

Министерство сельского хозяйства Российской
Федерации ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ

Институт механики и энергетики
Базовая кафедра машины и технологии АПК

Л.И. Высочкина

Методические указания
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА»
для студентов по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия
профиль Эксплуатация гидромелиоративных систем
очной формы обучения

*Рассмотрены и одобрены методической комиссией
института механики и энергетики
протокол № 8 от 05.05.2025 г.*

Ставрополь, 2025

Составитель: Высочкина Л.И.

Рецензенты:

Капов С.Н. д.т.н., профессор кафедры Механики и технического сервиса,

Петенев А.Н.. к.т.н., доцент кафедры Механики и технического сервиса

Методические указания по организации научно-исследовательской работы по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль Эксплуатация гидромелиоративных систем.

Представлены общие требования к организации научно-исследовательской работы, её структура и содержание, процесс подготовки. Изложены общие требования к оформлению.

Рассмотрены и одобрены методической комиссией института механики и энергетики протокол № 8 от 05.05.2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Цели и задачи практики	6
1.1 Цель научно-исследовательской работы	6
1.2 Задачи научно-исследовательской работы	6
2. Методики проведения исследования	6
2.1. Основы научно-технической информации. Роль научно-технической информации в ускорении научно-технического процесса. Библиографическое описание документов, составление реферата.	6
2.2 Основы метрологии. Точность измерения величин. Систематические, случайные и грубые ошибки. Расчет абсолютной и относительной ошибки измерений.	11
2.3 Анализ экспериментальных исследований. Расчет ошибки косвенных измерений.	13
2.4 Обработка опытных данных. Расчет дисперсии и среднего квадратичного отклонения.	13
2.5 Планирование эксперимента.	15
2.6 Однофакторные эксперименты.	15
2.7 Многофакторные эксперименты.	16
3. Задачи для проверки знаний студентов	18
3.1 Метод избранных точек	18
3.2 Ошибка косвенных измерений	18
3.3 Погрешность измерений, опыта	19
4. Вопросы для зачета по производственной практике «Научно-исследовательская работа»	20
5. Литература	21

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в профессиональном образовании значительно актуализировался исследовательский подход, который обеспечивает подготовку компетентного творческого специалиста, умеющего адаптировать полученные знания к практической деятельности, обладающего фундаментальной теоретической базой и широким спектром компетенций, инициативного, самостоятельного, способного постоянно совершенствовать профессиональную деятельность. Именно такая личность может адекватно выполнять свои функции, отличаясь высокой восприимчивостью к инновациям, социально профессиональной мобильностью, готовностью к быстрому обновлению знаний, расширению арсенала навыков и умений, освоению новых сфер деятельности.

В связи с этим необходимо, чтобы обучающиеся получали сведения не в готовом виде, а могли прийти к нужным выводам сами в процессе творческих поисков. Таким образом, научно-исследовательская работа позволяет обучающимся систематизировать и углубить полученные теоретические знания, дает возможность улучшить навыки в сборе, обобщении и анализе материала, овладеть методикой исследования при решении конкретных проблем.

Производственная практика: научно-исследовательская работа является неотъемлемой составной частью учебного процесса подготовки студентов к самостоятельной практической работе.

Целью проведения научно-исследовательской работы является формирование необходимых общепрофессиональных и профессиональных компетенций, обучение основам профессиональной деятельности, приобретение новых и закрепление уже полученных знаний, приобретение практических навыков и развитие профессиональных качеств будущего бакалавра в соответствии с выбранным направлением обучения.

Задачами являются:

- приобретение умений и навыков научно – исследовательской деятельности на основе знаний, полученных в процессе теоретического обучения;
- выработка творческого подхода к решению инженерно-технологических задач в области эксплуатации и ремонта агротехнических систем;
- разработка новых методик проектирования, применение инновационных технологий эксплуатации и ремонта сельскохозяйственных машин, конструктивная разработка отдельных узлов и механизмов сельскохозяйственных машин;
- проведение экспериментальных исследований и внедрение их результатов в производство;
- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области агроинженерии;

- приобретение навыков поиска и анализа новых инженерно-технических решений совершенствования агротехнических систем;
- овладение методами математического моделирования процессов в агротехнических системах для постановки вычислительного эксперимента и алгоритмизации вычислительного эксперимента;
- приобретение навыков постановки и проведения экспериментальных исследований на испытательных стендах агротехнических систем;
- овладение навыками проведения стандартных испытаний агротехнических систем;
- изучение организации изобретательской деятельности и защиты объектов интеллектуальной собственности;
- привитие интереса к научно - исследовательской деятельности.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

1.1. Цель научно-исследовательской работы

Целью научно-исследовательской работы является формирование у студентов практических навыков проведения научно-исследовательских работ, умение владеть методами обработки теоретико-экспериментальных данных путем непосредственного участия в научно-исследовательской деятельности структур университета, и собрать научно-аналитический материал для написания выпускной квалификационной работы бакалавра.

