

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

А.В. Химченко

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебно-методическое пособие

Горловка

2018

УДК 001.5(078)

X 469

Рекомендовано к изданию решением учебно-методической комиссии факультета
«Дорожно-транспортный» Автомобильно-дорожного института ГОУВПО «Донецкий
национальный технический университет».

Протокол №5 16.05.2018

Рецензент:

Шилин И. В. — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автомобильные дороги и искусственные сооружения» АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»

Химченко, А.В.

X 469 Планирование эксперимента. Структура и содержание дисциплины : Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / А.В. Химченко. — Горловка: АДИ ГОУВПО «ДонНТУ», 2018. — 13 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для облегчения освоения студентами заочной формы обучения дисциплины «Планирование эксперимента». В результате самостоятельной работы, выполнения контрольной работы студенты получают практические навыки в планировании многофакторных экспериментов, составлении матрицы планирования, определения факторного пространства и т.д. Это позволит повысить уровень магистерских квалификационных работ и применять полученные знания в дальнейшей практической деятельности.

Пособие предназначено для студентов обучающихся по направлениям подготовки: 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 08.04.01 «Строительство» квалификационного уровня «магистр», специализирующихся в области автомобильного транспорта и дорожного строительства.

Текст изложен в авторской редакции.

УДК 001.5(078)

© Химченко А.В., 2018

© ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Автомобильно-дорожный институт, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Структура и содержание учебного материала дисциплины	6
2 Индивидуальная работа студентов и формирование индивидуального задания	9
3 Список рекомендуемой литературы	10
4 Контрольные вопросы для самоподготовки	11

ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения учебной дисциплины: изучение основ современной теории инженерного эксперимента: методы планирования автоматизации и оптимизации эксперимента, реализации эксперимента на практике, математической обработки опытных данных и анализ результатов активного эксперимента. Приобретение способности магистрантом самостоятельно выполнять экспериментальные исследования в лабораторных и промышленных условиях.

Задачами изучения дисциплины являются:

- изучение математических моделей планирования эксперимента;
- изучение принципов проектирования алгоритмов решения инженерных задач;
- изучение задачи поиска оптимальных условий эксперимента;
- изучение методов построения интерполяционных формул;
- изучение методов выбора существенных факторов эксперимента;
- изучение методов выбора параметров оптимизации.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Планирование эксперимента»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций :

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- способностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);
- способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-1);
- способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2);
- способностью разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты (ПК-17);
- способностью вести сбор, анализ и систематизацию информации по теме исследования, готовить научно-технические отчеты, обзоры публикаций по теме исследования (ПК-18);
- способностью разрабатывать физические и математические (в том числе компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности (ПК-19);
- готовностью к использованию знания конструкции и элементной базы транспортных и транспортно-технологических машин отрасли и применяемого при технической эксплуатации и сервисном обслуживании оборудования (ПК-30);

— готовностью к использованию знания рабочих процессов, принципов и особенностей работы транспортных и транспортно-технологических машин отрасли и применяемого при технической эксплуатации и сервисном обслуживании оборудования (ПК-31).

1 Структура и содержание учебного материала дисциплины

Таблица 1.1 — Содержание учебного материала дисциплины «Планирование эксперимента»

Виды учебных занятий	Всего		Семестр (очная / заочная формы)
	часов (оч- ная / заочная формы)	кредитов ECTS	
1	2	3	4
Общий объем часов по дисциплине, в том числе:	108/108	3/3	2/2
— аудиторные занятия	68/8	—	2/2
— самостоятельная работа	40/100	—	2/2
Аудиторные занятия, в том числе:			2/2
— лекции	34/4	—	2/2
— практические занятия	34/4	—	2/2
— лабораторные занятия	—	—	—
— практические занятия к выполнению курсового проекта (работы)	—	—	—
Самостоятельная работа, в том числе:		—	2/2
— подготовка к аудиторным занятиям	40/42	—	2/2
— выполнение курсового проекта	—	—	—
— выполнение расчётно-графических работ	—	—	—
— выполнение контрольной работы для заочной формы обучения	—	58	—
Промежуточная аттестации: экзамен	—	—	2/2
Материально-техническое обеспечение учебного процесса по дисциплине	для прочтения лекционного курса задействуются мультимедийная аудитория 1-201, 1-303, 1-324, для проведения практических занятий — компьютерный класс 1-213, лаборатория «Диагностики»		

Таблица 1.2 — Темы и структура лекционных занятий по дисциплине «Планирование эксперимента»

Номер темы	Название темы лекции	Объём лекции, ак. часов (очная / заочная формы)	Объём самостоятельной работы, ак. часов (очная / заочная формы)
1	2	3	4
1	Задачи и содержание курса. Основные понятия. Логическое обоснование планирования.	2/0,4	1/2
2	Выбор параметров оптимизации.	2/0,4	1/2
3	Выбор факторов. Методы отбора.	5/0,4	2/5

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
4	Планирование регрессионного эксперимента. Планирование первого порядка.	4/0,4	2/4
5	Обработка результатов эксперимента.	4/0,4	2/4
6	Дробный факторный эксперимент (ДФЭ) и насыщенные планы (симплекс-планы).	4/0,4	2/4
7	Планирование второго порядка.	2/0,4	1/2
8	Ортогональные центрально-композиционные планы. Рототабельные центральные композиционные планы.	3/0,4	1/3
9	Методы поиска оптимального решения. Метод Гаусса-Зейделя.	4/0,4	2/4
10	Метод случайного поиска. Метод градиента. Метод крутого восхождения.	4/0,4	2/4
Всего по лекционным занятиям		34/4	16/34

Таблица 1.3 — Темы и структура практических занятий по дисциплине «Планирование эксперимента»

Номер темы	Название темы практического занятия	Объем работы, ак. часов (очная / заочная формы)	Объем самостоятельной работы, ак. часов (очная / заочная формы)
1	2	3	4
1	Анализ, выбор и отбор факторов.	2/2	1/4
2	Определение области варьирования факторов. Знакомство с имитационной моделью. Проведение предварительных экспериментов. Выбор типа плана эксперимента.	6/2	3/4
3	Кодирование факторов. Знакомство с имитационной моделью. Построение матрицы планирования эксперимента. Определение последовательности проведения опытов.	2/0	2/0
4	Подготовка и проведение эксперимента.	10/0	8/0
5	Обработка результатов эксперимента. Проведение дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа.	8/0	6/0
6	Построение поверхности отклика. Поиск оптимальных значений.	6/0	4/0
Всего по практическим занятиям		34/4	24/8

Таблица 1.4 — Темы и структура контрольных работ по дисциплине
«Планирование эксперимента»

Номер темы	Наименование видов работ при выполнении контрольной работы	Объем работы, ак. часов (очная / заочная формы)	Объем самостоятельной работы, ак. часов (очная / заочная формы)
1	2	3	4
1	Планирование и проведение численного эксперимента. В соответствии с индивидуальным заданием определить область варьирования факторов. Построить матрицу планирования эксперимента. Определить последовательность проведения опытов. Выполнить эксперимент в соответствии с планом. Выполнить обработку результатов эксперимента. Получить математическую модель	0/58	0/58
Всего по контрольной работе		0/58	0/58
Вид занятия не предусмотрен учебным планом			

2 Индивидуальная работа студентов и формирование индивидуального задания

Освоение вопросов связанных с планированием и проведением эксперимента, обработкой экспериментальных данных может быть эффективным только в случае, если студент самостоятельно выполнит работу. Проведение натурального эксперимента в ряде технических отраслей знаний практически невозможно. С точки зрения учебного процесса это может быть, кроме того, достаточно дорого. Однако, подобные задачи можно решать с помощью имитационного моделирования и проведения численного эксперимента.

Студенты, изучающие дисциплину в Автомобильно-дорожном институте «Донецкого национального технического университета», выполняют численный эксперимент индивидуально в аудиториях института на имитационной модели подвески колеса автомобиля, оснащённой имитацией проверки на стенде типа BOSCH SDL-260.

Имитационная модель также имитирует суммарную ошибку определения сцепления колеса с дорогой по нормальному закону распределения. Это позволяет применять методы статистической обработки результатов измерений аналогично натурному эксперименту.

Индивидуальное задание выдаётся преподавателем и формируется случайным образом с учётом индивидуальных данных студента: фамилией и инициалами, группой, номером зачётной книжки, временем формирования задания. Повторение задания с высокой долей вероятности невозможно.

При выполнении контрольной работы студент заочной формы обучения должен выполнить следующие задачи:

- на основе индивидуального задания определить примерный диапазон варьирования факторов;
- сформировать план проведения эксперимента;
- определить натуральные значения факторов при проведении отдельных опытов;
- определить порядок проведения опытов для каждого эксперимента на основе генерации случайных последовательностей чисел;
- провести численный эксперимент;
- выполнить статистическую обработку экспериментальных данных: оценку воспроизводимости опытов, оценку значимости коэффициентов уравнения регрессии, проверку адекватности математической модели;
- перевести полученную математическую модель к натуральным значениям факторов;
- проанализировать влияние факторов на работу подвески.

3 Список рекомендуемой литературы

К изучению дисциплины предлагается следующий список рекомендуемой литературы:

Основная литература:

1. *Афанасьева Н. Ю.* Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : учебное пособие. — Москва : КноРус, 2020. — 330 с. — ISBN 978-5-406-07799-3. — URL: <https://book.ru/book/934042>.
2. *Аленкова И. В.* Основы инженерного эксперимента в инновационной сфере : учебное пособие. — Русайнс, 2018. — 72 с. — ISBN 978-5-4365-2531-0. — URL: <https://book.ru/book/929608>.
3. *Химченко А. В., Мищенко Н. И., Быков В. В.* Планирование эксперимента [Электронный ресурс] : практикум. — Горловка : АДИ ГОУВПО «ДонНТУ», 2018. — 53 с. — URL: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/34581>.

Дополнительная литература:

1. *Власов В. М., Богумил В. Н., Ефименко Д.Б. Конин И. В.* Основы организации научно-исследовательской работы в области телематики на автомобильном транспорте : учебное пособие. — М. : МАДИ, 2015. — 112 с. — URL: <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel15E300.pdf>.
2. *Монтгомери Д. К.* Планирование эксперимента и анализ данных. — Ленинград : Судостроение, 1980. — 384 с.
3. *Джонсон Н., Лион Ф.* Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных : Пер. с англ. / под ред. Э. К. Лецкого. — Москва : Мир, 1980. — 611 с.
4. *Адлер Ю. П., Маркова Е., Грановский Ю. В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — 2-е перераб. и доп. — М. : Наука, 1976. — 279 с.
5. *Демич М.* Научне методе и технички развој. — Крагујевац : СЗР Графички центар (ИП) ИнтерПринт Крагујевац, 2011. — 299 с. — URL: <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16E406.pdf>.
6. *Сидняев Н., Вилисова Н.* Введение в теорию планирования эксперимента : Учебн. пособие. — М. : Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 463 с.
7. *Пахомов Ю. П.* Основы научных исследований и испытаний тепловых двигателей : учебн. — М. : ТрансЛит, 2009. — 432 с.
8. *Налимов В. В.* Теория эксперимента. — М. : Наука, 1971.

4 Контрольные вопросы для самоподготовки

Для проведения промежуточной аттестации студента в виде семестрового контроля в процессе зачетно-экзаменационной сессии предлагается следующий перечень вопросов:

1. Основные понятия. Цели и задачи планирования эксперимента
2. Поверхность отклика.
3. Логические основания планирования эксперимента.
4. Параметр оптимизации. Типы.
5. Область определения параметра оптимизации.
6. Требования к параметрам оптимизации.
7. Требования к факторам.
8. Формализация отбора факторов.
9. Ранжирование факторов.
10. Методы отсеивания факторов. Насыщенность планов.
11. Планы Плэкетта—Бермана.
12. Метод «перевала».
13. Метод случайного баланса.
14. Отличия в планировании эксперимента на разных этапах исследования.
15. Планирование первого порядка.
16. Виды планов первого порядка.
17. Выбор уровней варьирования факторов и основного уровня.
18. Полный факторный эксперимент.
19. Приемы построения матрицы ПФЭ.
20. Свойства матрицы ПФЭ.
21. Статистический анализ. Оценка ошибок параллельных опытов.
22. Статистический анализ. Отсеивание грубых ошибок.
23. Проверка однородности дисперсий (воспроизводимость) опытов.
24. Дисперсия воспроизводимости эксперимента.
25. Определение коэффициентов регрессионной модели и проверка их значимости.
26. Проверка адекватности и работоспособности регрессионной модели.
27. Коэффициент детерминации.
28. Способы повышения точности полинома, сформированного на основе плана ПФЭ 2^k .
29. Дробный факторный эксперимент (ДФЭ).
30. Обоснование применения ДФЭ.
31. Смешивание эффектов при ДФЭ.
32. Насыщенный план (симплекс-план).
33. Планирование второго порядка.
34. Виды планов второго порядка.
35. Область планирования для планов второго порядка.

36. Ортогональные центрально-композиционные планы.
37. Получение уравнения регрессии при ОЦКП.
38. Метод Зайделя–Гаусса.
39. Метод сканирования.
40. Метод случайного поиска.
41. Метод градиента.
42. Метод крутого восхождения (метод Бокса-Уилсона).
43. Метод последовательного симплекс-планирования.
44. Метод ускоренного симплекс-планирования.
45. Дискретное (целочисленное) симплекс-планирование.

ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**
Учебно-методическое пособие

Химченко Аркадий Васильевич

Компьютерная вёрстка в Л^AT_EX Химченко А. В.

Подписано к изданию 16.05.2018 г. Гарнитура Computer Modern.
Объем издания 242,9 Кбайт, авт. л. 0,51.

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донецкий национальный технический университет»
Автомобильно-дорожный институт
284646, ДНР г. Горловка, ул. Кирова, 51
E-mail: hiav@adidonntu.ru

Свидетельство о государственной регистрации ДНР
серия АА03 № 029192 от 7 апреля 2016 г.