

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

« 16 » января 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Компьютерное и программное обеспечение эксперимента
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика
(код и наименование направления)

Направленность: Прикладная механика (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области статистических методов экспериментальной механики, современных компьютерных и программных средств обеспечения эксперимента, а также умений эффективного использования компьютерного и программного обеспечения в экспериментальных исследованиях

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Экспериментальные данные; математическая статистика и теория вероятности; планирование эксперимента; пакет прикладных программ компьютерного обеспечения эксперимента STATISTICA

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-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает основы обработки результатов экспериментальных исследований на базе теории математической статистики; основы программирования систем экспериментального исследования; основы планирования эксперимента; основы работы в пакете прикладных программ STATISTICA	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средства представления результатов для проведения инженерных расчетов и исследовательских работ в прикладной механике	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет обрабатывать и анализировать экспериментальные результаты; готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации; проводить планирование эксперимента; применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации	Умеет создавать и использовать компьютерные модели материалов и конструкций для проведения инженерных расчетов в различных областях техники с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять анализ результатов расчета	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет методами математической статистики, используемыми для обработки результатов экспериментальных исследований; методами планирования эксперимента; основами работы в модулях пакета прикладных программ STATISTICA	Владеет навыками верификации компьютерных моделей на основе экспериментальных данных при решении задач прикладной механики	Дифференцированный зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	90	90	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	36	36	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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
5-й семестр				
Природа статистического характера результатов эксперимента. Основные источники погрешностей. Основные понятия теории вероятности. Случайные величины и их характеристики	2	2	0	6
Цели и задачи физического эксперимента. Виды измерений. Источники погрешностей и их классификация. Природа статистического характера результатов эксперимента. Случайные события: классификация, правила сложения и умножения случайных событий, следствия из правил сложения и умножения. Случайные величины и способы их описания: формы законов распределения, основные числовые характеристики.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные законы распределения вероятностей, используемые в теории вероятности и математической статистике	2	2	2	6
Рассматриваются различные постановки задач, решение которых приводит к конкретному виду закона распределения случайной величины (задача Бернулли в общем случае — биномиальный и геометрический законы распределения, задача Бернулли для редких событий — закон Пуассона, задача Бернулли с заданными средними характеристиками появления события — экспоненциальный закон распределения, описание погрешностей — равномерный закон распределения, описания ошибок измерения — нормальный закон распределения). Приводится описание основных характеристик рассмотренных законов распределения.				
Функции от случайных аргументов. Система случайных величин, её смысл как системы характеристик, полученных на одном и том же пространстве элементарных событий	2	2	2	6
Выводятся соотношения для определения законов распределения и числовых характеристик случайных величин, которые являются функциями от случайных величин с заданным законом распределения. Рассматриваются примеры функций, позволяющие получить логнормальное распределение и нормированное нормальное распределение. Устанавливаются соотношения для определения вероятности попадания в отрезок нормально распределенной случайной величины. Выводится правило «трех сигм». Вводятся понятия системы случайных величин (случайного вектора). Дается определение: совместного закона распределения и его связи с законами распределения компонент случайного вектора, условных законов распределения и числовых характеристик (корреляционный момент, условные дисперсии и математические ожидания)				
Предельные теоремы	2	2	0	6
Рассматриваются теоремы больших чисел (неравенство Чебышева и вторая теорема Чебышева) и центральная предельная теорема (теорема Ляпунова). На основе теорем выводятся соотношения для определения количества испытаний требуемых для попадания среднего арифметического случайных величин, распределенных по различным законам распределения, в определенный интервал с заданной вероятностью.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные определения математической статистики. Оценки числовых характеристик генеральной совокупности	2	2	0	6
Определяются цели и задачи математической статистики. Вводятся основные определения математической статистики. Правила построения эмпирических функции распределения и плотности распределения вероятностей. Определяется понятие оценки числовых характеристик генеральной совокупности, перечисляются предъявляемые к ней требования. Выводятся точечные оценки для математического ожидания и дисперсии генеральной совокупности.				
Доверительные интервала основных числовых характеристик генеральной совокупности	2	2	3	8