1.2. Задачи научно-исследовательской работы

Задачами научно-исследовательской работы является приобретение опыта в исследовании актуальной научной проблемы, а также подбор необходимых материалов для выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

В эту задачу входят: -приобретение навыков поиска инновационных решений в инженерно- технической сфере АПК;

-приобретение практических навыков подготовки и проведения экспериментальных исследований;

- приобретение практических навыков оценки результатов научных исследований, внедрения их в производство, подготовки и публикации научных статей.

Кроме того, во время практики обучающийся должен получить навыки разработки программы исследований, разработки методики исследований, освоить основы планирования экспериментов сделать анализ, систематизацию и обобщение научно-технической информации по теме исследований, теоретическое или экспериментальное исследование в рамках поставленных задач; сравнить результаты исследования предлагаемой им разработки с отечественными и зарубежными аналогами, а также технико-экономическую эффективность разработки.

2. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Основы научно-технической информации. Роль научно-технической информации в ускорении научно-технического процесса.

Библиографическое описание документов, составление реферата

Основные понятия, определяющие содержание научных исследований
Наука - сфера человеческой деятельности, функция которой – выработка объективных знаний о действительности.

Цель науки - практическое применение знаний о мире и его законах в человеческой деятельности.

Задачи науки - познание закономерностей объективного мира и раскрытие путей использования новых знаний на практике.

Научные знания - знания, полученные в результате целенаправленного применения со стороны человека определенного комплекса физических операций (логического мышления, теоретических и экспериментальных исследований).

Научное исследование - это процесс установления (выработки) новых научных знаний. По отношению к практике исследования разделяют на фундаментальные и прикладные.

Задачи фундаментальных исследований - познание законов, управляющих поведением базисных структур (атом, клетка, галактика и др.).

Задачи прикладных исследований - раскрытие путей применения результатов фундаментальных исследований. Все технические науки прикладные. На долю всех прикладных наук приходится 80...90% объема исследований и ассигнований.

Проблема (от греческого - задача).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПОНЯТИЕ О ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ НАУЧНЫХ ДОКУМЕНТАХ

1. Библиографическое описание научной литературы (документов).

2. Первичные и вторичные научные документы. Методика написания вторичных научных документов.

1. Библиография - это научно-практическая деятельность по подготовке и передаче информации о произведениях печати и письменности.

Она включает в себя выявление произведений, их отбор по определенным признакам: описание, систематизацию, составление указателей, списков, обзоров литературы и др.

Научные произведения в библиографических ссылках описываются в соответствии с правилами, устанавливаемыми ГОСТом 7.1-84 "Библиографическое описание документов. Общие требования и правила составления". ГОСТ 7.1-84 определяет понятие "Библиографическое описание" - совокупность библиографических сведений о документе, его составной части или группе документов, приведенных по определенным правилам, необходимых и достаточных общих характеристик.

Библиографические сведения в описании указываются в том виде, в каком они даны в документе или формируют их на основе анализа документа (в последнем случае в затруднительных ситуациях следует воспользоваться помощью специалиста-библиографа).

Каждое библиографическое описание состоит из нескольких элементов, которые располагаются в определенной последовательности:

1. ЗАГОЛОВОК ОПИСАНИЯ - фамилия и инициалы автора (авторов или составителей, если их не более трёх) или наименование организации (учреждения), принятой в качестве коллективного автора;

2. ЗАГЛАВИЕ (НАЗВАНИЕ) РАБОТЫ - приводится в описании без искажения, то есть, как оно дано в первоисточнике;

3. ПОДЗАГОЛОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ - записываются непосредственно - после заглавия в той формулировке и последовательности, в какой они приведены на титульном листе издания.

Обязательным следует считать подзаголовок, раскрывающий и уточняющий содержание произведения, а также дающий сведения о языке оригинала, повторности (исправленное, дополненное, стереотипное и тому подобное).

4. ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ - место издания, наименование издательства, год издания. Под местом издания понимается город, в котором было выпущено данное издание (в сокращенном виде только М., Л., М.-Л.).

5. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА - сведения о количестве страниц, листов, наличие иллюстративного материала и так далее.

6. НАДЗАГОЛОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ - относятся к необязательному элементу описания, например, название серии, учреждения, от имени которого публикуется издание и др.

Надзаголовочные данные берутся в круглые скобки.

7. ПРИМЕЧАНИЕ - можно приводить дополнительные сведения (о наличии в книге библиографических списков, языке текста, и другие сведения).

Чтобы правильно библиографически описать источник, можно воспользоваться самим первоисточником, ибо в начале книги, на титульном листе перед аннотацией приводится библиографическое описание, которое оформлено в соответствии с действующим стандартом.

