

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 30 » октября 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Методы обработки экспериментальных данных и планирование
эксперимента

(наименование)

Форма обучения: _____ очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления)

Направленность: Управление и информационные технологии в электротехнике

(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины - ознакомление с современными средствами планирования и проведения экспериментов и обработки получаемых в ходе этого данных.

Задачи учебной дисциплины

- Расширение и углубление знаний о моделях и способах представления экспериментальных данных;
- формирование знаний об основных этапах обработки экспериментальных данных;
- освоение расширенных статистических методов оценки характеристик экспериментальных данных.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- планы первого и второго порядка;
- регрессионная модель;
- физические величины и погрешности при их измерениях.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|----------------------------|
| ПК-1.1 | ИД-1ПК-1.1 | Студент знает цели и задачи проведения экспериментов, методы и средства их планирования, методы обработки экспериментальных данных. | Знает цели и задачи проводимых экспериментов, методы и средства планирования экспериментов, методы проведения экспериментов и обработки информации. | Дифференцированный зачет |
| ПК-1.1 | ИД-2ПК-1.1 | Студент умеет организовывать эксперименты, обрабатывать их результаты, проводить многофакторные эксперименты с применением планов второго порядка, оформлять результаты этих исследований в виде отчета. | Умеет применять методы проведения экспериментов, оформлять результаты экспериментов и проведенных исследований и разработок. | Защита лабораторной работы |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|--|--------------------|
| ПК-1.1 | ИД-3ПК-1.1 | Студент владеет навыками проведения экспериментов с использованием квадратичных моделей и рототабельных планов. | Владеет навыками проведения экспериментов, навыками оформления технической документации по результатам исследований и экспериментов. | Контрольная работа |

3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|----|
| | | Номер семестра | |
| | | 1 | 2 |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 52 | 52 | |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них: | | | |
| - лекции (Л) | | 16 | 16 |
| - лабораторные работы (ЛР) | | 32 | 32 |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ) | | | |
| - контроль самостоятельной работы (КСР) | | 4 | 4 |
| - контрольная работа | | | |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС) | 92 | 92 | |
| 2. Промежуточная аттестация | | | |
| Экзамен | | | |
| Дифференцированный зачет | 9 | 9 | |
| Зачет | | | |
| Курсовой проект (КП) | | | |
| Курсовая работа (КР) | | | |
| Общая трудоемкость дисциплины | 144 | 144 | |

4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| 2-й семестр | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Планирование эксперимента | 6 | 16 | 0 | 44 |
| Тема 1. Основные понятия и определения Возможные способы представления результатов экспериментов. Функция отклика в виде степенного ряда, кодирование факторов. Матричное представление при обработке результатов эксперимента. Ортогональное планирование эксперимента Тема 2. Планы полного факторного эксперимента 2^n (планы ПФЭ 2^n) Планы дробного факторного эксперимента (планы ДФЭ). Пример построения плана ДФЭ 2^{4-1} . Насыщенные планы первого порядка. Применимость планов ПФЭ и пути повышения точности полиномов. Тема 3. Планы второго порядка Ортогональный центрально-композиционный план второго порядка. Пример плана ОЦКП для $n = 2$. Рототабельные планы. Рототабельный ортогональный центрально-композиционный план. Пример РОЦКП для $n = 2$. Планы второго порядка с единичной областью планирования. Рототабельный план на основе правильного многоугольника при $n = 2$ | | | | |
| Измерение физических величин | 10 | 16 | 0 | 48 |
| Тема 4. Типы величин Типы погрешностей измерений. Случайные величины и их характеристики. Нормальное распределение и его свойства. Тема 5. Суммарная погрешность измерений Погрешности косвенных измерений. Учет погрешности в записи окончательного результата измерения. Тема 6. Линеаризация данных Метод наименьших квадратов. | | | | |
| ИТОГО по 2-му семестру | 16 | 32 | 0 | 92 |
| ИТОГО по дисциплине | 16 | 32 | 0 | 92 |

Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|---|
| 1 | Общие принципы организации экспериментов Обработка результатов эксперимента |
| 2 | Постановка двухфакторного эксперимента с использованием квадратичной модели объекта |
| 3 | Центральный композиционный план |

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|---------------------------------------|--|---|
| 1. Основная литература | | |
| 1 | Казаков А. В. Планирование эксперимента и измерение физических величин : учебное пособие / А. В. Казаков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. | 5 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Волкова П. А. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах / П. А. Волкова, А. Б. Шипунов. - Москва: ФОРУМ, 2012. | 3 |
| 2 | Лялькина Г. Б. Математическая обработка результатов эксперимента : учебное пособие для вузов / Г. Б. Лялькина, О. В. Бердышев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. | 34 |
| 2.2. Периодические издания | | |
| 1 | Приборы и техника эксперимента / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1956 - . | |
| 2.3. Нормативно-технические издания | | |
| | Не используется | |
| 3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины | | |
| | Не используется | |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента | | |
| | Не используется | |

6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------|--|---|---|
| Основная литература | Планирование эксперимента и измерение физических величин | http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=1338 | сеть Интернет; авторизованный доступ |

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО | Наименование ПО |
|--|---|
| Операционные системы | MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |
| Офисные приложения. | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567 3000 шт. (ПНИПУ 2009 г) |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017 |

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
|---|---|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | http://lib.pstu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система Лань | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |

| | |
|---|---|
| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http://www.consultant.ru/ |

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|---------------------|---|-------------------|
| Лабораторная работа | IBM PC совместимые компьютеры | 10 |
| Лекция | Проектор | 1 |

8. Фонд оценочных средств дисциплины

| |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Методы обработки экспериментальных данных и планирование
эксперимента»

Приложение к рабочей программе дисциплины

| | |
|--|---|
| Направление подготовки: | 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника |
| Направленность (профиль) образовательной программы: | Управление и информационные технологии в электротехнике |
| Квалификация выпускника: | «Магистр» |
| Выпускающая кафедра: | Конструирование и технологии в электротехнике |
| Форма обучения: | Очная |

Курс: 1

Семестр: 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

144 ч

Форма промежуточной аттестации:

Дифференцированный зачёт: 2 семестр.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении лабораторных заданий и сдаче дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы) | Вид контроля | | | |
|---|--------------|----------|--------|-----------|
| | Текущий | Рубежный | | Итоговый |
| | ТТ | ОЛР | РКР | Диф.зачет |
| Усвоенные знания | | | | |
| З.1 знает основные понятия и определения теории планирования эксперимента | ТТ | | | ТВ |
| З.2 знает планы первого порядка | ТТ | | | ТВ |
| З.3 знает планы второго порядка | ТТ | | | ТВ |
| З.4 знает типы физических величин | ТТ | | | ТВ |
| З.5 знает метод наименьших квадратов | ТТ | | | |
| Освоенные умения | | | | |
| У.1 умеет организовать и спланировать эксперимент | | ОЛР1 | РКР1 | ПЗ |
| У.2 умеет обработать результаты эксперимента | | ОЛР2 | РКР2 | ПЗ |
| Приобретенные владения | | | | |
| В.1 владеет приемами постановки двухфакторного эксперимента с использованием квадратичной модели объекта | | ОЛР3 | РКР1-2 | КЗ |

ТТ – текущее тестирование на лекционных занятиях (экспресс-тест); ОЛР – отчет о лабораторной работе; РКР – рубежная контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме тестирования студентов проводится по изучении очередной темы. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчетов к лабораторным работам и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита отчетов к лабораторным работам

Всего запланировано 3 лабораторные работы. Типовые темы работ приведены в РПД.

Защита отчета к лабораторной работе проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты отчета к лабораторной работе приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая РКР1 по модулю 1 «Планирование эксперимента», вторая РКР2 – по модулю 2 «Измерение физических величин».

Типовые задания РКР1:

1. Правомочность использования неполного квадратичного полинома, построенного на основе планов ПФЭ 2^n . Пути повышения точности полиномов.
2. Понятие плана второго порядка. Возможная конфигурация области планирования.

Типовые задания РКР2:

1. Понятие и особенности ротатабельны планов.
2. Планы второго порядка, точки которых описываются другими линиями (многогранники, несколько окружностей и т.д.).

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация проводится в виде дифференцированного зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и

практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для диф.зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Дать определение понятию «Эксперимент». Какие эксперименты бывают?
2. Какова задача обработки информации, получаемой в ходе проведения эксперимента?
3. Определение понятий «Опыт», «План эксперимента».
4. Что такое «Планирование эксперимента» (цели, методы)?

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Провести кодирование факторов (привести графическую интерпретацию пространства кодированных факторов, формулы вычисления кодированного значения).
2. Записать функцию отклика в полиномиальном виде (общий вид, число членов полинома, формы записи линейного и квадратичного полиномов).

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Составить ортогональный центрально-композиционный план второго порядка (ОЦКП) при $n=3$. Указать особенности, привести графическую интерпретацию ОЦКП.
2. Записать результатов опытов в матричном виде. Сформировать матрицу, определить коэффициенты полинома ($b_0, b_1 \dots$).

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на диф.зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время дифференцированного зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче дифференцированного зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной

аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.