

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

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Елкин А.И.
« 12 » 08 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Аналитические численные методы в планировании экспериментов и инженерном
анализе

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

23.04.01 Технология транспортных процессов

(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Организация автомобильных перевозок и безопасность движения

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины *Аналитические численные методы в планировании экспериментов и инженерном анализе* является овладение теоретическими знаниями и умениями в области аналитических численных методов.

Задачи: получение теоретических знаний и практических навыков по выполнению научных и промышленных экспериментальных исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина *Аналитические численные методы в планировании экспериментов и инженерном анализе* относится к обязательной части.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен ставить и решать научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей с учетом последних достижений науки и техники	ОПК-1.1. Знает способы решения научно-технических задач в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений.	Знает принципы планирования эксперимента.	Контрольные вопросы
	ОПК-1.2. Умеет составлять математическую модель, описывающую изучаемый процесс или явление, выбирать и обосновывать граничные и начальные условия.	Умеет использовать принципы планирования эксперимента.	
	ОПК-1.3. Владеет навыками оценивания адекватности результатов моделирования, формулировки предложений по использованию математической модели для решения задач профессиональной деятельности.	Владеет навыками проведения планирования эксперимента.	
ОПК-4. Способен проводить исследования, организовывать	ОПК-4.1. Знает методики проведения исследования, организации самостоятельной и	Знает основные методы планирования.	Контрольные вопросы

самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность при решении инженерных и научно-технических задач, включающих планирование и постановку эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	коллективной научно-исследовательской деятельности при решении инженерных и научно-технических задач.		
	ОПК-4.2. Умеет составлять план научно-исследовательской деятельности, включая литературный поиск, сроки и последовательность экспериментальной работы, обсуждения и анализа результатов.	Умеет применять основные методы планирования.	
	ОПК-4.3. Владеет навыками формирования демонстрационного материала и представления результатов своей исследовательской деятельности на научных конференциях.	Владеет навыками применения основных методов планирования.	
ПК-1. Способен использовать методы инженерных расчетов, связанных с поиском оптимизации затрат на выполнение логистических операций.	ПК-1.1. Знает методы инженерных расчетов, связанных с поиском оптимизации затрат на выполнение логистических операций.	Знает анализ экспериментальных данных.	Контрольные вопросы
	ПК-1.2. Умеет использовать методы инженерных расчетов, связанных с поиском оптимизации затрат на выполнение логистических операций.	Умеет применять анализ экспериментальных данных.	
	ПК-1.3. Владеет навыками использования методов инженерных расчетов, связанных с поиском оптимизации затрат на выполнение логистических операций.	Владеет навыками применения анализа экспериментальных данных.	

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов для очной формы.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Принципы планирования эксперимента	1	1-6			12	6	39	рейтинг-контроль 1
2	Основные методы планирования	1	7-12			12	6	39	рейтинг-контроль 2
3	Анализ экспериментальных данных	1	13-18			12	6	39	рейтинг-контроль 3
Всего за 1 семестр:						36		117	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП/КР		-							
Итого по дисциплине						36		117	Экзамен (27)

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. Аналитические численные методы в планировании экспериментов и инженерном анализе.

Тема 1. Принципы планирования эксперимента.

Содержание лабораторных занятий:

Выбор матричного уравнения для определения коэффициентов математической модели. Составление матрицы планирования в кодированном виде, расчет шагов варьирования и основного уровня. Ортогональное планирование первого порядка, дробный факторный эксперимент, ортогональное планирование второго порядка для функции двух переменных.

Тема 2. Основные методы планирования.

Содержание лабораторных занятий:

Непрерывные оптимальные планы. Последовательный симплексный метод. Метод эволюционного планирования Бокса. Вращаемое и случайное эволюционное планирование. Регрессионный анализ и критерий оптимальности регрессионных экспериментов. Непрерывные оптимальные планы. Статические планы. Свойства и методы построения точных оптимальных планов. Дискриминирующие эксперименты. Последовательный симплекс метод.

Тема 3. Анализ экспериментальных данных.

Содержание лабораторных занятий:

Обработка и представление результатов эксперимента. Дискриминирующие эксперименты. Обобщенные критерии оптимальности. Анализ экспериментальных данных с использованием статистических методов. Методы нахождения численных оценок характеристик. Подготовка и организация промышленного эксперимента.