ПРИМЕРЫ

1. Киреев В.К. Рабочий зазор и износ матрицы пресса-гранулятора. В сб.: Совершенствование технологических процессов, применяемых в животноводстве. - Горький, 1986. - С. 36...39. /Сб. науч. тр. Горьк. СХИ/.

2. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. - Л.: Колос. Ленингр. отд-ние. 1978. - 560 с., ил. - /Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений/.

2. В практике научно-информационной деятельности научную литературу (документы) подразделяют на ПЕРВИЧНУЮ и ВТОРИЧНУЮ.

В первичных документах содержатся непосредственные результаты научных исследований и разработок, новые научные сведения или новое осмысление известиях идей и фактов, а во вторичных - результаты аналитико-синтетической и логической переработки одного или нескольких первичных документов или сведения о них.

ПЕРВИЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И ИЗДАНИЯ: НЕПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ:

КНИГА - неперIODическое текстовое книжное издание объёмом свыше 48 страниц.

БРОШЮРА - неперIODическое текстовое книжное издание объёмом свыше 4-х, но не более 48 страниц.

МОНОГРАФИЯ - научное издание в виде книги или брошюры, содержащее полное и всестороннее исследование одной проблемы или темы и принадлежащее одному или нескольким авторам.

СБОРНИК - издание, содержащее ряд произведений одного или нескольких авторов, рефераты и различные официальные или научные материалы.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ - неперIODическое издание, содержащее систематизированные сведения научного и прикладного характера, изложенные в форме, удобной для преподавания и изучения.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ - это произведение печати, выходящее через определенные промежутки времени, постоянным для каждого года числом номеров, не повторяющимися по содержанию, однотипно оформленными, нумерованными и (или) датированными выпусками, имеющими одинаковое название и, как правило, одинаковые объем и формат (**ЖУРНАЛ**, а также **ПРОДОЛЖАЮЩИЕСЯ ИЗДАНИЯ** - обычно это - сборники научных трудов).

ВТОРИЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И ИЗДАНИЯ:

Научные документы, информация которых является сжатым и стандартизованным изложением первоисточника, называются вторичными. По характеру включаемой информации и целевому назначению подразделяются на справочные, обзорные, реферативные и библиографические.

ОБЗОР - представляет собой документ, содержащий концентрированную информацию, полученную в результате отбора, анализа, систематизации и логического обобщения сведений из большого количества первоисточников по определенной теме за определенный промежуток времени.

РЕФЕРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ - периодическое издание журнальной или карточной формы, содержащее рефераты опубликованных документов.

РЕФЕРАТИВНЫЙ СБОРНИК - периодическое, продолжающееся или неперIODическое издание, содержащее рефераты неопубликованных документов. В них допускается включать рефераты опубликованных зарубежных материалов и отечественных ведомственных документов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ - издание книжного или журнального типа, содержащее библиографические описания вышедших изданий.

СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ - справочники, словари-энциклопедии, толковые словари, дву- и многоязычные словари и др.

Ко вторичным научным документам относятся тезисы, рефераты, авторефераты, аннотации, резюме.

ТЕЗИС - это сформулированная основная мысль, положение лекции, доклада, статьи или другого первичного материала. Тезисы могут быть краткими или развернутыми, но они всегда отличаются от полного текста тем, что в них отсутствуют детали, пояснения, иллюстрации.

АННОТАЦИЯ - краткая характеристика книги, статьи или рукописи, их идейно-политической направленности, содержания, назначения, ценности и др., излагающая содержание первоисточника и дающая иногда его оценку.

Аннотация может быть описательной и рекомендательной.

Аннотированные библиографические указатели помогают читателю ориентироваться в выборе произведений печати.

Аннотация дает ясное представление читателю о том, следует ли ему обращаться к оригиналу.

Оценка и критика не характерны для аннотации.

РЕЗЮМЕ - это аннотация с элементами предварительного рецензирования. Оно может быть негативным и позитивным.

Резюме позволяет осуществить беглое знакомство с проблематикой опубликованного материала и выработать правильный угол зрения, под которым следует его оценивать.

РЕФЕРАТ - краткое изложение в письменном виде или в форме публичного выступления содержания книги, научной работы, результатов изучения проблемы; доклад на определенную тему, включающий обзор литературных источников.

Необходимость в реферировании возникает всякий раз, когда нужно пересказать содержание научного документа или части его. Поэтому навыки реферирования молодым специалистам надо развивать уже при первом ознакомлении с первоисточником.

В задачу реферата входит раскрытие наиболее важной стороны содержания реферируемой работы таким образом, чтобы читатель мог оценить, целесообразно ли ему обращаться к первоисточнику.

Язык реферата должен быть предельно лаконичным, иметь большую информационную насыщенность.

Назначение реферата - сообщать о чем-либо, а не убеждать, поэтому вводные слова, экспрессивная лексика не уместны в реферате.

