

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АГРАРНЫЙ ИНСТИТУТ



УТВЕРЖДАЮ
Исполнительный директор
программы развития,
руководитель научно-
исследовательской политики
Г.Н. Суворов
«25» 2026 г.

АКТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рабочая программа для обучающихся
по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование
для агропромышленного комплекса
форма обучения (очная)
(для 2025 года поступления)

Устинов Н.Н. Активное планирование экспериментальных исследований. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, форма обучения (очная). Тюмень, 2026.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГТ (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951).

Рабочая программа дисциплины Активное планирование экспериментальных исследований опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>

© Тюменский государственный университет, 2026.

© Устинов Н.Н., 2026.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина предназначена для формирования у аспирантов научно-методической базы в области применения планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных. Программа направлена на развитие аналитического мышления, навыков работы с экспериментальными данными, выбора оптимальных алгоритмов обработки информации и применения цифровых инструментов.

Цели дисциплины: сформировать у аспиранта системное понимание принципов и методов активного планирования экспериментов, чтобы он мог осознанно проектировать исследования в своей технической области.

Задачи:

Ознакомить с базовыми понятиями: фактор, уровень фактора, параметр оптимизации, функция отклика, план эксперимента, ортогональность, рототабельность.

Изучить отличия активного эксперимента (когда исследователь сам задаёт уровни факторов) от пассивного (когда он лишь регистрирует данные) и обосновать, в каких случаях какой подход целесообразен.

Освоить конкретные типы планов: полные и дробные факторные планы, планы первого и второго порядка, композиционные, ротационные.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

ПК-1 - способность осуществлять комплексное научное исследование в области технологий, машин и оборудования для АПК, включая постановку цели, выбор методов, проведение экспериментов, анализ и обобщение результатов;

ПК-2 - способность исследовать технологии и технические средства механизации и технического обслуживания, применять современные методы повышения и оценки качества, надежности и эффективности использования отдельных агрегатов, оборудования и поточных линий в агропромышленном комплексе;

ПК-3 - способность представлять и внедрять результаты научных исследований в практику агропромышленного производства, оформлять научные публикации, патенты и отчеты, участвовать в экспертной и нормативно-методической деятельности.

3. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4 семестр (для 2025 г.п.)
Общий объем зач. ед. час	3	3
	108	108
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	22	22
Лекции	12	12
Практические занятия	10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	50	50
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Диф.зачет 36

4. Система оценивания

Оценивание осуществляется по 100-балльной шкале. Текущий контроль включает выполнение расчетных заданий на практических занятиях, подготовку отчетов по

обработке экспериментальных данных, работу с программным обеспечением и участие в аналитических обсуждениях. Промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) проводится в форме устного собеседования с защитой расчетно-аналитического проекта или комплексной задачи по обработке данных. Баллы за текущий контроль учитываются при выставлении итоговой оценки. Итоговая оценка - по 5-балльной шкале. Критерии оценки сформированности ПК соответствуют утвержденным фондам оценочных средств ТюмГУ.

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контакт- ной работы
			Лекции	Практи- ческие занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1.	Тема 1. Основы теории планирования эксперимента. Пассивный и активный эксперимент.	6	4	2	0	0
2.	Тема 2. Планы первого порядка. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) и дробный факторный эксперимент (ДФЭ).	8	4	4	0	0
3.	Тема 3. Планы второго порядка. Роттабельные и ортогональные композиционные планы (КОП).	4	2	2	0	0
4.	Тема 4. Математическая обработка результатов и оптимизация. Построение регрессионных моделей.	4	2	2	0	0
5.	Дифференцированный зачет	36	0	0	0	36
	Итого (часов)	58	12	10	0	36

5.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Основы теории планирования эксперимента. Пассивный vs активный эксперимент.

Цели и задачи активного планирования. Принципиальное отличие активного эксперимента от пассивного наблюдения. Рандомизация, репликация и блокирование как базовые принципы. Области применения (технология, сельское хозяйство, инженерия, биостатистика). Понятие факторного пространства, отклика, уровней факторов и интервалов варьирования.

Практическое занятие: Выбор значимых факторов и обоснование интервалов варьирования для конкретной технологической задачи (например, оптимизация

урожайности или прочности материала) с составлением протокола предварительного пассивного наблюдения.

Тема 2. Планы первого порядка. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) и дробный факторный эксперимент (ДФЭ).

Полный факторный эксперимент типа 2^k . Свойства ортогональности, симметричности и нормировки. Матрица планирования и эффекты взаимодействий. Дробные реплики (половинные, четвертные). Разрешающая способность планов. Построение планов типа 2^{k-r} . Насыщенные планы (Плакett-Берман).

Практическое занятие: Построение матрицы планирования для полнофакторного эксперимента типа 2^3 , вычисление всех главных эффектов и эффектов взаимодействий, а также сокращение числа опытов путем построения дробной реплики 2^{3-1} с указанием генерирующих соотношений.

Тема 3. Планы второго порядка. Рототабельные и ортогональные композиционные планы (КОП).

Центральный композиционный рототабельный план (ЦКРП). Центральный композиционный ортогональный план. Выбор звездного плеча (α). Ядро плана и добавление звездных точек. Планы Бокса-Бенкена (Box-Behnken) как альтернатива композиционным. Критерии оптимальности (D-, A-, G-оптимальность).

Практическое занятие: Составление рототабельного композиционного плана для трёх факторов с расчетом звездного плеча α , проведение «мысленного» эксперимента, расчет коэффициентов квадратичной регрессии и переход от кодированных к натуральным

Тема 4. Математическая обработка результатов и оптимизация. Построение регрессионных моделей.

Оценка коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов (МНК). Проверка значимости коэффициентов (критерий Стьюдента). Проверка адекватности модели (критерий Фишера, критерий Кохрена для однородности дисперсий). Интерпретация поверхности отклика. Метод крутого восхождения (метод Бокса-Уилсона) для поиска оптимума. Использование дисперсионного анализа (ANOVA) в активном планировании

Практическое занятие: Проверка однородности дисперсий по критерию Кохрена, оценка значимости коэффициентов модели по t-критерию, проведение дисперсионного анализа адекватности модели и реализация одного шага крутого восхождения к условной точке оптимума с интерпретацией полученного уравнения регрессии.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Тема 1. Основы теории планирования эксперимента. Пассивный и активный эксперимент.	Реферат: Изучение теоретических основ планирования эксперимента. Требования: использование не менее 7 источников, оформление по ГОСТ.
2	Тема 2. Планы первого порядка. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) и дробный факторный эксперимент (ДФЭ).	Проведение эксперимента по плану первого порядка. Требования: наличие имитационной модели процесса или экспериментальной установки.
3	Тема 3. Планы второго порядка. Рототабельные и	Проведение эксперимента по плану второго порядка. Требования: наличие имитационной

	ортогональные композиционные планы (КОП).	модели процесса или экспериментальной установки.
4	Тема 4. Математическая обработка результатов и оптимизация. Построение регрессионных моделей.	Выполнение математической обработки экспериментальных данных. Требования: экспериментальные данные.
5	Дифференцированный зачет	Устные ответы на вопросы дифференциального зачета

7. Промежуточная аттестация по дисциплине

7.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Форма проведения: дифференцированный зачет (устное собеседование с защитой расчетно-аналитического проекта).

Примерные вопросы к зачету:

- Виды и характеристики планов второго порядка;
- Методы оценки случайных погрешностей в измерениях;
- Дисперсионный анализ;
- Условия ортогональности;
- Ковариации и коэффициенты корреляции.

Промежуточная аттестация проверяет сформированность заявленных компетенций.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

1. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 495 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05070-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/559620> (дата обращения: 21.06.2026).

2. Берикашвили, Валерий Шалвович. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы: учебное пособие для вузов / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. — 2-е изд., испр. и доп. — Электрон. дан. — Москва: Юрайт, 2022. — 164 с. — (Высшее образование). — URL: <https://urait.ru/bcode/493106> (дата обращения: 21.06.2026).

8.2. Дополнительная литература:

1. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 495 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05070-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510480> (дата обращения: 21.06.2026).

2. Порсев, Е. Г. Организация и планирование экспериментов : учебное пособие / Е. Г. Порсев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 155 с. — ISBN 978-5-7782-1461-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45415.html> (дата обращения: 21.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Статистическая обработка экспериментальных данных. Язык R в задачах планирования эксперимента : учебное пособие / А. С. Тарасов, И. А. Орлова, Е. С. Геращенко [и др.]. — Рязань : Bookjet, 2018. — 32 с. — ISBN 978-5-6041320-6-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121854.html> (дата обращения: 21.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

8.3. Интернет-ресурсы:

1. Электронная библиотека ТюмГУ: <https://lib.utmn.ru>
2. Научная электронная библиотека eLibrary.ru
3. Портал «Сельскохозяйственные технологии»: <https://cyberleninka.ru>
4. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ: <https://mcx.gov.ru>
5. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт): <https://rstandard.gov.ru>
6. База патентов ФИПС: <https://fips.ru>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- Лицензионное ПО: Microsoft Office, Mathcad, MATLAB, системы автоматизированного проектирования, LMS ТюмГУ.
- ПО, находящееся в свободном доступе: Python (библиотеки NumPy, SciPy, Pandas, Matplotlib), R, LibreOffice Calc, Zotero/Mendeley, Jupyter Notebook.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные аудитории для проведения лекций и практических занятий, оснащенные мультимедийным оборудованием.
- Компьютерные классы с установленным специализированным математическим и инженерным ПО, доступом к интернету и образовательным платформам.
- Серверные мощности для хранения и обработки экспериментальных данных (при наличии).

11. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями здоровья

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ОВЗ (по заявлению обучающегося) могут предлагаться варианты восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

- методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы (структура, объем, критерии оценки);
- методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям (алгоритмы расчетов, требования к оформлению отчетов, примеры кода);
- методические рекомендации по подготовке к дифференцированному зачету (структура ответа, критерии оценки компетенций, требования к защите расчетно-аналитического проекта).