

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 07 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Планирование эксперимента и методы обработки
экспериментальных данных
(наименование)

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

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

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

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Математическое и информационное обеспечение
экономической деятельности (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Приобрести знания, умения и навыки по планированию эксперимента и методам обработки экспериментальных данных для их применения при решении задач в будущей профессиональной деятельности

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Научный эксперимент, многофакторные эксперименты, факторы, факторное пространство, факторные планы, функция отклика; полный и дробный эксперимент; элементы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа.

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-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает задачи описания и анализа экономических процессов методами факторного и корреляционного анализа.	Знает задачи описания и анализа экономических процессов, методы содержательной интерпретации полученных результатов;	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет оформлять результаты исследований в виде отчета.	Умеет оформлять результаты исследований в виде отчета и применять их в организационно-управленческой деятельности;	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками построения математических моделей регрессионного анализа.	Владеет навыками построения стандартных математических и эконометрических моделей экономических процессов.	Отчёт по практическом у занятию
УК-1	ИД-1УК-1	Знает статистические методы обработки результатов эксперимента	Знает как осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации для решения поставленных профессиональных задач.	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
УК-1	ИД-2УК-1	Умеет применять системный подход к анализу задачи и поиску решения	Умеет применять системный подход на основе поиска, критического анализа и синтеза информации для решения научно-технических задач профессиональной области.	Отчёт по практическом у занятию
УК-1	ИД-3УК-1	Владеет навыками обработки данных эксперимента при помощи статистических методов	Владеет навыками поиска, синтеза и критического анализа информации в своей профессиональной области; владеет системным подходом для решения поставленных задач.	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	90	90	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	41	41	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	45	45	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
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

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Математические методы обработки экспериментальных данных	8	0	12	16
Тема 1. Интерполяция функций. Интерполяционные многочлены Лагранжа и Ньютона для равноотстоящих узлов и с произвольной сеткой. Погрешность многочленов интерполяции. Уплотнение таблиц функций. Метод сплайнов. Интерполяция сплайнами. Кубический сплайн. Тема 2. Подбор эмпирических формул. Метод наименьших квадратов. Аппроксимация функций. Графический способ. Метод средних. Метод наименьших квадратов. Организация вычислений с использованием ПК.				
Статистические методы обработки экспериментальных данных	13	0	17	18
Тема 3. Вариационные ряды, их характеристики. Расчет выборочных характеристик статистического распределения. Интервальные и точечные оценки параметров распределения. Проверка статистических гипотез. Тема 4. Использование элементов дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента. Парная линейная корреляция. Построение модели по сгруппированным и несгруппированным данным. Нелинейная корреляционная зависимость. Построение модельного уравнения нелинейной регрессии. Множественная корреляция. Организация вычислений с использованием ПК.				
Факторные планы. Факторный эксперимент.	20	0	16	20
Тема 5. Факторы, факторное пространство, функция отклика. Научный эксперимент, многофакторные эксперименты. Полный факторный эксперимент, полный трехфакторный эксперимент. Дробные реплики. Дробный факторный эксперимент вида. Тема 6. Факторные планы второго порядка. Методы оптимизации: крутое восхождение по поверхности отклика, симплекс-метод.				
ИТОГО по 7-му семестру	41	0	45	54
ИТОГО по дисциплине	41	0	45	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Интерполяция функций многочленами и сплайнами.
2	Аппроксимация функций. Метод средних. Метод наименьших квадратов.
3	Интервальные и точечные оценки параметров распределения. Проверка статистических гипотез.
4	Обработка данных эксперимента методами дисперсионного анализа.
5	Обработка данных эксперимента методами регрессионного анализа.
6	Полный факторный эксперимент. Планирование и обработка результатов.
7	Дробные реплики. Дробный факторный эксперимент.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, 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 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	Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для прикладного бакалавриата / В. Е. Гмурман. - Москва: Юрайт, 2019.	20
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. - Москва: Финансы и статистика, 1981.	6
2	Казаков А. В. Планирование эксперимента и измерение физических величин : учебное пособие / А. В. Казаков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	5
3	Решетников М. Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных : учебное пособие / М. Т. Решетников. - Томск: Изд-во ТГУСУиР, 2000.	7
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Михайлов Г. А. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло : учебное пособие для вузов / Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек. - М.: Академия, 2006.	7
2	Хургин Я.И. Статистическое моделирование / Я.И. Хургин, Н.О. Фастовец. - М.: Нефть и газ, 2003.	3

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ю. В. Юдин и др. Организация и математическое планирование эксперимента	https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65224/1/978-5-7996-2486-6_2018.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	И. Б. Копылова. Методы обработки экспериментальных данных. Сборник учебно-методических материалов.	https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9901.pdf	сеть Интернет; свободный 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)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Среды разработки, тестирования и отладки	Среда разработки RStudio