В целях экономии места реферат чаще всего не разбивают на абзацы.

Таблицы и иллюстрации включают в реферат лишь в том случае, если они отражают содержание работы и позволяют сократить реферат путем замены вербального описательного изложения вербально-цифровым-схематичным.

Задание1

Написать реферат на статью из журнала. При написании руководствоваться следующими требованиями:

- реферат содержит три абзаца:

- 1 - Название статьи. Фамилия и инициалы автора (авторов, если несколько);
- 2 - Содержание реферата;
- 3 - Количество: библиографических источников, таблиц и рисунков, если они есть в статье.

2.2. ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ.

Точность измерения величин. Систематические, случайные и грубые ошибки. Расчет абсолютной и относительной ошибки измерений

1) ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.

Чем выше точность измерений, тем надежнее результаты исследования.

Оценка точности и надежности измерений обязательна, так как полученные значения могут лежать в пределах возможной ошибки опыта, а полученные значения - оказаться неверными.

Понятие точности измерений связано с понятием ошибки. Самые точные приборы не могут показать действительного значения измеряемой величины, так как их показания всегда содержат ошибки.

Ошибки разделяются на систематические, случайные и грубые.

Систематические ошибки - возникают из-за известных причин, действующих по определенным законам. Их можно определить количественно и в результаты измерений внести поправки.

Находят систематические ошибки, калибруя измерительные приборы или сопоставляя опытные данные с изменяющимися внешними условиями, проводя измерения дважды, так, чтобы причина первого измерения оказала противоположное действие на результат второго.

Случайными ошибками называются те, причины которых неизвестны и которые учесть заранее невозможно. Такие ошибки характеризуют точность измерений. Часто применяют понятие предельной ошибки под которой подразумевают наибольшую случайную ошибку при правильном пользовании исправным прибором.

Значение измеряемой величины a можно представить выражением

$$A = X \pm \Delta P,$$

где X - истинное значение измеряемой величины;

ΔP - предельная ошибка;

a - измеряемая величина.

Предельную ошибку прибора устанавливают, изучая и проверяя его, до измерений.

Истинное значение измеряемой величины оценивают средним арифметическим нескольких измерений

$$a_1 + a_2 + \dots + a_n \text{ } 1 \underline{\hspace{1cm}}$$

Если измерения сгруппированы в m классов с разными количествами измерений n в каждом, то следует вычислить взвешенную среднюю арифметическую.

Абсолютная ошибка - это разность между действительным значением измеряемой величины X и ее измеренным значением a .

$$A = X - a \text{ или } X = a \pm A,$$

где X - истинное значение, a - измеренное значение.

Однако по абсолютной ошибке трудно судить о точности измерений, поэтому вводится понятие относительной ошибки, т.е. отношение абсолютной ошибки измерения к истинному значению измеряемой величины

$$A\% = \frac{A}{X} \cdot 100\% = \frac{A}{a} \cdot 100\%.$$

Для характеристики применяемого при измерении прибора вводится понятие приведенной ошибки - отношение абсолютной ошибки к диапазону измерения прибора

$$A\%_{np} = \frac{A}{X - X_{min}} \cdot 100\%.$$

Грубые ошибки (промахи), чаще всего однократные, - они искажают явление, их нужно исключить из опытов, но с достаточным обоснованием.

Мерой рассеяния (изменчивости) результатов измерений относительно оценки истинного значения - среднего арифметического - является дисперсия

Корень квадратный из дисперсии называется средним квадратическим отклонением или стандартом

Для большинства технических измерений можно принять наибольшей ошибкой величину, примерно равную $\pm$ трем стандартам

$$\Delta n \approx \pm 3G.$$

Стандартное отклонение G является оценкой возможного отклонения величины отдельного измерения от искомой неизвестной величины.

После выполнения таких вычислений истинное значение измеряемой величины можно оценивать по среднему арифметическому результатов отдельных измерений и ошибке средней при помощи доверительного интервала с заранее заданной доверительной вероятностью P_d , которая в технических исследованиях обычно принимается равной $P_d = 0,95 = 95\%$.

Доверительный интервал значений около выборочной средней арифметической определяется выражением

$$X = a \pm t \cdot G = a \pm t \cdot \frac{\Delta n}{n} = ,$$

где X - истинное значение измеряемой величины;

t - критерий Стьюдента, зависит от числа измерений и доверительной вероятности (надежности).

При исследовании вариационного ряда (результатов измерений, содержащих случайные ошибки) на наличие грубых ошибок необходимо выполнить следующее.

Вариационный ряд проранжировать - результаты измерений расположить в порядке возрастания (или убывания) значений. Подсчитать

значения нижней *атп* и верхней *атах* доверительных границ для среднего арифметического

Затем проверить выходит ли минимальное значение вариационного ряда за нижнюю доверительную границу и максимальное - за верхнюю. Если выходят, то эти результаты содержат грубые ошибки и их необходимо из дальнейших расчетов исключить.

2.3. АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Расчет ошибки косвенных измерений

Ошибка косвенных измерений

При определении предельной относительной ошибки косвенных измерений необходимо следовать следующим правилам:

1. Относительная ошибка суммы и разности заключена между наибольшей и наименьшей из относительных ошибок слагаемых; практически берут или наибольшую относительную ошибку или среднюю арифметическую

2. Относительная ошибка произведения или частного от деления равна сумме относительных ошибок сомножителей или соответственно делимого и делителя.

2.4. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ.

Расчет дисперсии и среднего квадратичного отклонения

Элементы методики экспериментальных исследований. Технические средства для исследования.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Типовая методика содержит следующие разделы:

- 1) цель и задачи исследования;
- 2) объект исследования;
- 3) регистрируемые параметры;
- 4) погрешность измерений, опыта;
- 5) измерительные приборы;
- 6) планирование опытов;
- 7) техника проведения экспериментов;
- 8) первичная обработка экспериментальных данных;
- 9) анализ экспериментальных данных.

Рассмотрим требования, предъявляемые к каждому из перечисленных разделов.

2) Цель исследования всегда одна, ее формулировка должна выражать необходимость получения ожидаемого результата.

3) Объект исследования во многом определяется целью, но к нему предъявляются также и особые требования:

- должен быть определенным, расплывчатые формулировки не допускаются;
- должен быть типичным, характерным для сущности исследования;
- исследование должно соответствовать имеющейся в распоряжении исследователя материальной базе.

4) Регистрируемые параметры чаще всего определяются целью исследования.

5) ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ.

Чем выше точность измерений, тем надежнее результаты исследования. Понятие точности измерений связано с понятием ошибки.

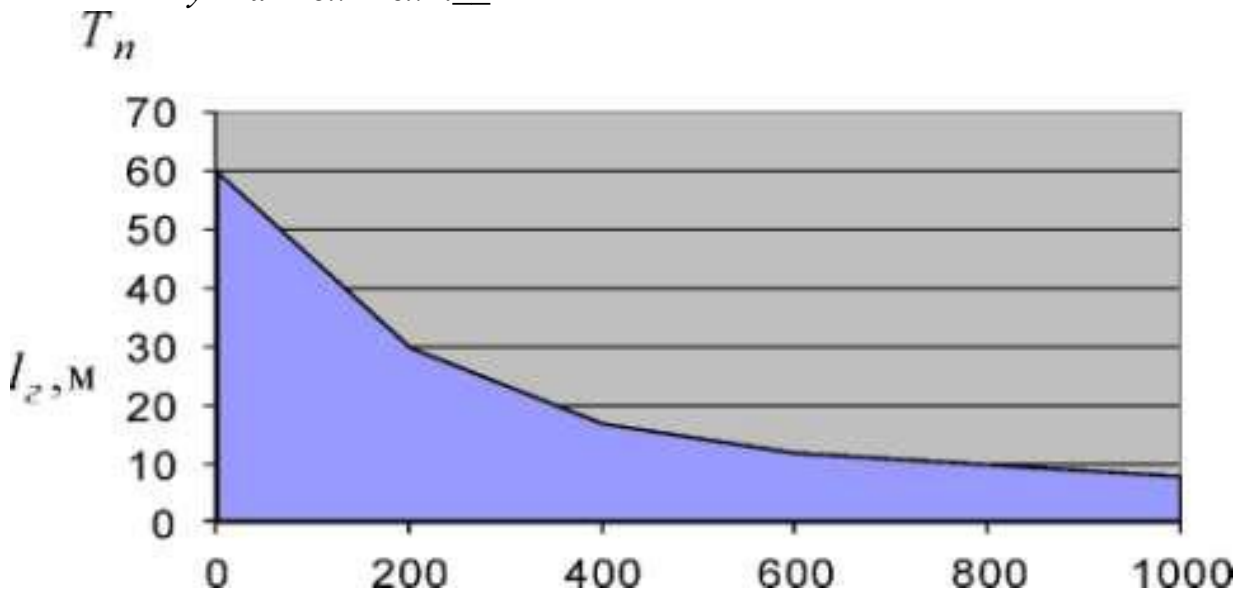
Анализ экспериментальных данных (А.Э.Д.)

А.Э.Д. включает нахождение аналитических зависимостей, описывающих исследуемый процесс. Метод избранных точек. Суть этого метода удобно уяснить на примере. Пусть нам нужно подобрать аналитическую зависимость для времени поворота T_n в функции длины гона, используя предыдущий пример.

Построим координатные оси, выберем масштаб и нанесем точки - результаты наблюдений.