Вводятся понятия интервальной оценки числовых характеристик генеральной совокупности. Устанавливается общий алгоритм получения интервальных оценок. Приводятся определения и основные свойства законов распределения: «Хи-квадрат», Стьюдента им Фишера. Выводятся доверительные интервалы для математического ожидания и дисперсии при различных начальных данных.				
Статистическая проверка гипотез	4	4	3	8
Приводится постановка задачи проверки статистических гипотез. Вводятся понятия доверительной вероятности и ошибок первого, второго рода. Устанавливается общий алгоритм проверки статистических гипотез. Рассматриваются задачи проверки параметрических гипотез о равенстве математических ожиданий и дисперсий двух генеральных совокупностей при различных начальных данных.				
Дисперсионный анализ	2	4	2	8
Определяются цели и задачи дисперсионного анализа. Вводятся понятия и соотношения для факторной, остаточной и общей дисперсий. Устанавливаются ограничения, накладываемые на вид остаточной дисперсии. Вводится критерий Кохрена, для проверки условия воспроизводимости остаточных дисперсий. Определяется критерий Фишера и проверяется гипотеза о значимости критерия Фишера.				
Корреляционный анализ	2	2	2	6
Определяются цели и задачи корреляционного анализа. Выводятся точечная и интервальная оценки для коэффициента корреляции. Рассматривается задача о проверке гипотезы о				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
значимости коэффициента корреляции для различных объемов выборки. Вводится определение корреляционного соотношения.				
Однофакторный регрессионный анализ. Построение различных статистических моделей для интерпретации экспериментальных данных	4	4	2	8
Определяются цели и задачи регрессионного анализа. Приводится постановка задачи однофакторного регрессионного соотношения. Устанавливаются ограничения на закон распределения неучтенных случайных факторов. Выводятся соотношения для определения коэффициентов линейного уравнения регрессии и проводится проверка их значимости. Устанавливаются характеристики качества подобранной регрессионной модели.				
Многофакторный регрессионный анализ	2	4	0	8
Приводится постановка задачи определения многофакторного регрессионного соотношения. Проверяется зависимость факторов между собой и их влияние на зависимую переменную. Выводится соотношение для определения вектора коэффициентов регрессионного соотношения и проводится проверка их значимости. Устанавливаются характеристики качества подобранной регрессионной модели.				
Планирование факторного эксперимента как задача получения максимума полезной информации при минимуме затрат на экспериментальное исследование. Связь с факторным и регрессионным анализом	4	4	2	8
Определяются цели и задачи планирования эксперимента. Определяются критерии выбора экспериментальной области факторного пространства, способы кодирования полного факторного эксперимента. Устанавливаются свойства полного факторного плана. Определяются коэффициенты многофакторного уравнения линейной регрессии. Приводится алгоритм анализа регрессионной модели.				
Планирование эксперимента. Дробный факторный эксперимент. Центральные композиционные планы эксперимента	2	2	0	6
Приводится постановка задач дробного и центрального факторных экспериментов. Способы кодирования матрицы планирования. Определяются коэффициенты многофакторного уравнения линейной регрессии. Устанавливаются критерии качества регрессионной модели и способы его улучшения.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 5-му семестру	32	36	18	90
ИТОГО по дисциплине	32	36	18	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Моделирование и описание дискретных и непрерывных случайных величин. Изучение взаимосвязи статистической и классической вероятностей событий.
2	Использование уравнение для квантилей уровня q для генерации реализаций случайных величин при моделировании ошибок измерения.
3	Определение законов распределения компонент случайного вектора. Установление центра рассеяния, проверка зависимости компонент случайного вектора. Построение условных математических ожиданий и дисперсий случайной величины.
4	Определение вероятностей попадания в различные интервалы с помощью вероятностного калькулятора и таблиц значений законов распределения.
5	Исследование влияния числа интервалов разбиения области изменения случайной величины за результаты подборы закона распределения.
6	Апостериорное исследование влияние факторной переменной на результат при помощи критерия Тьюки.
7	Сравнение значений коэффициента корреляции и корреляционного соотношения для случайных величин связанных функциональной зависимостью
8	Полный факторный эксперимент для исследования зависимости прочности бетона от состава водоцементной смеси.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Настройка пакета для создания рабочих книг и отчетов. Практическое создание и импорт входных таблиц данных. Вероятностный калькулятор. Одномерная выборка и её графическое представление. Простейшая статистическая обработка выборок. Генерация выборок различной длины и с различными законами распределения.
2	Имитация непрерывной случайной величины с заданным законом распределения. Проверка правила трех сигм для нормального и экспоненциального распределений
3	Многомерная выборка и её графическое представление. Построение корреляционной матрицы и матрицы диаграмм попарного рассеяния.
4	Формирование нормально-распределенной случайной величины в результате совместного действия большого количества источников погрешностей. Оценка дисперсии нормального распределения на основе выполнения правила «трех сигм».
5	Определение параметров закона распределения генеральной совокупности методами моментов и максимального правдоподобия.
6	Определение интервальных оценок для математического ожидания и дисперсии случайной величины при различных исходных данных о числовых характеристиках генеральной совокупности.
7	Проверка статистических гипотез о равенстве средних и дисперсий, проверка различных вариантов статистических гипотез (тесты).

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
8	Подбор законов распределения по выборке в инструментах «Гистограмма» и в модуле подгонки распределения. Критерии согласия Колмогорова и Пирсона.
9	Подбор законов распределения для 4 числовых характеристик 200 выборок с одним и тем же законом распределения в модуле подгонки распределения.
10	Подбор уравнения нелинейной регрессии со статистическим анализом остатков.
11	Однофакторный дисперсионный анализ. Проверка влияния различных побочных факторов на время кристаллизации полимера.
12	Дробный факторный эксперимент. Исследование влияния технологического режима на неровность поверхности обрабатываемого диска.
13	Центральные композиционные планы эксперимента. Исследования влияния технологического режима на силу резания древесного сырья.

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.

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	Брандт З. Статистические методы анализа наблюдений : пер. с англ. Москва : Мир, 1975. 312 с.	1
2	Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов. 7-е изд., стер. Москва : Высш. шк., 2001. 479 с.	55
3	Мойзес Б. Б., Плотникова И. В., Редько Л. А. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных : учебное пособие для вузов. 2-е изд. Москва : Юрайт, 2021. 118 с. 9,16 усл. печ. л.	1
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Айвазян С. А. Статистическое исследование зависимостей (Применение методов корреляционного и регрессионного анализов к обработке результатов эксперимента). Москва : Металлургия, 1968. 227 с.	6
2	Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Статистические методы планирования и обработки экспериментов : учебное пособие. М. : Изд-во МХТИ, 1972. 152 с.	1
3	Брандт З. Статистические методы анализа наблюдений : пер. с англ. Москва : Мир, 1975. 312 с.	1
4	Гмурман В. Е. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику : учебное пособие для вузов. 3-е изд., доп. Москва : Высш. шк., 1966. 379 с.	2
5	Монсик В. Б., Скрынников А.А. Вероятность и статистика : учебное пособие для вузов. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. 376 с. 24,0 усл. печ. л.	2
6	Теляков Н. М., Салтыкова С. Н. Организация экспериментальных исследований : учебное пособие. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГГИ (ТУ), 2011. 83 с. 4,8 усл. печ. л.	1
7	Шпаков П.С., Попов В.Н. Статистическая обработка экспериментальных данных : Учеб. пособие для вузов. М. : Изд-во МГГУ, 2003. 268 с.	1
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	Боровиков В. П. Программа STATISTICA для студентов и инженеров. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : КомпьютерПресс, 2001. 300 с.	1

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Электронный учебник StatSoft	http://statsoft.ru/resources/statistica_text_book.php	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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Statistika Advanced (Statsoft, лиц. дог. ГНФ каф. МДГ и ГИС)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
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
Лабораторная работа	ПК или ноутбук	10
Лекция	ПК или ноутбук	1
Лекция	проектор	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	ПК или ноутбук	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе