

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Инженерно-технологический институт
Кафедра Технических систем в АПК

«Утверждаю»
И.о. заведующего кафедрой

_____ А.В.Ставицкий
«27» Февраля 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Активное планирование экспериментальных исследований

для группы научных специальностей 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии
научная специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения: *очная*

Тюмень, 2025

При разработке рабочей программы учебной дисциплины (модуля) в основу положены:

1) Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиями их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденные Министерством науки и высшего образования РФ от «20» октября 2021 г. № 951.

2) Учебный план основной образовательной программы научная специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, одобрен Ученым советом ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья от «27» февраля 2025 г. Протокол №9.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена на заседании кафедры Технические системы в АПК от «17» февраля 2025 г. Протокол № 5.

И.о.заведующего кафедрой



А.В.Ставицкий

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена методической комиссией института от «27» февраля 2025г. Протокол № 6

Председатель методической комиссии института



С.М. Каюгина

Разработчики:

Ставицкий А.В., доцент кафедры технических систем в АПК, к.т.н.

Устинов Н.Н. директор ИТИ, к.т.н.

Директор института:



Н.Н. Устинов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

3) Код результата	Результаты освоения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Р-7	Способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать результаты	Знать: методы и приёмы активного планирования экспериментальных исследований Уметь: использовать способы и средства получения, хранения, переработки информации; анализировать результаты исследований. Владеть: методами, программными и техническими средствами совершенствования теории, технологии и технических средств механизации сельского хозяйства
Р-11	Способность и умение применять знания современных методов исследований	Знать: методы и приёмы анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методы планирования и проведения эксперимента Уметь: проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для механизации сельского хозяйства, планировать эксперимент и осуществлять его на практике Владеть: методами и приёмами анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методами планирования и проведения эксперимента
Р-12	Способность к проектной деятельности на основе системного подхода, умение строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ	Знать: основы системного подхода, математические модели для описания и составления прогнозов различных явлений в агроинженерии, критерии оценки качества результатов научных исследований Уметь: рассчитывать оптимальные параметры технологических установок, средств контроля и управления технологическими процессами, использовать прикладные программы для расчета, проектирования и управления технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве Владеть: навыками для определения параметров технологических процессов и качества продукции сельскохозяйственного производства, средствами контроля и управления, основами для сбора и анализа исходных данных для расчета и проектирования технологических установок с помощью прикладных инженерных программ.

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе освоения учебной программы по дисциплинам «Основы научных исследований», «Методология научных исследований» при обучении на уровнях высшего образования – бакалавриат, магистратура.

Данная дисциплина относится к вариативной части (дисциплины по выбору) блока 1 «Дисциплины» учебного плана подготовки аспирантов научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Дисциплина изучается на 2 курсе очной формы обучения.

2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов (3 зачетных единиц).

Вид учебной работы	Форма обучения
	очная
Аудиторные занятия (всего)	54
<i>В том числе:</i>	-
Лекционного типа	36
Практические занятия	18
Самостоятельная работа (всего)	54
<i>В том числе:</i>	-
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	27
Самостоятельное изучение тем	9
Реферат	18
Вид промежуточной аттестации:	зачет
Общая трудоемкость: часов	108
зачетных единиц	3

3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание разделов дисциплины

	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Предпланирование эксперимента. Выбор зависимых и независимых переменных	Использование корреляционного анализа. Функции желательности. Методы априорного ранжирования. Экспериментальные методы выбора факторов.
2.	Факторные планы	Полный и дробный факторный эксперимент для многоуровневых факторов. Проведение эксперимента и статистическая обработка его результатов. Использование факторных планов для отсеивающего эксперимента.
3.	Планы второго порядка	Симметричные композиционные ортогональные планы. Симметричные композиционные ротатабельные планы. Симметричные некомпозиционные квазиоптимальные планы.
4.	Анализ моделей второго порядка	Каноническое преобразование. Эллипсы. Гиперболы. Параллельные прямые. Параболы. Поверхности экстремум – максимум. Поверхности минимакса. Поверхности возвышения или гребня.
5.	Методы обработки	Анализ моделей второго порядка. Регрессия.

	результатов экспериментальных исследований	Поверхности отклика. Excel, Mathcad
--	--	-------------------------------------

3.2. Разделы дисциплины и виды занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практич. занятия	СР	Всего Час.
1.	Предпланирование эксперимента. Выбор зависимых и независимых переменных	4	2	4	10
2.	Факторные планы	8	4	8	20
3.	Планы второго порядка	8	4	8	20
4.	Анализ моделей второго порядка	8	4	6	18
5.	Методы обработки результатов экспериментальных исследований	8	4	10	22
6.	Индивидуальное задание			18	18
	Итого	36	18	54	108

3.3. Занятия практического типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема	Трудоемкость (час)
			очная
1	2	3	4
1.	Раздел 1	Использование корреляционного анализа. Функции желательности. Методы априорного ранжирования. Экспериментальные методы выбора факторов	2
2.	Раздел 2	Полный и дробный факторный эксперимент для многоуровневых факторов. Проведение эксперимента и статическая обработка его результатов. Использование факторных планов для отсеивающего эксперимента.	4
3.	Раздел 3	Симметричные композиционные ортогональные планы. Симметричные композиционные ротатабельные планы. Симметричные не композиционные квазиоптимальные планы.	4
4.	Раздел 4	Каноническое преобразование. Эллипсы. Гиперболы. Параллельные прямые. Параболы. Поверхности экстремум – максимум. Поверхности минимакса. Поверхности возвышения или гребня.	4
5.	Раздел 5	Анализ моделей второго порядка. Регрессия. Поверхности отклика. Excel, Mathcad	4
		Итого:	18

3.4. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

не предусмотрено ОПОП.

4. Организация самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

4.1. Типы самостоятельной работы и её контроль

Тип самостоятельной работы	Форма обучения	Текущий контроль
	очная	
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	27	тестирование
Самостоятельное изучение тем	9	тестирование или собеседование
Реферат	18	защита
всего часов:	54	

4.2. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы:

1. Щурин, К. В. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие / К. В. Щурин, Е. К. Волкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-9875-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/230288> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение:

Раздел №2 Факторные планы

1. Особенности факторных планов для двух независимых переменных и двух уровней.

Раздел №3 Планы второго порядка

1. Звездные плечи в планах второго порядка.

2. Критерии Фишера и Стьюдента

Раздел №5 Методы обработки результатов экспериментальных исследований

1. Математический анализ с применением компьютерных программ.

5.3. Темы рефератов:

1. Понятие градиента, способы градиентной оптимизации
2. Полный факторный эксперимент типа 2^k
3. Обработка материалов эксперимента
4. Планы для описания поверхности отклика
5. Планы для оценки влияния факторов
6. Методы математической статистики
7. Методы прогнозирования в научных исследованиях
8. Методы теоретических исследований
9. Основы теории случайных ошибок
10. Методы оценки случайных погрешностей в измерениях
11. Параметрические критерии
12. Не параметрические критерии
13. Линейные регрессионные модели
14. Методы активной структурной идентификации линейных моделей с разнотипными переменными
15. Вычисление информационной матрицы Фишера

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень результатов освоения дисциплины и оценочные средства

Код результата	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Наименование оценочного средства
----------------	---	----------------------------------

Р-7	Знать: методы и приёмы активного планирования экспериментальных исследований Уметь: использовать способы и средства получения, хранения, переработки информации; анализировать результаты исследований. Владеть: методами, программными и техническими средствами совершенствования теории, технологии и технических средств механизации сельского хозяйства	Тест
Р-11	Знать: методы и приёмы анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методы планирования и проведения эксперимента Уметь: проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для механизации сельского хозяйства, планировать эксперимент и осуществлять его на практике Владеть: методами и приёмами анализа и постановки задач исследования наиболее актуальных проблем; методами планирования и проведения эксперимента	Тест
Р-12	Знать: основы системного подхода, математические модели для описания и составления прогнозов различных явлений в агроинженерии, критерии оценки качества результатов научных исследований Уметь: рассчитывать оптимальные параметры технологических установок, средств контроля и управления технологическими процессами, использовать прикладные программы для расчета, проектирования и управления технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве Владеть: навыками для определения параметров технологических процессов и качества продукции сельскохозяйственного производства, средствами контроля и управления, основами для сбора и анализа исходных данных для расчета и проектирования технологических установок с помощью прикладных инженерных программ.	Тест

6.2. Шкала оценивания

Шкала оценивания тестирования на зачете

% выполнения задания	Результат
50 – 100	зачтено
менее 50	не зачтено

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

Указаны в приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплин

а) основная литература:

1. Мифтахутдинова, Ф. Р. Планирование и организация эксперимента : учебное пособие / Ф. Р. Мифтахутдинова. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2020. — 256 с. — ISBN 978-5-7579-2474-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/193510> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Белокопытов, В. И. Организация, планирование и обработка результатов эксперимента : учебное пособие / В. И. Белокопытов. — Красноярск : СФУ, 2020. — 132 с. — ISBN 978-5-7638-4297-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181612> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

1. Юдин, Ю. В. Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие / Ю. В. Юдин. — Екатеринбург : УрФУ, 2018. — 124 с. — ISBN 978-5-7996-2486-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170230> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Голубева, А. И. Методология научного исследования: учебно-методическое пособие / А. И. Голубева. — Ярославль: Ярославская ГСХА, 2019. — 72 с. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172585> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<https://elibrary.ru/>; - научная электронная библиотека

<http://www.exponenta.ru/>; - образовательный математический сайт

<http://www.twirpx.com/files/special/forest/> (Электронная библиотека «Т»);

<http://www.e.lanbook.com> (Издательство «Лань»);

<http://www.iprbookshop.ru> (ЭБС «Iprbooks»).

www.agris.ru (Международная информационная система по сельскому хозяйству и смежным ним отраслям).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Шацов, А. А. Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие / А. А. Шацов, С. К. Гребеньков. — Пермь : ПНИПУ, 2020. — 83 с. — ISBN 978-5-398-02292-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/239642> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Перечень информационных технологий

1. Операционная система Windows,
2. Пакет прикладных программ MSOffice,
3. Mathcad Education - University Edition,
4. Компас 3D

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, оборудованный средствами мультимедиа и необходимыми программами для практических работ.

12. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы), использование версии сайта для слабовидящих ЭБС IPR BOOKS и специального мобильного приложения IPR BOOKS WV-Reader (программы не визуального доступа к информации, предназначенной для мобильных устройств, работающих на операционной системе Android и iOS, которая не требует специально обученного ассистента, т.к. люди с ОВЗ по зрению работают со своим устройством привычным способом, используя специальные штатные программы для незрячих людей, с которыми IPR BOOKS WV-Reader имеет полную совместимость);
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в организациях.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Инженерно-технологический институт
Кафедра Технические системы в АПК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Активное планирование экспериментальных исследований

для группы научных специальностей 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии
научная специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Разработчики:

Ставицкий А.В., доцент кафедры технических систем в АПК, к.т.н.

Устинов Н.Н. директор ИТИ, к.т.н.

Утверждено на заседании кафедры
протокол №5 от «17» февраля 2025г.

И.о. заведующего кафедрой _____  Ставицкий

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ
знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы
формирования результатов в процессе освоения дисциплины
АКТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

1. Вопросы к зачету

Наименование результата освоения	Вопросы
Р-7 Способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать результаты	1. Входы (независимые переменные, факторы) 2. Выходы (зависимые переменные, отклики, параметры оптимизации, функции цели) 3. Факторное пространство, поверхность отклика 4. Пассивный эксперимент 5. Активный эксперимент 6. Планирование эксперимента 7. Многофакторная схема 8. Однофакторная схема 9. Пассивный метод случайного баланса 10. Последовательный отсеивающий эксперимент 11. Комбинаторный анализ 12. Виды и характеристики планов второго порядка 13. Методы оценки случайных погрешностей в измерениях 14. Дисперсионный анализ 15. Условия ортогональности 16. Ковариации и коэффициенты корреляции 17. Нормированная ковариационная матрица 18. Композиционность планов 19. Элементы теории случайных величин 20. Линейные эффекты факторов
Р-11 Способность и умение применять знания современных методов исследований	21. Метод крутого восхождения 22. Методика составления планов 23. Методика расчетов уравнений регрессии 24. Методика составления поверхностей отклика 25. Метод априорного ранжирования 26. Метод случайного баланса 27. Корреляционный анализ 28. Комплексные показатели качества 29. Функция желательности 30. Интегралы варьирования 31. Экспериментальные методы выбора факторов 32. Эффект парного взаимодействия 33. Генерирующее соотношение 34. Определяющий контраст 35. Нерегулярная реплика 36. Оценка дисперсии опыта 37. Неравномерное дублирование 38. Равномерное дублирование 39. Коэффициенты регрессии 40. Статическая значимость коэффициентов регрессии
Р-12 Способность к проектной деятельности на основе системного подхода, умение строить и использовать модели для описания и прогнозирования	41. Пусть имеется выборка из 10 наблюдений (то есть $N=10$): $x_1=5$, $x_2=2$, $x_3=4$, $x_4=5$, $x_5=7$, $x_6=3$, $x_7=6$, $x_8=8$, $x_9=3$, $x_{10}=9$. Исследовать свойства одномерной случайной величины 42. Две установки должны напылять резисторы с одинаковыми сопротивлениями. При замере получены следующие данные (в Омах): Установка 1 (X_1): 1095, 1025, 938, 915, 1012, 980, 975, 990, 1000, 974; Установка 2 (X_2): 942, 938, 1010, 1030, 973, 915, 990, 970, 925, 1045, 1100, 1020, 985, 1082, 1065, 1090. Определить, одинаково ли налажены установки.

различных явлений,

осуществлять их

качественный и

количественный

анализ

43. Две установки должны напылять резисторы с одинаковыми сопротивлениями. При замере получены следующие данные (в Омах): Установка 1 (X1): 1095, 1025, 938, 915, 1012, 980, 975, 990, 1000, 974; Установка 2 (X2): 942, 938, 1010, 1030, 973, 915, 990, 970, 925, 1045, 1100, 1020, 985, 1082, 1065, 1090. Определить, одинаково ли налажены установки.

44. Провести дисперсионный анализ результатов технологического эксперимента, план которого полностью рандомизирован. Проверить нуль-гипотезу о том, что фактор А не влияет на результаты измерения

Уровни измерения

Уровни фактора А

1

2

3

4

5

1

2

3

4

5

8

4

1

4

10

6

-2

2

6

8

7

0

0

5

7

5

-2

-1

5

4

8

3

-3

4

9

45. Приведены результаты проведения полного факторного эксперимента. Провести обработку и анализ результатов ПФЭ по изученной методике

Вариант 1

Вариант 2

Y₁

Y₂

Y₃

Y₄

Y₅

3,004

3,031

3,035

3,039

3,001

5,193

5,152

5,177

5,209

5,151

3,927

3,950

3,936

3,898

3,897

7,141

7,099

7,111

7,138

7,097

4,684

4,697

4,688

4,730

4,729

9,135

9,123

9,166

9,134

9,117

6,371

6,403

6,343

6,339

6,337

14,67

14,68

14,69

14,66

14,67

2

0

5

8

2

Y₁

Y₂

Y₃

Y₄

Y₅

3,651

3,605

3,653

3,592

3,627

6,547

6,514

6,535

6,562

6,581

4,761

4,793

4,816

4,792

4,801

9,515

9,566

9,534

9,552

9,528

5,828

5,847

5,842

5,905

5,886

13,04

13,08

13,05

13,08

13,06

1

1

1

9

3

8,364

8,371

8,338

8,365

8,366

25,57

25,56

25,61

25,57

25,53

5

3

1

8

4

Критерии оценки зачета

- «зачтено» выставляется студенту, если за тест набирает более 50 баллов;
- «не зачтено» выставляется студенту, если за тест набирает менее 50 баллов.

2. Вопросы для собеседования

1. Когда применяются факторные планы.
2. Что такое гипотеза.
3. Что такое случайная погрешность.
4. Что такое относительная погрешность.
5. Ранжирование факторов
6. Основные версии факторных планов.
7. Активный и пассивный эксперимент.
8. Что означает термин «дисперсия».
9. Сложные факторные планы.
10. Что такое независимая переменная
11. С чего начинается планирование эксперимента.
12. Что такое выборка.
13. Стохастическая модель.
14. Значение термина «корреляция».
15. Факторы, влияющие на измеряемые результаты.
16. Звездные точки для каждого фактора.
17. Звездные плечи в ортогональных планах
18. Для каких целей применяются критерии Фишера и Стьюдента

19. Гипотеза о равенстве дисперсий.
20. Что такое интерполяция.
21. Оценка качества регрессионной модели
22. Формулы вычислений по критерию Фишера (Стьюдента).
23. Классификация прикладных программ для планирования эксперимента
24. Алгоритм планирования эксперимента в MathCAD.
25. Визуализация результатов экспериментов в прикладных программах.

Критерии оценки собеседования

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если в процессе собеседования он раскрывает по теме не менее чем $2/3$ информации, владеет основными терминами, а ответы на наводящие вопросы более чем удовлетворительны;
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если в процессе собеседования он раскрывает тему не более чем на $1/3$, а ответы на дополнительные вопросы вводят в заблуждение.

3. Темы рефератов

1. Понятие градиента, способы градиентной оптимизации
2. Полный факторный эксперимент типа 2^k
3. Обработка материалов эксперимента
4. Планы для описания поверхности отклика
5. Планы для оценки влияния факторов
6. Методы математической статистики
7. Методы прогнозирования в научных исследованиях
8. Методы теоретических исследований
9. Основы теории случайных ошибок
10. Методы оценки случайных погрешностей в измерениях
11. Параметрические критерии
12. Не параметрические критерии
13. Линейные регрессионные модели
14. Методы активной структурной идентификации линейных моделей с разнотипными переменными
15. Вычисление информационной матрицы Фишера

Критерии оценки реферата

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если при защите реферата раскрыта тема, демонстрируется глубокое знание материала, с некоторыми неточностями в использовании специальной терминологии, с незначительными стилистическими ошибками в изложении материала, при наличии неточности в выводах по теме, и незначительными ошибками в оформлении;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если при защите реферата тема не раскрыта, выявлено небрежное или неправильное оформление, а также реферат взят в готовом виде из базы сети Интернет.