Анализируя расположение построенных точек T_n в функции l_g , можно отметить, что прямая линия для аппроксимации экспериментальных данных здесь не подойдет. Лучшее описание дает кривая второго порядка

$$\text{типа } y = a + bx + cx^2.$$



Здесь неизвестными являются коэффициенты a , b , c . Их три, поэтому выбираем на рисунке три точки и, используя их координаты, составим систему трех уравнений.

Искомая кривая лучшим образом опишет наблюдаемый процесс, если пройдет через точки 1(200,29), 2(500,15), 3(800,10). Тогда получим

$$29 = a + 200b + 2002c$$

$$15 = a + 500b + 5002c$$

$$10 = a + 800b + 8002c$$

Решая систему уравнений получим $a = 43,356$, $b = -0,0818$, $c = 0,0000501$.

Тогда искомая аналитическая зависимость примет вид

$$TN = 43,356 - 0,0818 \cdot 1Г + 0,0000501 \cdot 12Г.$$

2.5. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.

Постановка задачи теории планирования эксперимента. Основные понятия и определения ТПЭ.

Факторы и их уровень. Классификация факторов и основные требования к ним. Критерий оптимизации. Составление матрицы и ее свойства

При построении теоретической регрессионной зависимости оптимальной является такая функция, в которой соблюдаются условия наименьших квадратов $X(Y - \hat{Y}) = \min$.

Критерием близости корреляционной зависимости между x и y к линейной функциональной зависимости является коэффициент корреляции. Значение коэффициента корреляции всегда меньше единицы. При $r = 1$ x и y связаны функциональной связью (в данном случае линейной), т.е. каждому значению x соответствует только одно значение y . Если $r < 1$, то нелинейная связь. При $r = 0$ линейная корреляционная связь между x и y отсутствует, но может существовать нелинейная регрессия. Обычно считают тесноту связи удовлетворительной при $r > 0,5$; хорошей при $r = 0,8 \dots 0,85$.

Для определения процента разброса (изменчивости) искомой функции y относительно ее среднего значения вычисляют коэффициент детерминации

$$K_d = r^2.$$

Уравнение регрессии прямой можно представить выражением

$$y = \bar{y} + z - (x - \bar{x}).$$

2.6. ОДНОФАКТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ.

Методы нахождения аналитических зависимостей. Методы нахождения коэффициентов аналитических зависимостей. Методы избранных точек, наименьших квадратов и метод средних

Проведение эксперимента

Экспериментальное исследование проектируемого устройства проводится на основе составленной таблицы опытов. Для повышения точности регрессионного анализа необходимо исключить влияние случайных ошибок, которые имеют место при экспериментальном исследовании. Это достигается тем, что при каждом сочетании уровней факторов проводят не один, а целую серию повторных опытов.

Такой анализ результатов необходим потому, что даже при одном и том же сочетании всех факторов численное значение параметра оптимизации будет различным.

В том случае, если при проведении эксперимента можно определить воздействие мешающих факторов, то для уменьшения влияния систематических погрешностей матрицу опытов разбивают на блоки таким образом, чтобы результирующее действие мешающих факторов было минимальным.

2.7. МНОГОФАКТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ.

При проектировании устройств и механизмов важной задачей является выбор технического решения и сочетания параметров элементов, при которых устройство обладало бы наилучшими характеристиками.

В этом случае говорят о необходимости поиска оптимального решения.

Выбор параметра оптимизации В качестве параметра оптимизации или обобщенного показателя эффективности может быть выбрана одна из характеристик прибора.

Часто в качестве обобщенного показателя эффективности используют сумму нескольких параметров устройства, взятых с различными весовыми коэффициентами

$$Y = \sum_{i=1}^k A_i Y_i$$

где Y - обобщенный показатель эффективности;

A_j - весовые коэффициенты;

k - число параметров;

i - номер параметра.

В ряде случаев в качестве обобщенного показателя эффективности выбирают произведение нескольких параметров прибора

$$Y = \prod_{i=1}^k Y_i$$

Как правило, на параметр оптимизации оказывают влияние целый ряд внутренних и внешних факторов.

К внутренним факторам относятся значения параметров элементов устройств. Внешними факторами являются температура, влажность, механические нагрузки, наличие электромагнитных полей и т.д.

Выбор модели

Для количественной оценки степени влияния каждого фактора на параметр оптимизации и нахождения наилучшего сочетания элементов используется планирование многократного эксперимента. Далее проводится последующая обработка результатов с использованием методов дисперсионного и регрессионного анализа.

Задачей многофакторного эксперимента является нахождение зависимости обобщенного показателя эффективности устройства от различных факторов

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k),$$

где $X_1 \dots X_k$ - внешние и внутренние факторы, определяющие работоспособность устройства.

Это уравнение, представляющее собой уравнение регрессии называется математической моделью. Сочетание факторов $X_1 \dots X_k$, соответствующее экстремуму функции Y , определяет оптимальное устройство.

Обычно функцию $f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ задают в виде отрезков алгебраических полиномов различной степени.

Для двухфакторного уравнения регрессии математическая модель может быть записана в виде степенного ряда:

нулевой степени $Y = B_0$;

первой степени $Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2$; второй

После определения границ изменения факторов задают основной уровень и интервал варьирования. При выборе интервала варьирования необходимо предусмотреть, чтобы оптимальное решение находилось внутри границ изменения факторов. Основной уровень факторов целесообразно задавать приблизительно в центре интервалов.

Для простоты записи таблицы полнофакторного эксперимента вводится понятие кодированного значения фактора

$$(X_j - X_{j0}) / J_j$$

где X_j - натуральное значение фактора;

X_{j0} - натуральное значение основного уровня;

J_j - интервал варьирования;

j - номер фактора.

Проведение эксперимента

Экспериментальное исследование проектируемого устройства проводится на основе составленной таблицы опытов. Для повышения точности регрессионного анализа необходимо исключить влияние случайных ошибок, которые имеют место при экспериментальном исследовании. Это достигается тем, что при каждом сочетании уровней факторов проводят не один, а целую серию повторных опытов.

Такой анализ результатов необходим потому, что даже при одном и том же сочетании всех факторов численное значение параметра оптимизации будет различным.

В том случае, если при проведении эксперимента можно определить воздействие мешающих факторов, то для уменьшения влияния систематических погрешностей матрицу опытов разбивают на блоки таким образом, чтобы результирующее действие мешающих факторов было минимальным.

3. ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

3.1. Метод избранных точек

1. Найти зависимость удоя W коров в функции массы M доильного набора (доильные стаканы с коллектором).
3. Найти зависимость удельной адгезии L от влажности комбикорма W при покрытии поверхности порционного раздатчика кузбасслаком.
4. Найти зависимость удельной адгезии L от влажности W комбикорма при покрытии поверхности порционного раздатчика нитрокраской.
5. Найти зависимость величины S отпечатка на образцах из сплавов АМГ6 от количества циклов приложения нагрузки (ударов) n в ходе исследования способности наплавленных слоев сопротивляться циклическим нагрузкам: S , мм 2,6 2,9 3,6 14,0 4,4 5,1 5,4 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 2,4 3,1 3,4 4,1 4,6 4,9 5,6 n , ударов 1,6 1,7 1,8 1,9 2,1 2,5 5.

3.2. Ошибка косвенных измерений

35. Определить действительное значение результата косвенного измерения (Х-действ)

$$X = AzB + BC,$$

где $A = 5$ А (Амперметр, $A_{\text{макс}} = 10$ А, Кл. точн. 0,5); $B = 10,0$ В (3-х значный цифровой вольтметр); $C = 2$ мм (Штангенциркуль, $c = 0,1$ мм).

36. Определить действительное значение результата косвенного измерения (Х-действ?)

$$X = A + B, B C$$

где $A = 12,5$ А (3-х значный цифровой амперметр); $B = 25$ В (Вольтметр, $B_{\text{макс}} = 50$ В, Кл. точн. 1,0); $C = 10$ мкм (Микрометр, $c = 1$ мкм).

3.3. Аппроксимация экспериментальных данных

53. Даны результаты измерений: $x_1 = 2$ В; $y = 5,1; 5,0; 4,8; 5,0; 5,1$ А $x_2 = 4$ В; $y_2 = 3,2; 3,1; 2,7; 2,9; 3,1$ А $x_3 = 6$ В; $y_3 = 2,0; 1,8; 2,2; 1,9; 2,1$ А

1. Определить y , s_2 (D), s в каждой точке измерений.
2. Представить результаты графиком $y = f(X)$.
3. Выполнить линейную интерполяцию в точке $X = 3$ В.
4. Найти аппроксимацию линейной зависимости и экстраполировать значение "y" в точке $x = 10$ В.

54. Даны результаты измерений:

$X = 0$ мА; $y_x = 1,1; 1,0; 0,8; 1,0; 1,1$ В $x_2 = 1$ мА; $y_2 = 2,3; 2,0; 2,0; 1,8; 1,9$ В $x_3 = 2$ мА; $y_3 = 3,9; 3,9; 4,0; 4,2; 4,0$ В

1. Определить y , s_2 (D), s в каждой точке измерений.

2. Представить результаты графиком $y = f(x)$.
3. Выполнить линейную интерполяцию в точке $x = 0,5 \text{ мА}$
4. Найти аппроксимацию линейной зависимости и экстраполировать значение " y " в точке $x = 3 \text{ мА}$.

55. Даны результаты измерений:
 $x_1 = 1 \text{ В}; y = 0,9; 0,9; 1,1; 1,0; 1,1 \text{ А}$ $x_2 = 3 \text{ В}; y_2 = 3,0; 3,1; 2,8; 3,1; 3,0 \text{ А}$ $x_3 = 5 \text{ В}; y_3 = 4,2;$
 $3,9; 4,3; 3,7; 3,9 \text{ А}$

1. Определить y , s_2 (D), s в каждой точке измерений.
2. Представить результаты графиком $y = f(x)$.
3. Выполнить линейную интерполяцию в точке $x = 2 \text{ В}$.
4. Найти аппроксимацию линейной зависимости и экстраполировать значение " y " в точке $x = 7 \text{ В}$.

56. Даны результаты измерений:
 $x_1 = 0 \text{ В}; y = 2,1; 2,0; 2,1; 1,8; 2,0 \text{ Вт}$ $x_2 = 2 \text{ В}; y_2 = 5,0; 4,8; 4,9; 5,3; 5,0 \text{ Вт}$
 $x_3 = 3 \text{ В}; y_3 = 6,1;$
 $6,3; 5,7; 5,9; 6,0 \text{ Вт}$

1. Определить y , s_2 (D), s в каждой точке измерений.
2. Представить результаты графиком $y = f(x)$.
3. Выполнить линейную интерполяцию в точке $x = 1 \text{ В}$.
4. Найти аппроксимацию линейной зависимости и экстраполировать значение " y " в точке $x = 10 \text{ В}$.
1. Определить y , s_2 (D), s в каждой точке измерений.
2. Представить результаты графиком $y = f(X)$.
3. Выполнить линейную интерполяцию в точке $X = 1,5 \text{ Ом}$.
4. Найти аппроксимацию линейной зависимости и экстраполировать значение " y " в точке $X = 5 \text{ Ом}$.__

3.4. Погрешность измерений, опыта

65. Измеряется диаметр вала штангенциркулем $a_{\text{мах}} = 50 \text{ мм}$ а действ. $= 45,5 \text{ мм}$ $a_{\text{изм.}} = 44,8 \text{ мм}$

Определить относительную погрешность измерения

66. Получен ряд измерений: $44,5; 48,6; 46,1; 45,1; 46,5; 44,9 \text{ мм}$.

Построить ранжированный ряд.

2 Определить a , s , s^2 ?

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА»

1. Задачи практики. Роль науки в развитии общества.
2. Основы научно-технической информации. Работа с источниками информации.
3. Разделы методики экспериментальных исследований. Технические средства для исследования.
4. Цель и задачи исследования.
5. Оценка погрешности измерений, опыта.
6. Первичная обработка экспериментальных данных.
7. Анализ экспериментальных данных.
8. Метод избранных точек.
9. Метод наименьших квадратов.
10. Ошибки косвенных измерений.
11. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов.
12. Обработка результатов эксперимента.
13. Выбор параметра оптимизации.
14. Выбор модели многофакторного эксперимента.
15. Факторные эксперименты. Матрица планирования полно факторного эксперимента.
16. Трехфакторный эксперимент.
17. Организация патентных исследований.
18. Изобретательство.
19. Формула изобретения.
20. Описание изобретения.
21. История развития науки.

5. ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: учебное пособие для бакалавров/ Шкляр М.Ф. - М.: Дашков и К, 2015.— 208 с.
2. Вербицкий В.И. Оптимизация процессов с помощью эксперимента: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Основы научных исследований и техника эксперимента»/ Вербицкий В.И., Коротченко А.Ю.- М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010.— 20 с.

Дополнительная литература

1. Шутов А.И. Основы научных исследований: учебное пособие/ Шутов А.И., Семикопенко Ю.В., Новописный Е.А. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013.— 101 с
2. Вайнштейн М.З. Основы научных исследований: учебное пособие/ Вайнштейн М.З., Вайнштейн В.М., Кононова О.В. - Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2011.— 216 с.
3. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. - Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271 с
4. Кузнецов, И.Н. Основы научных исследований: Учебное пособие для бакалавров: учебное пособие. - М.: Дашков и К, 2014. — 283 с.
5. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: учебное пособие. СПб. : Лань, 2012. — 223 с.
6. Жистин, Е.А. Основы проведения научных исследований: учебно-методическое пособие / Е.А. Жистин, В.А. Авроров. — Электрон. дан. — Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2010. — 28 с.

Интернет-ресурсы

1. <http://e.lanbook.com/books/> - электронно-библиотечная система издательства «Лань».
2. <http://www.knigafund.ru/> - электронная библиотека «Книгафонд».
3. <http://www.biblioclub.ru/> - университетская библиотека онлайн.
4. <http://e.library.ru/> - научная электронная библиотека труда в животноводстве.
5. База данных нормативных документов (ГОСТ, ОСТ, СНИП и пр.) <http://rgost.ru>
6. База данных нормативных документов (ГОСТ, ОСТ, СНИП и пр.) <http://remgost.ru>
7. Сайт РОССТАНДАРТА <http://www.gost.ru>

8. Сайт ФИПС России, с возможностью доступа к базам данных патентов. <http://www1.fips.ru>__