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

Вопросы к рейтинг-контролю 1

1. Для чего предназначен эксперимент?
2. Определение опыта.
3. Что такое активный и пассивный эксперименты?
4. Определение плана эксперимента.
5. Какие факторы задаются в плане эксперимента?
6. Смысловое содержание дисперсионной модели.
7. Смысловое содержание регрессионной модели.
8. Что такое планирование эксперимента?
9. В чем состоит принцип отказа от полного перебора?
10. В чем состоит принцип последовательного планирования?

Вопросы к рейтинг-контролю 2

1. В чем состоит принцип сопоставления с шумом?
2. В чем состоит принцип рандомизации?
3. В чем состоит принцип оптимальности плана?
4. Цель планирования эксперимента.
5. Каким условиям должна удовлетворять информация, полученная в результате правильно спланированного эксперимента?
6. Как можно управлять эффективностью экспериментальных оценок?
7. Общий вид латинских квадратов.
8. Использование среднего квадратического отклонения для планирования объема эксперимента.
9. Использование доверительного интервала для планирования объема эксперимента.
10. Использование статистических критериев для планирования объема эксперимента.

Вопросы к рейтинг-контролю 3

1. Суть однофакторного эксперимента.
2. Типовая гипотеза однофакторного эксперимента.
3. Вид дисперсионной математической модели однофакторного эксперимента.
4. На какие составляющие разбивается дисперсия результатов однофакторного эксперимента?
5. Чем оценивается значимость исследуемого фактора?
6. Что такое полный факторный эксперимент?
7. Что такое полный план?
8. Суть двухфакторного эксперимента.
9. Типовая гипотеза двухфакторного эксперимента.
10. Вид дисперсионной математической модели двухфакторного эксперимента.

5.2. Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену

1. История появления планирования эксперимента.
2. Общие сведения о математической теории планирования эксперимента. Научный и промышленный эксперимент.
3. Требования, предъявляемые к результатам научной деятельности в целом.
4. Основные положения математической теории планирования эксперимента.
5. Виды моделей: концептуальные, структурные, математические.
6. Детерминированные и стохастические модели.
7. Иерархия и суперпозиция моделей.
8. Этапы проведения и анализа эксперимента.
9. Метод эволюционного планирования Бокса.
10. Факторное пространство. Требования, предъявляемые к факторам.
11. Факторное пространство. Требования, предъявляемые к совокупности факторов.
12. Математическая модель объекта исследования (черный ящик, функция отклика).
13. Полный факторный эксперимент. Основной уровень, шаг варьирования.
14. Основные свойства матрицы планирования.
15. Дисперсионный анализ результатов эксперимента.
16. Определение коэффициентов уравнения регрессии.
17. Эффекты взаимодействия.
18. Дробно-факторное планирование.
19. Неполные планы. Планы выборочного контроля.
20. Полу реплика 2^{3-1} . Определяющий контраст, эффект смешивания, генерирующее соотношение.
21. Полу реплика 2^{4-1} . Определяющий контраст, эффект смешивания, генерирующее соотношение.
22. Полу реплика 2^{5-1} . Определяющий контраст, эффект смешивания, генерирующее соотношение.
23. Реплика 2^{5-2} . Определяющий контраст, эффект смешивания, генерирующее соотношение.
24. Рандомизация.
25. Определение области экстремума. Движение по вектор-градиенту.
26. Ортогональное планирование второго порядка. Корректирование квадратичных переменных. Расчет коэффициентов.
27. Определение координат экстремальной точки.
28. Планирование эксперимента с качественными факторами.
29. Обобщенный параметр оптимизации.
30. Непрерывные оптимальные планы, статические методы.
31. D-оптимальные планы. Свойства и методы построения точных оптимальных планов.
32. Дискриминирующие эксперименты.
33. Последовательный симплекс метод.
34. Анализ экспериментальных данных с использованием статистических методов.
35. Подготовка и организация промышленного эксперимента.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Раздел 1. Аналитические численные методы в планировании экспериментов и инженерном анализе.

Тема 1. Принципы планирования эксперимента.

Содержание самостоятельных занятий:

- a) обработка результатов контроля параметров процесса. Вычисление статистических показателей, построение графиков, интерпретация;
- b) обработка результатов пассивного эксперимента, пошаговый алгоритм построения модели процесса, адекватность построения модели, оценка степени влияния различных факторов на контролируемый параметр;
- c) обработка фрагмента базы данных промышленного предприятия, изучение влияния факторов на качество продукции, разработка на основе анализа рекомендаций по технологии;
- d) разработка 6-ти факторного дробного плана эксперимента с учетом имеющихся ограничений и экспертных знаний;
- e) разработка 5-ти факторного дробного плана с репликацией.

Тема 2. Основные методы планирования.

Содержание самостоятельных занятий:

- a) статистическая обработка результатов 6-ти факторного промышленного эксперимента, ранжирование факторов по важности, оценка эффектов факторов, интерпретирование результатов;
- b) статистическая обработка эксперимента с репликами и центральными точками, подбор наиболее адекватной модели, описывающей результаты эксперимента;
- c) построение на основе эксперимента квадратичной модели и модели с эффектами взаимодействия, интерпретация эффектов взаимодействия;
- d) разработка рекомендаций на основе графического анализа результатов моделирования, анализ 3-х мерных графиков поверхности отклика и контурные графики;
- e) оптимальные уровни входных параметров процесса на основе результатов промышленного эксперимента, настройка функции желательности, разработка рекомендаций по улучшению технологии;
- f) разработка плана валидации разработанных рекомендаций по улучшению технологии, статистическая обработка валидационных испытаний.

Тема 3. Анализ экспериментальных данных.

Содержание самостоятельных занятий:

- a) разработка плана эксперимента по Тагучи для реальной задачи, различные сценарии доработки стандартных планов Тагучи под реальные потребности;
- b) статистическая обработка результатов эксперимента и нахождение оптимальных параметров процесса;
- c) разработка плана эксперимента на основе латинских и греко-латинских квадратов;
- d) разработка плана эксперимента для анализа большого количества факторов (более 20), выявление ключевых факторов;
- e) примеры экспериментов, в которых нужна нелинейная трансформация, определение способа нелинейной трансформации на основе метода Бокса-Кокса.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Наличие в электронном каталоге ЭБС	
Основная литература			
Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.В. Карманова. - 2-е изд., стер. - М. : ФЛИНТА, 2015.	2015	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976523036.html	
Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков ; под ред. В. А. Садовниченко. - 4-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015.	2015	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329809.html	
Численные методы [Электронный ресурс] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015. - (Классический университетский учебник).	2015	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326167.html	
Дополнительная литература			
Полякова, Н.С. Математическое моделирование и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : / Н.С. Полякова, Г.С. Дерябина, Х.Р. Федорчук. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2010. — 36 с.	2010	http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0010.html	
Голованов, А.Н. Планирование эксперимента. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ (Национальный исследовательский Томский государственный университет), 2011. — 76 с.	2011	http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44958	
Попов А.А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем [Электронный ресурс]: монография/ Попов А.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 296 с.	2013	http://www.iprbookshop.ru/45413	

6.2. Периодические издания

1. International Journal of Advanced Studies (Международный журнал перспективных исследований);
2. Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт;
3. Бюллетень результатов научных исследований;
4. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ);
5. Вестник СибАДИ;
6. Вестник транспорта Поволжья;
7. ДОРОГИ И МОСТЫ;
8. Мир транспорта;
9. Мир транспорта и технологических машин;
10. Наука и техника транспорта;
11. Научный информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление»;

6.3. Интернет-ресурсы

<http://www.studentlibrary.ru/>
<https://znanium.com/>
<http://www.iprbookshop.ru/>
<https://e.lanbook.com/>
<https://elibrary.ru/defaultx.asp>
<https://biblio-online.ru/>
<http://www.academia-moscow.ru/>
<https://vlsu.bibliotech.ru/>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий:

Аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющие выход в сеть «Интернет», а также оборудованные учебной мебелью (ауд. 323, 324, 325, учебный корпус № 2).

Компьютерный класс с комплексом программных средств, позволяющих каждому студенту разрабатывать программные реализации практических задач в ходе выполнения лабораторных и практических работ (ауд. 324, учебный корпус № 2).

Библиотека, имеющая рабочие места для студентов. Аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к сети «Интернет».

Рабочую программу составил доц. каф. АТБ Толков А.В. _____



Рецензент (представитель работодателя)

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»

(ВлГУ), Исполнительный директор НОЦ ОБДД ВлГУ, доцент:

Ермолаев Ю.Н. / _____ /



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТБ

Протокол № 21 от 28.06.2022 года.

Заведующий кафедрой Амирсейидов Ш.А. _____



Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления _____ 23.04.01 _____

Протокол № 4 от 28.06.2022 года.

Председатель комиссии Амирсейидов Ш.А. _____



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ Ш.А. Амирсейидов

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ Ш.А. Амирсейидов

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ Ш.А. Амирсейидов

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ Ш.А. Амирсейидов

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

Аналитические численные методы в планировании экспериментов и инженерном анализе
образовательной программы направления подготовки 23.04.01 Технология транспортных процессов, направленность: магистратура

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

Заведующий кафедрой _____ / Амирсейидов Ш.А. /