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/
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
Лекция	IBM PC совместимые компьютеры MS Windows 8.1 (подп. Azure DevTools for Teaching)Microsoft Office ProfessionalDr. Web Enterprise Security Suite, 3000 Лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 20171 2007. лиц. 42661567 3000 шт. (ПНИПУ 2009 г)	15
Практическое занятие	IBM PC совместимые компьютеры MS Windows 8.1 (подп. Azure DevTools for Teaching)Microsoft Office ProfessionalDr. Web Enterprise Security Suite, 3000 Лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 20171 2007. лиц. 42661567 3000 шт. (ПНИПУ 2009 г)	15

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Планирование эксперимента и
методы обработки экспериментальных данных»
*Приложение к рабочей программе дисциплины***

Направление подготовки:	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Прикладная математика
Форма обучения:	Очная

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Диф. зачёт: 7 семестр

Пермь 2023

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 (7-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические 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, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и 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	
	С	ТО	ИЗ	Т/КР		Зачёт
Усвоенные знания						
В соответствии с рабочей программой дисциплины		ТО				ТВ
Освоенные умения						
В соответствии с рабочей программой дисциплины			ИЗ			ПЗ
Приобретенные владения						
В соответствии с рабочей программой дисциплины			ИЗ			ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом 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 обучающегося 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 собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты индивидуальных заданий (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

Типовые индивидуальные задания 1:

1. Создать интерполяционный многочлен Лагранжа (Ньютона) для функции $y = f(x)$, заданной таблично.

2. Выполнить интерполяцию функции, заданной таблично, сплайнами третьей степени.

3. Построить наилучшее приближение функции методом наименьших квадратов.

Типовые индивидуальные задания 2:

1. Подобрать закон распределения случайной величины (например: нормальный, показательный, равномерный). Проверить согласованность

эмпирического распределения с теоретическим нормальным, применяя статистические критерии.

2. Построить модель линейной корреляции по несгруппированным (сгруппированным) данным.

3. Построить модель множественной линейной корреляции.

Типовые индивидуальные задания 3:

1. Спланировать полный трехфакторный эксперимент вида 2^3 .

2. Найти значения коэффициентов регрессии вида
$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3;$$

3. Проверить воспроизводимость эксперимента;

4. Проверить значимость коэффициентов регрессии;

5. Записать окончательный вид уравнения без учета незначимых коэффициентов.

6. Проверить адекватность построенной модели.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех индивидуальных заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцируемого зачета. Дифференцируемый зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с

проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных 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.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Интерполяция функций. Интерполяционные многочлены Лагранжа и Ньютона. Интерполяция сплайнами.
2. Аппроксимация функций. Метод наименьших квадратов.
3. Расчет выборочных характеристик статистического распределения. Интервальные и точечные оценки параметров распределения. Проверка статистических гипотез.
4. Корреляционная зависимость. Построение модельного уравнения линейной нелинейной регрессий.
5. Факторы, факторное пространство, функция отклика. Научный эксперимент, многофакторные эксперименты.
6. Полный факторный эксперимент, полный трехфакторный эксперимент вида 2^3 .
7. Дробные реплики. Дробный факторный эксперимент вида 2^{3-1} .
8. Крутое восхождение по поверхности отклика.

Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:

1. Создать интерполяционные многочлены для функции, заданной таблично.
2. Выполнить интерполяцию функции сплайнами третьей степени.
3. Подобрать вид эмпирической зависимости для функции, заданной таблично. Оценить степень близости теоретических и экспериментальных значений при помощи МНК.
4. Построить корреляционное поле. По характеру расположения точек в корреляционном поле выбрать общий вид регрессии. Вычислить числовые характеристики. Определить значимость коэффициента корреляции r и найти для него доверительный интервал с надежностью 0,95. Написать эмпирические уравнения линий регрессий. Проверить адекватность уравнения регрессии.
5. Определить форму связи между факторными и результативными признаками, построив корреляционные поля на плоскости для каждой пары факторов. Записать уравнение множественной регрессии. Произвести отбор факторов, включаемых в модель. Определить тесноту связи между факторами, включенными в модель множественной линейной корреляции. Найти оценки уравнения регрессии по методу наименьших квадратов. Проверить адекватность полученного модельного уравнения регрессии. Дать экономическую интерпретацию найденных оценок уравнения регрессии.
6. Составить план полного трехфакторного эксперимента вида 2^3 . Найти значения коэффициентов регрессии. Проверить воспроизводимость эксперимента. Проверить значимость коэффициентов регрессии. Записать окончательный вид

уравнения без учета незначимых коэффициентов. Проверить адекватность построенной модели.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче 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 зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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 зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.