

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)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
 по образовательной деятельности



А.А.Панфилов

« 03 » 09 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 «ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА»**

Направление подготовки - 15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль/программа подготовки - Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения - очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачеты с оценкой)
2	3/108		36		72	зачет
Итого	3/108		36		72	зачет

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Планирование эксперимента» - изучение основ современной теории инженерного эксперимента: методы планирования, реализация на практике, математической обработки опытных данных и анализ результатов активного эксперимента. Приобретение способности магистрантом самостоятельно выполнять экспериментальные исследования в лабораторных и промышленных условиях.

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Планирование эксперимента» к базовой части учебного плана.

Пререквизиты дисциплины: «Математическое моделирование», «Пакеты математического моделирования», «Принципы и методы разработки инновационных технических решений».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-16	частичное освоение	знать: основы математической статистики и методы обработки экспериментальных данных, теоретические основы планирования экспериментов; основные свойства планов и моделей; методы расчета параметров математической модели объекта исследований, оценку их значимости, а также адекватности полученной модели; методы поиска оптимальных условий и экстремума функции отклика; уметь: обоснованно выбирать план эксперимента для построения математической модели процесса; осуществлять статистическую обработку результатов опытов (оценка воспроизводимости опытов, значимость коэффициентов регрессии, оценка адекватности математической модели); осуществлять оптимизацию эксперимента; владеть: дисперсионным анализом; регрессионным анализом; корреляционным анализом; методами оптимизации эксперимента.
ПК-17	частичное освоение	знать: основы и области применения теории планирования научного эксперимента; уметь: реализовывать математические методы планирования научных экспериментов; выполнять оптимальное планирование научных экспериментов с использованием различных современных подходов; делать теоретические выводы, вести математическую обработку и анализировать получаемые результаты; владеть: способностью применения полученных теоретических знаний и практических навыков при проведении экспериментальных исследований в АСУ ТП.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем 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, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение. Основные понятия и принципы планирования	2	1-3		6		12	3/50	
2	Корреляционный и регрессионный анализ	2	4-6		6		12	3/50	Рейтинг контроль № 1
3	Выбор оптимального плана. Критерии оптимального плана	2	7-9		6		12	3/50	
4	Планы многофакторных экспериментов	2	10-12		6		12	3/50	Рейтинг контроль № 2
5	Планы поиска экстремума функции отклика	2	13-15		6		12	3/50	
6	Методы оптимизации многофакторных объектов	2	16-18		6		12	3/50	Рейтинг контроль № 3
Всего за 2 семестр:					36		72	18/50	зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине					36		72	18/50	зачет

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Введение. Основные понятия и принципы планирования.

Содержание практических занятий. Общие закономерности проведения эксперимента. Основные типовые задачи, решаемые при проведении эксперимента. Основные понятия теории планирования эксперимента: Объект исследования, виды входных и выходных переменных, факторы, факторное пространство. Опыт. Эксперимент. План эксперимента как совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов.

Тема 2 Корреляционный и регрессионный анализ

Содержание практических занятий. Выборочный коэффициент корреляции. Линейная регрессия. Простейшие случаи нелинейной корреляции. Метод наименьших квадратов. Расчет коэффициентов уравнения регрессии. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Проверка адекватности математической модели объекта исследования.

Тема 3 Выбор оптимального плана. Критерии оптимального плана

Содержание практических занятий. Разновидности планов эксперимента. Основы построения математических моделей планов экспериментов. Критерии оптимальности, связанные с точностью оценок коэффициентов уравнения регрессии. Критерии оптимальности, связанные с точностью получения оценок отклика.

Тема 4 Планы многофакторных экспериментов

Содержание практических занятий. Полный факторный план (ПФП) и его характеристика. Составление ПФП эксперимента. Организация проведения эксперимента по ПФП, обработка и анализ его результатов. Дробный факторный план (ДФП). ДФП для моделей с взаимодействием. Организация проведения эксперимента по ДФП, обработка и анализ его результатов. Ротационное планирование. Составление плана эксперимента второго порядка, обработка и анализ его результатов.

Тема 5. Планы поиска экстремума функции отклика
Содержание практических занятий. Постановка задачи оптимизации. Методы оптимизации однофакторных объектов. Особенности планирования при оптимизации сложных объектов. Понятие о методах условной оптимизации.

Тема 6. Методы оптимизации многофакторных объектов
Содержание практических занятий. Последовательные методы поиска оптимальных решений. Метод Гаусса-Зейделя. Метод случайного поиска. Метод градиента. Метод крутого восхождения (метод Бокса-Уилсона). Симплексный метод оптимизации объектов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Планирование эксперимента» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (тема № 4-6);
- Анализ ситуаций (тема № 2, 3);
- Разбор конкретных ситуаций (тема № 1).

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

Текущий контроль успеваемости

Вопросы к рейтинг-контролю № 1

1. Для проверки гипотезы о равенстве двух выборочных средних значений случайной величины, имеющей гауссовский закон распределения, используется:

- а) критерий Стьюдента;
- б) критерий Фишера;
- в) критерий Кохрена;
- г) критерий Пирсона.

2. При гауссовском законе распределения случайной величины для проверки гипотезы о равенстве двух дисперсий одной и той же случайной величины, в качестве критерия значимости используется:

- а) критерий Стьюдента;
- б) критерий Фишера;
- в) критерий Кохрена;
- г) критерий Пирсона.

3. Для проверки однородности дисперсии полученных экспериментальных значений используют:

- а) критерий Стьюдента;
- б) критерий Фишера;
- в) критерий Кохрена;
- г) критерий Пирсона.

4. Соответствие экспериментального распределения случайной величины предполагаемому теоретическому закону распределения оценивается с помощью:

- а) критерий Стьюдента;
- б) критерий Фишера;
- в) критерий Кохрена;
- г) критерий Пирсона.

5. Из множества факторов, влияющих на рассеяние выходной величины Y , выбирается один, который, по мнению исследователя, имеет наибольшее влияние на это рассеяние.

Чтобы выявить эффект исследуемого фактора, его делят на несколько четко делимых уровней, а остальные факторы рандомизируют. Это–

- а) однофакторный дисперсионный анализ;
- б) двухфакторный дисперсионный анализ;

в) трехфакторный дисперсионный анализ.

6. Если $F_{расч} < F_{кр}$, то делается вывод о том, что:

а) результаты эксперимента не противоречат гипотезе об отсутствии эффекта уровней исследуемого фактора;

б) исследуемый фактор вносит существенный эффект в разброс выходной величины Y .

7. Построение плана эксперимента по типу латинского квадрата –

а) однофакторный дисперсионный анализ;

б) двухфакторный дисперсионный анализ;

в) трехфакторный дисперсионный анализ.

8. Метод выявления наиболее существенных факторов исследуемого процесса, основанный на опросе специалистов, работающих в этой области:

а) метод ранговой корреляции;

б) дисперсионный анализ;

в) методы насыщенных и сверх насыщенных планов.

9. Для проверки согласованности мнений специалистов вычисляют

а) коэффициент конкордации;

б) критерий Стьюдента;

в) коэффициент Фишера.

10. Для первоначального построения «грубой модели» исследуемого процесса, отбросив на первом этапе факторы, оказывающее незначительное влияние, используют:

а) метод ранговой корреляции;

б) дисперсионный анализ;

в) методы насыщенных и сверх насыщенных планов.

11. Напишите формулы для определения:

математического ожидания

дисперсии

среднего квадратического отклонения

12. Что такое статистическая гипотеза и на основании чего ее можно принять или отвергнуть?

13. Каковы условия применения метода случайного баланса и почему они не мешают широкому использованию этого метода при исследовании технологических процессов?

14. Какова общая стратегия исследования при определении факторов, влияющих на процесс? 15. Что означает понятие «число степеней свободы»?

Вопросы к рейтинг-контролю № 2

1. Что такое активный эксперимент?

2. Что называется полным дробным экспериментом?

3. Как выбираются факторы планирования, их основные (базовые) уровни и интервалы варьирования?

4. Указать порядок проведения эксперимента методом ПФЭ.

5. Как составляется матрица планирования ПФЭ?

6. Как выбрать центр плана эксперимента?

7. Чем определяется величина интервала варьирования фактора?

8. Почему необходимо проведение параллельных опытов и их рандомизация?

9. Как зависит число уровней варьируемых факторов от порядка имитационной модели, представленной в виде полинома?

10. В чем заключается смысл разработки математической модели по принципу «от простого – к сложному»?

11. Каков порядок статистической обработки и анализа результатов эксперимента?

12. При каких условиях не соблюдается требование воспроизводимости эксперимента и как следует поступить в этом случае?

13. Как проверить значимость оценок коэффициентов регрессии?

14. Поясните различие применения критерия Стьюдента для оценки выборочных средних значений случайной величины и оценки значимости коэффициента полинома.

15. При каких условиях оценки коэффициентов регрессии незначимы и как эти условия устранить?

16. Как проверить адекватность математической модели?

17. При каких условиях не соблюдается требование адекватности математической модели и как следует поступить в этом случае?
18. Что называется дробным факторным экспериментом?
19. В каких случаях возможно планирование ДФЭ?
20. Как можно оценить разрешающую способность матрицы ДФЭ?
21. Что такое генерирующее соотношение и как оно выбирается?
22. Что такое определяющий контраст и как с его помощью составляется система совместных оценок?
23. Указать преимущества факторного планирования эксперимента перед другими способами проведения активного эксперимента и пассивным экспериментом?
24. Когда и для чего используется ЦКП и в чем его отличие от планирования ПФЭ и ДФЭ?
25. Что является критерием оптимальности плана при ЦКОП и ЦКРП?
26. Как достигается ортогональность матрицы планирования при ЦКОП?
27. Почему при рототабельном планировании можно не проводить параллельных опытов?
28. В чем преимущество рототабельного планирования перед ортогональным и как оно достигается?
29. Каков порядок обработки результатов ЦКОП?
30. Каков порядок обработки результатов ЦКРП?

Вопросы к рейтинг-контролю № 3

1. Назовите основные отличия активного и пассивного экспериментов, их преимущества и недостатки.
2. Назначение и порядок проведения регрессионного анализа
3. Назначение и порядок проведения факторного анализа
4. Назначение и порядок проведения метода главных компонент
5. Какой метод ориентирован на корреляционную связь исследуемых параметров процесса?
6. Какой метод ориентирован на дисперсию?
7. Каков порядок проведения пассивного эксперимента в производственных условиях?
8. Виды производственных погрешностей.
9. Причины возникновения погрешностей при производстве ЭС
10. Как определяется систематическая погрешность?
11. Как определить случайную составляющую погрешности?
12. Как формулируется задача оптимизации?
13. В чем заключается основная идея и процедура обычного градиентного метода?
14. В чем заключается основная идея и процедура метода Кифера-Вольфовица?
15. В чем заключается основная идея и процедура симплексного метода?
16. В чем заключается основная идея и процедура метода крутого восхождения (Бокса-Уилсона)?
17. В чем состоит роль мысленных опытов и как они проводятся?
18. Как выполняется статистический анализ результатов в методе крутого восхождения?
19. Как выполняется оптимизация при многоэкстремальной поверхности отклика?
20. Что служит критерием для выбора начальной точки исследования?
21. Что служит критерием для выбора интервала варьирования для каждого фактора?

Промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Вопросы к зачету

1. В чем суть планирования эксперимента
2. Различие научного и промышленного эксперимента
3. Основные виды задач, решаемых в планировании эксперимента
4. Понятие плана эксперимента, матрицы планирования, спектра плана
5. Этапы планирования эксперимента
6. Основные концепции современного подхода к организации эксперимента
7. Понятие фактора. Требования к факторам
8. Отклик системы, параметр оптимизации
9. Чем отличаются пассивные и активные эксперименты
10. Чем характеризуется объект исследования? Дайте определение факторному пространству.
11. Что образует план эксперимента?

12. Что называется спектром плана?
13. Что такое регрессионные полиномы и где они применяются;
14. Перечислите условия необходимые для определения коэффициентов регрессии;
15. Процедура определения локальной области факторного пространства
16. Что называется полным факторным экспериментом
17. Приемы построения матрицы планирования ПФЭ
18. Свойства матрицы планирования ПФЭ
19. Зачем в матрицу планирования вводят x_0 ?
20. Смешанные оценки в ПФЭ
21. Оценка эффектов взаимодействия в ПФЭ
22. Дробный факторный эксперимент и принцип насыщения
23. Опишите план нахождения построчной дисперсии выходной величины
24. Для чего нужно расчетное значение коэффициента Кохрена и как он находится;
25. Что такое критерий Стьюдента и где он используется;
26. Для чего оценивают, насколько отличаются средние значения y_i выходной величины, полученной в точках факторного пространства, и значения y_i , полученного из уравнения регрессии в тех же точках факторного пространства. Чем определяется F- критерий Фишера и как его применяют.
27. Чем обеспечивается ортогональность столбцов матрицы F численных значений базисных функций.
28. Определение ОЦКП. Каким образом для ОЦКП выбирается числовое значение α (звездного плеча).
29. Объясните, почему точность оценки коэффициентов регрессии для ОЦКП для разных групп неодинакова.
30. Условие наличия свойства ротатабельности у ЦКП второго порядка.
31. В чем отличие РЦКП от ОЦКП
32. Являются ли оценки коэффициентов для РЦКП независимыми
33. Что такое симплекс, какой симплекс называется регулярным
34. Опишите алгоритм перемещения симплекса
35. Способы задания симплекса
36. Основная задача, решаемая симплекс планированием

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Пример заданий на контрольную работу

Цель выполнения контрольных работ – приобретение навыков составления планов, обработки и анализа результатов экспериментов.

На основании полного факторного плана (ПФП) эксперимента проведено исследование влияния трех факторов X_1, X_2, X_3 на отклик $y = f(X_1, X_2, X_3)$, где X_j - нормированные значения факторов. Определены уровни факторов, определены интервалы варьирования. В каждой очке ПФП проведено по пять дублирующих опыта. Результаты откликов опытов занесены в таблицу, откуда студенты получают данные для обработки согласно варианту в списке журнала.

1. Построить матрицу-таблицу плана эксперимента.
2. Пояснить организацию проведения эксперимента. Указать реальные значения факторов в точка плана эксперимента.
3. Выяснить оценки дисперсии отклика в точках плана и проверить их однородность.
4. Найти математическую модель объекта исследования в виде линейного полинома с учетом возможность взаимодействий между факторами.
5. Оценить значимость коэффициентов уравнения регрессии.
6. Проверить адекватность полученной модели.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Степанов, П.Е. Планирование эксперимента : учебно-методическое пособие / П.Е. Степанов. — Москва : МИСИС, 2017. — 22 с.	2017		https://e.lanbook.com/book/108113
2. Моисеев, Н.Г. Теория планирования и обработки эксперимента : учебное пособие / Н.Г. Моисеев, Ю.В. Захаров. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2018. — 124 с. — ISBN 978-5-8158-2010-4. —	2018		https://e.lanbook.com/book/111708
3. Адлер, Ю.П. Введение в планирование экспериментов : учебное пособие / Ю.П. Адлер. — Москва : МИСИС, 2014. — 36 с. — ISBN 978-5-87623-770-5.	2014		https://e.lanbook.com/book/69763
Дополнительная литература			
1. Сафин, Р.Г. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Г. Сафин, А.И. Иванов, Н.Ф. Тимербаев. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013.	2013		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214122.html
2. Карманов, Ф.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Лабораторный практикум с использованием пакета MathCad [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Ф.И. Карманов, В.А. Острейковский. - М. : Абрис, 2012.	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200599.html
Основы научных исследований [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Кожухар В.М. - М. : Дашков и К, 2012.	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394017117.html

7.2. Периодические издания журнал «Приборы и техника эксперимента» ISSN (PRINT): 0032-8162

7.3. Интернет-ресурсы «ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения» <http://docs.cntd.ru/document/1200009493>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические работы проводятся в компьютерном классе кафедры АМиР 1146-2.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения - офисная программа Excel, пакет математического моделирования MathCad

Рабочую программу составил доцент кафедры АМиР Кирилина А.Н. Кирилина А.Н.

Рецензент (представитель работодателя)
зав. сектором ФГУП ГНПП «Крона», к.т.н. Черкасов Ю.В. Черкасов Ю.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АМиР
Протокол № 2 от 03.09. 2019 года
Заведующий кафедрой АМиР Коростелев В.Ф. Коростелев В.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 15.04.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»
Протокол № 2 от 03.09. 2019 года
Председатель комиссии Коростелев В.Ф. Коростелев В.Ф.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
«ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА»**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.20 года

Заведующий кафедрой В.Т. Коросенев

Рабочая программа одобрена на 2021/22 учебный год

Протокол заседания кафедры № 2 от 14.09.21 года

Заведующий кафедрой В.Т. Коросенев

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

