывающим районам страны:

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 52 | 33 | 10 | 22 | 28 | 34 | 39 | 29 | 21 | 27 | 31 | 12 | 28 |
| 40 | 46 | 51 | 44 | 32 | 16 | 11 | 29 | 31 | 38 | 44 | 31 | 24 |
| 9  | 17 | 32 | 41 | 47 | 31 | 42 | 15 | 21 | 29 | 50 | 55 | 37 |
| 19 | 57 | 32 | 7  | 28 | 23 | 20 | 45 | 18 | 29 | 25 |    |    |

Вариант № 5. Имеются энергетические затраты на 1 метр проходки при эксплуатационном бурении нефтяных скважин в различных нефтенос-ных районах страны (руб.):

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 14 | 13 | 18 | 15 | 12 | 13 | 14 | 12 | 13 | 16 | 16 | 15 | 12 |
| 13 | 13 | 14 | 16 | 18 | 13 | 15 | 14 | 15 | 14 | 13 | 15 | 12 |
| 13 | 12 | 14 | 16 | 12 | 13 | 15 | 15 | 15 | 13 | 14 | 15 | 18 |
| 15 | 12 | 15 | 13 | 13 | 15 | 15 | 15 | 17 | 17 |    |    |    |

Вариант № 6. Имеются данные о суточном дебите газа в наблюдае-мой скважине (м<sup>3</sup>/сут.):

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 30 | 19 | 21 | 28 | 27 | 29 | 31 | 24 | 25 | 28 | 28 | 32 | 34 |
| 26 | 24 | 19 | 23 | 27 | 30 | 29 | 25 | 18 | 18 | 24 | 28 | 31 |
| 33 | 18 | 21 | 26 | 30 | 32 | 34 | 29 | 26 | 23 | 25 | 27 | 32 |
| 23 | 20 | 21 | 26 | 22 | 20 | 27 |    |    |    |    |    |    |

Вариант № 7. Имеются данные о себестоимости 1 тонны нефти и нефтяного попутного газа (тыс. руб.):

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,3 | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | 1,9 | 0,7 | 1,3 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 1,2 | 1,0 |
| 1,3 | 0,6 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | 1,2 | 1,0 | 1,4 | 1,6 | 0,5 | 1,1 | 1,1 |
| 1,8 | 0,3 | 0,6 | 1,1 | 0,8 | 1,2 | 0,9 | 1,4 | 1,3 | 1,6 | 2,7 | 1,5 | 0,8 |
| 0,7 | 0,9 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 1,8 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 1,3 |
| 1,1 | 1,2 | 1,3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

#### § 4. Лабораторная работа № 1 29

Вариант № 8. Имеются данные о числе рабочих дней без простоя для пятидесяти буровых бригад одного из районов страны:

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 261 | 260 | 258 | 263 | 257 | 260 | 259 | 264 | 261 | 260 | 264 | 261 | 265 |
| 261 | 260 | 263 | 260 | 260 | 259 | 260 | 258 | 265 | 259 | 265 | 261 | 258 |
| 259 | 259 | 258 | 262 | 264 | 258 | 259 | 263 | 266 | 259 | 261 | 266 | 262 |
| 259 | 262 | 261 | 266 | 262 | 259 | 262 | 261 | 259 | 262 | 262 | 261 | 266 |
| 259 | 262 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 75  | 88  | 74  | 80  | 76  | 82  | 86  | 76  | 93  | 74  | 72  | 82  | 71  |
| 82  | 87  | 81  | 87  | 79  | 78  | 87  | 82  | 87  | 82  | 74  | 77  | 83  |
| 86  | 85  | 86  | 76  | 81  | 86  | 76  | 71  | 80  | 85  | 73  | 75  | 88  |
| 89  | 84  | 85  | 85  | 81  | 82  | 85  | 83  | 76  | 87  | 87  | 76  | 76  |
| 73  | 78  | 87  | 80  | 78  | 72  | 83  | 91  | 82  | 93  | 76  | 83  | 80  |

Вариант № 9. Приведено количество деталей, выработанных за смену различными рабочими:

Вариант № 10. Имеются данные о рабочих дебитах газовой скважины (тыс. м<sup>3</sup>/сут.):

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 550 | 550 | 551 | 550 | 551 | 562 | 550 | 562 | 561 | 530 | 542 | 535 | 542 |
| 539 | 537 | 543 | 540 | 556 | 546 | 556 | 556 | 534 | 548 | 533 | 558 | 560 |
| 558 | 548 | 540 | 541 | 551 | 549 | 551 | 550 | 552 | 568 | 538 | 551 | 547 |
| 552 | 559 | 557 | 546 | 552 | 550 | 557 | 547 | 552 | 554 | 547 | 554 | 567 |
| 558 | 563 | 562 | 569 | 552 | 554 | 549 | 545 | 560 | 539 | 549 | 539 |     |

Номер варианта определяется по последней цифре зачетки и выполняется на листах А4 с титульным листом.

#### Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

##### Перечень основной литературы:

1. Баландина, Н. В. Основы экспериментальных исследований : учеб. пособие / Н.В. Баландина ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 113 с. - Библиогр.: с. 111

##### Перечень дополнительной литературы:

1. Трубицын, В.А. Основы научных исследований : учебное пособие / В.А. Трубицын, А.А. Порохня, В.В. Мелешин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2016. - 149 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459296>

**Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks