

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



Евдоким А. И.

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Надежность автотранспортных средств в эксплуатации
(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2022 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Аналитические и численные методы в планировании экспериментов» является изучение основных аналитических и численных методов, используемых при планировании экспериментов и инженерном анализе.

Задачами изучения дисциплины являются:

- получение знаний о целях, задачах и методах исследований;
- получение знаний об основах и области применения теории планирования эксперимента;
- получение знаний о методах моделирования и их применения для моделирования процессов и систем;
- получение знаний о достоинствах, недостатках и области применения активного, пассивного экспериментов;
- сформировать у обучающихся компетенции по организации планирования и проведения экспериментов;
- сформировать у обучающихся компетенции по оценке точности и достоверности результатов эксперимента;
- сформировать у обучающихся владение методиками моделирования производственных процессов;
- сформировать у обучающихся владение методиками экспериментальных исследований;
- сформировать у обучающихся компетенции анализа результатов, полученных в результате исследования;
- сформировать у обучающихся умений по постановке и решению теоретических и практических задач исследования

Освоение данной дисциплины формирует у студентов следующие компетенции:

- способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-1);
- способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2);
- готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных организационно-управленческих задач, способность использовать языки и системы программирования для решения этих задач на основе технико-экономического анализа (ПК-25).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Аналитические и численные методы в планировании экспериментов» (код дисциплины в учебном плане – Б1.Б.5) относится к базовой части ОПОП в соответствии с ФГОС данной специальности. При изучении дисциплины используются знания, полученные при бакалаврской подготовке в курсах «Моделирование производственных процессов», «Математика», «Спецглавы математики», а также в первом семестре магистратуры на курсе «Основы научных исследований».

Знания, полученные при изучении дисциплины, необходимы магистрантам для выполнения научно-исследовательской работы, подготовки магистерской диссертации и изучения дисциплин «Системный анализ в эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов», «Математическое моделирование рабочих процессов на автомобильном транспорте», «Математическое моделирование расхода запасных частей и эксплуатационных материалов».

В учебном плане предусмотрены виды учебной деятельности: теоретические лекции, практические занятия и самостоятельная работа, ориентированные на освоение магистрантами основ теории планирования эксперимента, правил построения планов экспери-

мента, построения и анализа математических моделей, оценке точности и достоверности результатов исследований.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) знать: основы теории планирования эксперимента, последовательность проведения исследования (ОПК-1);

2) уметь: строить планы эксперимента; строить и анализировать математические модели; оценивать точность и достоверность результатов исследования (ОПК-2);

3) владеть: навыками теории планирования эксперимента при проведении исследований (ПК-25).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Введение. Цели, задачи и методы исследований. Основы теории подобия. Основы теории размерности	2	1-2	2					1			
2	Моделирование. Классификация методов моделирования		3-4	2		2			1		2 / 50%	
3	Основы теории планирования эксперимента. Общая последовательность проведения исследования		5-6	2		2			1		2 / 50%	Рейтинг-контроль №1
4	Активный эксперимент. Полный факторный эксперимент. Построение и анализ математической модели 1-го порядка.		7-8	2		2			1		2 / 50%	
5	Дробный факторный эксперимент. Планы эксперимента 2-го порядка. Свойства планов эксперимента		9-10	2		2			1		2 / 50%	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	Экспериментальные методы решения оптимизационных задач	2	11-12	2		4			1		4 / 75%	Рейтинг-контроль №2
7	Пассивный эксперимент: построение и анализ математической модели; область применения пассивного эксперимента. Методы экспертных оценок		13-14	2		2			1		2 / 50%	
8	Моделирование процессов и систем с помощью метода статистических испытаний		15-16	2		2			1		2 / 50%	
9	Оценка точности и достоверности результатов исследований		17-18	2		2			1		2 / 50%	Рейтинг-контроль №3
Всего				18		18			9		18 / 50%	экзамен

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Изучение дисциплины «Аналитические и численные методы в планировании экспериментов» предполагает не только запоминание, но и анализ, синтез, формирует умения и навыки, являющиеся основой научно-исследовательской деятельности магистранта и ключевые компетенции будущего специалиста. Для реализации указанных качеств в учебный процесс интегрированы интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), при осуществлении различных видов учебной работы:

- учебную дискуссию;
- электронные средства обучения (слайд-лекции, компьютерные тесты);
- групповые формы выполнения лабораторных работ.

Тематика практических занятий направлена на формирование навыков по планированию экспериментов и обработке экспериментальных данных применительно к автотранспортной отрасли.

Перечень практических занятий:

1. Основы вычислений в MATLAB
2. Обработка матриц в MATLAB
3. Построение графиков и гистограмм в MATLAB
4. Подбор формул по данным опыта методом наименьших квадратов в MATLAB
5. Законы распределения дискретной случайной величины в MATLAB
6. Обработка экспериментальных данных в MATLAB
7. Проверка гипотез по критериям согласия в MATLAB
8. Обработка экспериментальных данных по закону Вейбулла в MATLAB
9. Моделирование методом Монте-Карло в MATLAB
10. Решение задач линейного программирования в MATLAB
11. Моделирование транспортного потока в MATLAB

Текущий контроль знаний (рейтинг-контроль) осуществляется в виде тестирования и ответов на вопросы.

Самостоятельная работа студентов (СРС) заключается в выполнении разнообразных учебных заданий с целью усвоения различных знаний, приобретения умений и навыков само-

стоятельной деятельности и выработки системы поведения. СРС выполняется под руководством преподавателя с последующим контролем. Выполнение СРС подкрепляется использованием дополнительной литературы и ресурсов Интернет.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль осуществляется в виде рейтинг-контролей, посредством развернутых ответов на вопросы:

- рейтинг-контроль №1:

1. Случайные величины. Понятие случайной величины, вероятности события. Законы распределения случайной величины.
2. Системы случайных величин. Законы распределения системы случайных величин. Корреляционное отношение, коэффициент корреляции, корреляционный момент.
3. Понятие регрессии. Уравнение регрессии.
4. Случайные процессы. Понятия случайной функции, случайного процесса. Характеристики случайных процессов.
5. Понятие о стационарном случайном процессе. Условие стационарности в терминах вероятностных характеристик. Спектральная плотность стационарного случайного процесса. Эргодическое свойство стационарных случайных процессов.
6. Понятия: генеральная совокупность, выборка, параметр, оценка параметра. Условия, которым должны удовлетворять оценки параметров статистических характеристик. Доверительный интервал, доверительная вероятность.
7. Точечные и интервальные оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратичного отклонения случайной величины.
8. Точечная и интервальная оценки коэффициента корреляции.
9. Оценивание линейной регрессии.
10. Оценивание спектральной плотности случайного процесса.
11. Оценивание характеристик случайных процессов, в том числе и эргодических.
12. Сглаживание измеряемых сигналов.
13. Статистические методы построения динамических моделей промышленных объектов.
14. Метод наименьших квадратов в матричной форме.
15. Статистическая оценка гипотез. Критерии согласия, их краткая характеристика. Критерии согласия Пирсона, Романовского, Колмогорова

- рейтинг-контроль №2:

1. Эксперимент – основные термины и определения. Методы организации эксперимента.
2. Наблюдение, пассивный и активный эксперимент.
3. Что понимается под задачей оптимального планирования эксперимента?
4. Отклик системы на внешнее воздействие. Понятие фактора. Уровни (градации) фактора.
5. Факторное пространство. Функция отклика. Рандомизация. Понятие плана.
6. Дисперсионный анализ. Задачи, решаемые с помощью дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ.
7. Градации фактора, дублирующие эксперименты, рандомизация.
8. План эксперимента для однофакторного дисперсионного анализа. Расчет общей, факториальной и остаточной дисперсии и степеней свободы.
9. Оценка силы и достоверности влияния фактора. Анализ расчетных значений и средних величин отклика.

10. Двухфакторный дисперсионный анализ. Градации факторов, число дублирующих экспериментов, рандомизация. План эксперимента для двухфакторного дисперсионного анализа.

11. Расчет дисперсии и числа степеней свободы двухфакторного дисперсионного анализа. Оценка силы и достоверности влияния факторов и их взаимодействия. Анализ расчетных значений и средних величин отклика.

12. Планирование эксперимента в условиях неоднородности. Латинские квадраты. Ортогональные латинские квадраты. Греко-латинские квадраты.

13. Планирование трех и четырех факторного эксперимента с использованием латинских и греко-латинских квадратов. Преимущества и ограничения.

14. Расчет дисперсии, числа степеней свободы. Оценка силы и достоверности влияния факторов.

15. Планы экспериментов, позволяющие построить математическую модель. Планы для построения линейной модели.

- рейтинг-контроль №3:

1. Полный факторный эксперимент 2^k . Выбор факторов, области их задания, оценка шага, кодирование переменных.

2. План полного факторного эксперимента 2^k . Свойства плана. Составление модели. Оценка адекватности модели.

3. Дробный факторный эксперимент 2^k . План дробного факторного эксперимента. Преимущества и ограничения.

4. Генерирующее соотношение, условия смешивания в дробном факторном эксперименте. Построение модели. Оценка адекватности модели.

5. Планы построения нелинейной модели. Квадратичная модель. Центральный симметричный ортогональный композиционный план. Расчет звездных точек, числа опытов. Составление модели. Оценка адекватности модели.

6. Методы оптимизации. Задача методов оптимизации. Метод крутого восхождения. Нахождение направления движения по градиенту.

7. Выбор шага движения в методах оптимизации. План движения. Выбор точки остановки. Стратегия поведения после завершения эксперимента.

8. Оценка погрешности экспериментальных данных прямых измерений. Нормальное распределение.

9. Доверительный интервал. Надёжность. Относительная погрешность.

10. Оценка погрешности косвенных измерений. Косвенное измерение. Функция многих переменных и её дифференциал. Выражение для оценки погрешности косвенных измерений.

Самостоятельная работа студентов осуществляется путём подготовки реферата, с применением рекомендуемой литературы (см. п.7), по одной из предложенных тем:

1. Выбор параметра оптимизации
2. Управление факторами
3. Выбор модели при планировании эксперимента
4. Полный факторный эксперимент
5. Дробный факторный эксперимент
6. Подготовка к опыту и проведение эксперимента
7. Методы обработки результатов экспериментов
8. Принятие решений после построения модели
9. Классификация экспериментальных планов
10. Основы теории подобия
11. Теория точечного оценивания параметров
12. Теория интервального оценивания параметров
13. Проверка статистических гипотез
14. Язык общения с MATLAB

15. Обзор расширений MATLAB.

Промежуточная аттестация в виде экзамена - развернутых ответов на вопросы:

1. Моделирование. Классификация моделей.
2. Математическая модель. Преимущества, недостатки, примеры. Классификация математических моделей.
3. Что необходимо для построения математической модели?
4. Процесс построения математической модели.
5. Основные определения теории планирования эксперимента.
6. Параметр оптимизации, классификация параметров оптимизации.
7. Требования к параметру оптимизации.
8. Способы построения обобщенного отклика.
9. Функция желательности Харрингтона (шкала желательности).
10. Обобщенная функция желательности.
11. Факторы, основные определения, классификация.
12. Требования, предъявляемые к факторам при планировании эксперимента.
13. Требования к совокупности факторов. Примеры факторов.
14. Шаговый принцип при выборе модели.
15. Как выбрать модель?
16. Полиномиальные модели.
17. Принятие решения при выборе основного уровня перед планированием эксперимента.
18. Выбор интервалов варьирования перед планированием эксперимента.
19. Полный факторный эксперимент типа 2^k .
20. Свойства полного факторного эксперимента типа 2^k .
21. Как минимизировать число опытов?
22. Дробные реплики.
23. Генерирующие соотношения и определяющие контрасты.
24. Анкета для сбора априорной информации.
25. Какие бывают ошибки результата измерений?
26. Метод наименьших квадратов.
27. Постулаты регрессионного анализа.
28. Проверка адекватности модели.
29. Проверка значимости коэффициентов регрессии.
30. Интерпретация модели.
31. Обработка результатов эксперимента.
32. Классификация экспериментальных планов.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.Г. Сафин, А.И. Иванов, Н.Ф. Тимербаев. – Казань: Издательство КНИТУ, 2013. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214122.html>. (Библ. ВлГУ)
2. Основы научных исследований [Электронный ресурс] / Шкляр М. Ф. – М.: Дашков и К, 2014. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394021626.html>. (Библ. ВлГУ)
3. Интерактивные системы Scilab, Matlab, Mathcad [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.Е. Плещинская. – Казань: Издательство КНИТУ, 2014. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788217154.html>. (Библ. ВлГУ)

б) дополнительная литература:

1. Гмурман, Владимир Ефимович. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высшее образование, 2013. – 479 с. – ISBN 5-9692-0031-X. – ISBN 5-9692-0104-9. (Библ. ВлГУ)

2. Гмурман, Владимир Ефимович. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учебное пособие для вузов: [для подготовки бакалавров и специалистов] / В.Е. Гмурман. – Москва: Высшее образование, 2013. – 404 с. – ISBN 978-5-9692-0384-6. (Библ. ВлГУ)

3. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель [Электронный ресурс]/ Дьяконов В.П.– Электрон. текстовые данные.– М.: ДМК Пресс, 2014.– 768 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7911>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю. (Библ. ВлГУ)

в) периодические издания:

1. Журнал «Автотранспортное предприятие» (ISSN: 2076-3050).

2. Журнал «Компьютерные исследования и моделирование» (ISSN: 2076-7633).

3. Журнал «Математическое моделирование и численные методы» (ISSN: 2309-3684).

4. Журнал «Искусственный интеллект и принятие решений» (ISSN: 2071-8594).

5. Журнал «Фундаментальные исследования» (ISSN: 1812-7339).

г) интернет-ресурсы:

1. <http://window.edu.ru> – бесплатная электронная библиотека онлайн «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

2. <https://ru.wikipedia.org> – свободная общедоступная мультязычная универсальная интернет-энциклопедия.

3. <http://elibrary.ru> – научная электронная библиотека.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются:

1. Иллюстративный и текстовый раздаточный материал, в том числе в электронном виде.

2. Презентатор (стационарный) с мультимедиа технологиями.

3. Комплект слайдов.

4. Компьютерный класс (кол-во компьютеров – 15 ед.) с установленным лицензионным программным обеспечением, в частности Microsoft Word, Excel, PowerPoint, Access, MATLAB.

Рабочую программу составил доцент кафедры АТ, к.т.н. Баженов М.Ю.



(подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Исполнительный директор НОЦ ОБДД Ермолаев Ю. Н.



(подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТ

Протокол № 18 от 27.06.2022 года

Заведующий кафедрой АТ, к.т.н., доцент Кириллов А. Г.



(подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Протокол № 02 от 27.06.2022 года

Председатель комиссии зав. кафедрой АТ, к.т.н., доцент Кириллов А. Г.



(подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный год

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент Кириллов А. Г. _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный год

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент Кириллов А. Г. _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный год

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент Кириллов А. Г. _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный год

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент Кириллов А. Г. _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

образовательной программы направления подготовки: 23.04.03 – *Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов*, направленность: *Надежность автотранспортных средств в эксплуатации*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО