



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин
03.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Направление подготовки (специальность)
15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Искусственный интеллект в робототехнике

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

| | |
|---------------------|--|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра | Автоматизированного электропривода и мехатроники |
| Курс | 1 |
| Семестр | 1 |

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1023)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники 29.01.2026, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена: доцент кафедры АЭПиМ, к.т.н.

 И.Г. Гилемов

Рецензент: зам. начальника ЦЭТЛ ПАО "ММК" по электроприводу, к.т.н.  А.Ю. Юдин



AMm

Листактуализациирабочейпрограммы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов ясного представления о принципах организации эксперимента, о методах оценки влияния случайных факторов на результаты эксперимента, о дисперсионном и регрессионном анализе, о принципах построения планов эксперимента

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория эксперимента входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Знания раздела "Математическая статистика" дисциплины "Высшая математика" в объеме подготовки по программе бакалавриата

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к защите и процедура защиты выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория эксперимента» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции |
|---|--|
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий | |
| УК-1.1 | Знает: Методику проведения полного и дробного факторных экспериментов, методы анализа проблемных ситуаций; Назначение и применение мехатронных и роботизированных комплексов и систем на производстве, состав роботизированного комплекса, принцип работы, а также виды неисправностей и рациональные алгоритмы их устранения |
| УК-1.2 | Умеет: Составлять план промышленного эксперимента в условиях действующего производства и выработать стратегию действий; Проводить анализ неисправностей мехатронных и робототехнических модулей, их датчиков, приводов, захватов и другого аппаратного обеспечения и составлять рациональный алгоритм их устранения |
| УК-1.3 | Имеет практический опыт: Организации технологического эксперимента в условиях лаборатории и цеха; Составления табельных журналов, журналов ТОиР, актов дефектации технических устройств и другой технической документации по эксплуатации и ремонту мехатронных и робототехнических комплексов |
| ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности; | |
| ОПК-1.1 | Знает: Методы решения экстремальных задач с применением естественнонаучных и общетехнических знаний, методы математического анализа и моделирования при поиске оптимальных режимов работы мехатронной или робототехнической системы; Методы математического анализа, в том числе теорию рядов и математическую статистику, матричное |

| | |
|---------|--|
| | представления изображения |
| ОПК-1.2 | Умеет: Рассчитывать по результатам эксперимента линейные и нелинейные регрессионные модели, проверять их адекватность и принимать обоснованные решения о выборе модели; Рассчитывать математические модели интенсивностей пикселей в изображении, применять матричные алгоритмы преобразования и проверять их адекватность |
| ОПК-1.3 | Имеет практический опыт: Применение естественнонаучных и общеинженерных знаний, методы математического анализа и моделирования, оценки и обеспечения надежности результатов эксперимента в профессиональной деятельности; Применение математических и статистических функций, законов и разложений для разработки алгоритмов обработки изображений |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 32 акад. часов;
- аудиторная – 32 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 76 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

| Раздел/ тема дисциплины | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) | | | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|--|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|---|---|-----------------|
| | | Лек. | лаб. зан. | практ. зан. | | | | |
| 1. Раздел 1 | | | | | | | | |
| 1.1 Основные понятия | 1 | | | 1 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 1 | 2 | | | |
| 2. Раздел 2 | | | | | | | | |
| 2.1 Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований | 1 | | | 2 | 3 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.1, ОПК-1.1 |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|---|--|--------------------------|
| | | | | | | справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | | |
| Итого по разделу | | | | 2 | 3 | | | |
| 3. Раздел 3 | | | | | | | | |
| 3.1 Источники ошибок при измерениях | 1 | | | 2 | 3 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 2 | 3 | | | |
| 4. Раздел 4 | | | | | | | | |
| 4.1 Оценка влияния случайных факторов на результаты эксперимента | 1 | | | 1 | 3 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.2, ОПК-1.2 |
| Итого по разделу | | | | 1 | 3 | | | |
| 5. Раздел 5 | | | | | | | | |
| 5.1 Характеристики положения случайной величины | 1 | | | 3 | 5 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим | устный опрос студентов по изученной теме | ОПК-1.3, УК-1.1, ОПК-1.1 |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|-----|---|--|--|----------------------------------|
| | | | | | | материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | | |
| Итого по разделу | | | | 3 | 5 | | | |
| 6. Раздел 6 | | | | | | | | |
| 6.1 Нормальный закон распределения случайной величины | 1 | | | 1,5 | 3 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 1,5 | 3 | | | |
| 7. Раздел 7 | | | | | | | | |
| 7.1 Основные задачи математической статистики | 1 | | | 4 | 3 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 4 | 3 | | | |
| 8. Раздел 8 | | | | | | | | |
| 8.1 Статистические критерии и их применение | 1 | | | 4 | 1 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографичес | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.3, ОПК-1.3, УК-1.1, ОПК-1.1 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|---|--|--|---|---|---|--|----------------------------------|
| | | | | | | ким материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | | |
| Итого по разделу | | | | 4 | 1 | | | |
| 9. Раздел 9 | | | | | | | | |
| 9.1 Дисперсионный анализ | 1 | | | 4 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.3, ОПК-1.3, УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 4 | 2 | | | |
| 10. Раздел 10 | | | | | | | | |
| 10.1 Уравнение регрессии | 1 | | | 2 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | УК-1.3, УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 2 | 2 | | | |
| 11. Раздел 11 | | | | | | | | |
| 11.1 Регрессионный анализ | 1 | | | 3 | 1 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с | устный опрос студентов по изученной теме | ОПК-1.3, УК-1.1, ОПК-1.1 |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|--|-----|----|---|--|--------------------------|
| | | | | | | библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | | |
| Итого по разделу | | | | 3 | 1 | | | |
| 12. Раздел 12 | | | | | | | | |
| 12.1 Основы планирования эксперимента | 1 | | | 4 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | ОПК-1.3, УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 4 | 2 | | | |
| 13. Раздел 13 | | | | | | | | |
| 13.1 Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий | 1 | | | 0,5 | 5 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). | устный опрос студентов по изученной теме | ОПК-1.3, УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | 0,5 | 5 | | | |
| 14. Раздел 15 | | | | | | | | |
| 14.1 Проведение зачета по дисциплине | 1 | | | | | Подготовка к промежуточной аттестации | зачет | УК-1.1, ОПК-1.1 |
| Итого по разделу | | | | | 41 | | | |
| Итого за семестр | | | | 32 | 35 | | зачёт | |
| Итого по дисциплине | | | | 32 | 76 | | зачет | |

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины используются традиционная и информационно-коммуникационные образовательные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений происходит с использованием мультимедийного оборудования.

При проведении практических занятий используются работа в команде и методы информационных технологий.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Радионов А. А. Планирование эксперимента : учебное пособие [для вузов] / А. А. Радионов, В. В. Шохин ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2647>. (дата обращения 15.03.2026)–Текст :электронный.

б) Дополнительная литература:

1. Лукьянов, С.И. Основы инженерного эксперимента: Учебное пособие / Лукьянов С.И., Панов А.Н., Васильев А.Е. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2023. - 99 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат) - Режим доступа: <https://znanium.ru/catalog/document?id=427796> (дата обращения 15.03.2026). – Режим доступа: по подписке

2. Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие для вузов / И. Б. Рыжков. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 224 с. — ISBN 978-5-507-50443-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/433217> (дата обращения: 15.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Сагдеев, Д.И. Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента : учебное пособие / Д.И. Сагдеев. — Казань : КНИТУ, 2016. — 324 с. — ISBN 978-5-7882-2010-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101880> (дата обращения 15.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Основы научных исследований : методические указания / составители Б. Г. Мартынов, Г. Д. Богомас. — Санкт-Петербург :СПбГЛТУ, 2018. — 24 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111136> (дата обращения 15.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007 | бессрочно |
| 7Zip | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| STATISTICA в.6 | К-139-08 от 22.12.2008 | бессрочно |
| FAR Manager | свободно распространяемое ПО | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|--|
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова | https://host.megaprolib.net/MP0109/Web |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: http://www1.fips.ru/ |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Электронная база периодических изданий ООО «ИВИС» | https://eivis.ru/ |

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

| Тип и название аудитории | Оснащение аудитории |
|--|---|
| Лекционная аудитория (023, 123, 227) | Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации |
| Компьютерный класс (227а) | Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Matlab+Simulink, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (227а) | Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Matlab+Simulink, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета |
| Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (023, 123, 227) | Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации |

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач, которые определяет преподаватель для студента.

Примерные аудиторные контрольные работы

НОРМАЛЬНЫЙ ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Пример. Определить вероятность того, что сопротивление резисторов в партии, приготовленной к отправке, не превосходит 50 Ом, если известно, что $\mu_r = 45$ Ом и $\sigma_r^2 = 25$ Ом², закон распределения нормальный.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Пример. Требуется оценить математическое ожидание тока перегорания плавких вставок партии предохранителей типа ПР-2 с номинальным током отключения $I_{отк} = 100$ А, если известна генеральная дисперсия тока перегорания (на основании предыдущих испытаний), равная $\sigma_I^2 = 25$ А² и результат одного испытания предохранителя из этой партии $I_0 = 95$ А. Закон распределения значений тока перегорания нормальный. Для решения задачи используем U -распределение.

Пример. Определить объем выборки (количество измерений), позволяющий оценить μ_I тока перегорания предохранителей с точностью ± 1 А и с $p = 0,95$, если известно, что $\sigma_I^2 = 16$ А².

$$n \geq \left(\frac{2 \cdot 4}{2} \cdot 1.96 \right)^2 = 63.$$

Пример. При обработке выборки из 10 наблюдений значений емкостей конденсаторов получено $\bar{C} = 98$ мкФ. Известно, что закон распределения нормальный, $\sigma_C^2 = 25$ мкФ². Проверить гипотезу о том, что $\mu_C = 100$ мкФ, т.е. $H_0: \mu_C = 100$ мкФ; $H_1: \mu_C \neq 100$ мкФ.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Критерий Стьюдента

Пример. Имеется пять измерений времени отключения масляного выключателя $\tau_1 = 0,05$ с; $\tau_2 = 0,08$ с; $\tau_3 = 0,1$ с; $\tau_4 = 0,1$ с и $\tau_5 = 0,06$ с. Требуется оценить генеральное математическое ожидание времени отключения μ_τ доверительной вероятностью $p = 0,95$. Закон распределения нормальный.

Пример. Для условий предыдущего примера проверить гипотезу о том, что $\mu_\tau = 0,05$ с на уровне значимости $q = 0,05$, т.е. $H_0: \mu_\tau = 0,05$ с; $H_1: \mu_\tau \neq 0,05$ с.

Критерий Пирсона

Пример. Определить интервальную оценку σ_x^2 с $p = 0,9$ нормально распределенной случайной величины X , если на основании десяти измерений получено $s_x^2 = 2$.

Пример. Проверить гипотезу о том, что генеральная дисперсия нормально распределенной случайной величины X , $H_0: \sigma_x^2 = 4$ ($H_1: \sigma_x^2 \neq 4$), на уровне значимости $q = 0.1$ для условий предыдущего примера.

Критерий Фишера

Пример. Сравниваются показания двух вольтметров, Каждым прибором произведено по семь замеров, причем дисперсия показаний первого прибора составляет $s_1^2 = 10.2 \text{ В}^2$, а второго – $s_2^2 = 3.8 \text{ В}^2$. Необходимо выяснить, чем обусловлено расхождение дисперсий: либо второй прибор более точен, либо расхождение дисперсий случайно.

Критерий Кохрена

Пример. Проверить гипотезу об однородности четырех выборочных дисперсий, равных $s_1^2 = 8$; $s_2^2 = 4$; $s_3^2 = 2$ и $s_4^2 = 10$, и определенных с $f_i = 10$ на уровне значимости $q = 0.05$.

t-критерий

Пример. На одном из пяти одинаковых агрегатов (третьем), выполняющих однотипные операции, были внедрены мероприятия по экономии электроэнергии. Оценить их эффективность, если зарегистрированное месячное потребление энергии каждым агрегатом составляет $W_1 = 10 \text{ МВтч}$; $W_2 = 12 \text{ МВтч}$; $W_3 = 8 \text{ МВтч}$; $W_4 = 9 \text{ МВтч}$; $W_5 = 11 \text{ МВтч}$. Как и предполагалось, расход энергии на третьем агрегате минимален. Необходимо выяснить, чем обусловлен минимальный расход на третьем агрегате – случайным отклонением или внедренными мероприятиями.

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Пример. Рассмотрим данные по сроку службы электрических ламп в четырех партиях.

Таблица 10.1

Результаты измерения срока службы ламп

| № партии ламп | Срок службы электроламп X (в тысячах часов) | ΣX | n_g | \bar{x} |
|---------------|--|------------|-------|-----------|
| 1 | 1,60; 1,61; 1,65; 1,68; 1,70; 1,72; 1,80 | 11,76 | 7 | 1,68 |
| 2 | 1,58; 1,64; 1,64; 1,70; 1,75 | 8,31 | 5 | 1,66 |
| 3 | 1,46; 1,55; 1,60; 1,62; 1,64; 1,66; 1,74; 1,82 | 13,09 | 8 | 1,64 |
| 4 | 1,51; 1,52; 1,53; 1,67; 1,60; 1,68 | 9,41 | 6 | 1,57 |
| | | 42,57 | 26 | 1,64 |

Для изготовления каждой партии ламп была взята проволока разных сортов; все прочие условия производства были одинаковыми для каждой партии. Требуется выяснить, отличаются ли партии ламп между собой по сроку службы. Если ответ будет положительным, то можно думать, что качество проволоки действительно влияет на срок службы, и, следовательно, для стандартизации производства электрических ламп необходимо достигнуть большей однородности проволоки во всех партиях.

Пример. Необходимо проверить нулевую гипотезу, состоящую в том, что исходные размеры проката на проволочном стане с многовалковыми калибрами не влияют на размеры проката после первой клетки двухклетового прокатного стана. С этой целью проводилась прокатка образцов проволоки с разными исходными диаметрами: 6,39 мм и 6,12 мм. На выходе после клетки проводилось измерение размеров профиля по диагоналям «d» и в направлении обжатия «a».

Таблица 10.7

Результаты измерения размеров профиля при прокатке проволоки диаметром 6,39 мм

| № образцов | размер | Средние значения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,198 | 18 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: «a» - на 5180 «d» - на 6200 |
| | d | 6,440 | 240 | |
| 2 | a | 5,204 | 24 | |
| | d | 6,448 | 248 | |
| 3 | a | 5,200 | 20 | |
| | d | 6,470 | 270 | |
| 4 | a | 5,192 | 12 | |
| | d | 6,444 | 244 | |
| 5 | a | 5,196 | 16 | |
| | d | 6,440 | 240 | |

Таблица 10.8

Результаты измерения размеров профиля при прокатке проволоки диаметром 6,12 мм

| № образцов | Размер | Средние значения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,191 | 11 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: «a» - на 5180 «d» - на 6200 |
| | d | 6,205 | 5 | |
| 2 | a | 5,188 | 8 | |
| | d | 6,198 | -2 | |
| 3 | a | 5,186 | 6 | |
| | d | 6,202 | 2 | |
| 4 | a | 5,185 | 5 | |
| | d | 6,216 | 16 | |
| 5 | a | 5,182 | 2 | |
| | d | 6,212 | 12 | |

Задания

1. Провести оценку влияния изменений предела текучести прокатываемого металла на отклонения размеров профиля после прокатки в первой клетки четырехклетьевого прокатного стана.

Таблица 10.11
Результаты измерения размеров профиля при прокатке проволоки с пределом текучести металла 43 кгс/мм².

| № образцов | размер | Средние значения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,192 | -8 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: «a» - на 5200 «d» - на 6620 |
| | d | 6,558 | -62 | |
| 2 | a | 5,221 | 21 | |
| | d | 6,660 | 40 | |
| 3 | a | 5,227 | 27 | |
| | d | 6,660 | 50 | |
| 4 | a | | | |
| | d | | | |
| 5 | a | | | |
| | d | | | |

Таблица 10.12
Результаты измерения размеров профиля при прокатке проволоки с пределом текучести металла 65,9 кгс/мм²

| № образцов | Размер | Средние значения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,225 | 25 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: «a» - на 5200 «d» - на 6620 |
| | d | 6,684 | 64 | |
| 2 | a | 5,229 | 29 | |
| | d | 6,650 | 30 | |
| 3 | a | 5,220 | 20 | |
| | d | 6,651 | 31 | |
| 4 | a | 5,229 | 29 | |
| | d | 6,666 | 46 | |
| 5 | a | 5,232 | 32 | |
| | d | 6,626 | 6 | |

2. Провести оценку влияния изменений коэффициента трения в очаге деформации на отклонения размеров профиля после прокатки в первой клетки.

Таблица 10.15

Результаты измерения размеров профиля при прокатке на сухих валках

| № образцов | размер | Средние значения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,225 | 25 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: «a» - на 5200 «d» - на 6620 |
| | d | 6,684 | 64 | |
| 2 | a | 5,229 | 29 | |
| | d | 6,650 | 30 | |
| 3 | a | 5,220 | 20 | |
| | d | 6,651 | 31 | |
| 4 | a | 5,229 | 29 | |
| | d | 6,666 | 46 | |
| 5 | a | 5,232 | 32 | |
| | d | 6,626 | 6 | |

Таблица 10.16

Результаты измерения размеров профиля при прокатке проволоки с минеральным маслом

| № образцов | Размер | Средние значения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,184 | -16 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: «a» - на 5200 «d» - на 6620 |
| | d | 6,527 | -93 | |
| 2 | a | 5,178 | -22 | |
| | d | 6,521 | -99 | |
| 3 | a | 5,181 | -19 | |
| | d | 6,544 | -76 | |
| 4 | a | | | |
| | d | | | |
| 5 | a | | | |
| | d | | | |

3. Провести оценку влияния изменений величины натяжения между первой и второй клетью прокатного стана на отклонения размеров профиля после прокатки в первой клетке.

Таблица 10.19

Результаты измерения размеров профиля при прокатке проволоки без натяжения

| № образцов | размер | Среднезначения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-----------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,291 | -9 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: «a» - на 5300 «d» - на 7000 |
| | d | 7,053 | 53 | |
| 2 | a | 5,303 | 3 | |
| | d | 7,054 | 54 | |
| 3 | a | 5,329 | 29 | |
| | d | 7,098 | 98 | |
| 4 | a | 5,334 | 34 | |
| | d | 7,045 | 45 | |
| 5 | a | 5,340 | 40 | |
| | d | 7,084 | 84 | |

Таблица 10.20

Результаты измерения размеров профиля при прокатке проволоки с величиной межклетевого натяжения 500 кгс.

| № образцов | Размер | Среднезначения размеров, мм | Преобразованное среднее значение | Примечание |
|------------|--------|-----------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | a | 5,185 | -115 | Каждое значение размера увеличено в 1000 раз и уменьшено: : «a» - на 5300 «d» - на 7000 |
| | d | 6,922 | -78 | |
| 2 | a | 5,247 | -53 | |
| | d | 7,083 | 83 | |
| 3 | a | 5,223 | -77 | |
| | d | 6,908 | -92 | |
| 4 | a | 5,219 | -81 | |
| | d | 7,079 | 79 | |
| 5 | a | 5,224 | -76 | |
| | d | 6,959 | -41 | |

На одном из 5 однотипных технологических агрегатов (на четвертом) внедрены мероприятия, за счет которых предположительно можно получить эффект от экономии электроэнергии. В течении 6 месяцев на агрегатах производились измерения потребленной электроэнергии. Результаты представлены в таблице

| Номер агрегата | Величина потребления электроэнергии по месяцам, МВт*час | | | | |
|----------------|---|------|------|------|------|
| | 1 | 10 | 10,4 | 10,8 | 9,5 |
| 2 | 9,9 | 10,2 | 11 | 10,9 | 9,7 |
| 3 | 9,7 | 9,6 | 10,1 | 9,8 | 10,1 |
| 4 | 9,4 | 9,5 | 9,5 | 10 | 9,3 |
| 5 | 9,8 | 9,9 | 10,3 | 10,4 | 10,1 |

Необходимо выяснить, действительно ли внедренные мероприятия существенным образом влияют на потребленную электроэнергию.

УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ

Пример. Определить коэффициенты регрессии модели 1-го порядка на основании следующей таблицы результатов.

Таблица 11.1

Результаты эксперимента

| | | | | |
|---|-----|-----|------|------|
| X | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Y | 1.2 | 5.8 | 15.5 | 28.6 |

Априорно известно, что Y – нормально распределенная случайная величина с постоянной дисперсией.

Пример. Определить коэффициенты регрессии 2 порядка по данным предыдущего примера.

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Пример. Провести регрессионный анализ уравнений, полученных в предыдущих примерах

$$\hat{Y} = -1.01 + 9.19 \cdot X;$$

$$\hat{Y} = 1.12 + 2.82 \cdot X + 2.13 \cdot X^2.$$

ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА. ПОЛНЫЙ ФАКТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Пример.

В лабораторных условиях исследуется влияние отклонений напряжения и частоты питающей сети на энергетические характеристики самого распространенного электроприемника – асинхронного двигателя. Испытуемый электродвигатель типа АО-41-2, $P_{ном} = 5$ кВт. В качестве функции цели (отклика), в частности, рассматривается полный ток, потребляемый из сети. Все опыты проводились с неизменной нагрузкой на валу, равной номинальной (контролируемый, нерегулируемый фактор). Варьируемыми факторами являются напряжение $X_1 (U)$ и частота $X_2 (f)$ сети, поэтому для опытов выбран план ПФЭ 2^2 . Базовые уровни и интервалы варьирования приняты следующие: $U_0 = 220$ В; $\Delta U = 20$ В; $f_0 = 50$ Гц; $\Delta f = 5$ Гц. Для оценки дисперсии воспроизводимости в каждой точке плана проведено по два параллельных опыта. Опыт были рандомизированы с помощью таблицы случайных чисел, причем последовательность проведения опытов принята в следующем порядке: 2, 5, 8, 1, 3, 7, 4, 6. Номера с 5 по 8 соответствуют параллельным опытам.

Получены следующие результаты (опыты приведены по порядку).

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------------|
| i | x_0 | x_1 | x_2 | $x_1 x_2$ | Y_1 | Y_2 | $\bar{Y} S_i^2$ |
|---|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------------|

| | |
|-----------|---------------------|
| 1 + - - + | 10.0 9.8 9.9 0.02 |
| 2 + + - - | 8.9 8.5 8.7 0.08 |
| 3 + - + - | 12.4 11.8 12.1 0.18 |
| 4 + + + + | 10.2 10.6 10.4 0.08 |

Составить план эксперимента (ПФЭ 2²), определить уравнение регрессии, провести его анализ.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде проработки рекомендуемой литературы и материала, изученного на практических занятиях.

Задания для внеаудиторной самостоятельной работы

1. По экспериментальным данным, представленным в таблице, получить уравнение регрессии и провести его анализ

1.1

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----|-----|-----|----|--|--|--|
| X | 0 | 3 | 4,5 | 6,5 | 8,5 | 10 | | | |
| Y | 7 | 6 | 6,5 | 6 | 5 | 5 | | | |

1.2

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|-----|------|-----|-----|--|--|--|
| X | 0 | -2,5 | -4 | -5,5 | -8 | -10 | | | |
| Y | 7 | 7,5 | 7,5 | 8,5 | 8,2 | 9 | | | |

1.3

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|----|--|--|--|
| X | 0 | 2 | 4 | 6,5 | 8 | 10 | | | |
| Y | 5 | 5,5 | 7,5 | 8 | 9,5 | 10 | | | |

1.4

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|--|--|
| X | 0 | 2 | 3,5 | 6 | 7,5 | 8,5 | 10 | | |
| Y | 1 | 1,5 | 3 | 3,5 | 5 | 6 | 7 | | |

1.5

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|---|-----|----|--|--|
| X | 0 | 2 | 3,5 | 5,5 | 7 | 8,5 | 10 | | |
| Y | 3 | 3,5 | 5 | 5,5 | 7 | 7,5 | 9 | | |

1.6

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|--|--|
| X | 0 | 2 | 3,5 | 5 | 7 | 8,5 | 10 | | |
| Y | 4 | 3,5 | 3 | 3,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | | |

1.7

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|---|----|--|--|
| X | 0 | 1,5 | 3,5 | 5,5 | 7 | 9 | 10 | | |
| Y | 0 | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 5 | 6 | | |

1.8

| | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|-----|----|--|--|--|
| X | 0 | 1 | 3 | 5 | 6 | 7 | | | |
| Y | 0 | 1,5 | 4 | 6,5 | 7,5 | 10 | | | |

2. Спланировать эксперимент и обработать его результаты

2.1. Исследуется влияние напряжения сети и температуры окружающего воздуха на время выдержки реле постоянного тока. Базовые уровни варьируемых факторов и интервалы изменения приняты следующие: для напряжения $U_0=220$ В, $\Delta U=20$ В; для температуры $t_0=25^{\circ}\text{C}$, $\Delta t=10^{\circ}\text{C}$. При предварительном проведении эксперимента получены следующие результаты

| U | t ⁰ C | Время выдержки, сек. |
|-----|------------------|----------------------|
| 200 | 15 | 1 |
| 240 | 15 | 0,9 |
| 200 | 35 | 1,2 |
| 240 | 35 | 1,1 |

Составить план эксперимента (ПФЭ 2²), определить уравнение регрессии, провести его анализ.

3. Провести дисперсионный анализ

3.1. Имеется 5 партий электрических аккумуляторов, изготовленных на различных предприятиях. В каждой партии отбирались аккумуляторы для испытаний и определялся их срок службы. Необходимо выяснить, влияет ли технология изготовления аккумуляторов на различных предприятиях на срок их службы.

| Номер предприятия | Срок службы аккумуляторов, лет | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 5 | 5,1 | 5,3 | 4,9 | 5,5 | 5,4 |
| 2 | 4,8 | 5,2 | 5,3 | 4,7 | 4,8 | 4,5 | 4,4 |
| 3 | 4,6 | 4,7 | 5,8 | 4,9 | 5,1 | 5,3 | 4,8 |
| 4 | 4,5 | 4,8 | 5,3 | 5,2 | 4,9 | | |
| 5 | 5,2 | 5,7 | 4,9 | 4,8 | | | |

3.2. На одном из 5 однотипных технологических агрегатов (на четвертом) внедрены мероприятия, за счет которых предположительно можно получить эффект от экономии электроэнергии. В течении 6 месяцев на агрегатах производились измерения потребленной электроэнергии. Результаты представлены в таблице

| Номер агрегата | Величина потребления электроэнергии по месяцам, МВт*час | | | | |
|----------------|---|------|------|------|------|
| 1 | 10 | 10,4 | 10,8 | 9,5 | 10,1 |
| 2 | 9,9 | 10,2 | 11 | 10,9 | 9,7 |
| 3 | 9,7 | 9,6 | 10,1 | 9,8 | 10,1 |
| 4 | 9,4 | 9,5 | 9,5 | 10 | 9,3 |
| 5 | 9,8 | 9,9 | 10,3 | 10,4 | 10,1 |

Необходимо выяснить, действительно ли внедренные мероприятия существенным образом влияют на потребленную электроэнергию.

3.3. Решить аналогичную задачу с результатами, представленными в таблице

| Номер агрегата | Величина потребления электроэнергии по месяцам, МВт | | | | | |
|----------------|---|----|----|----|----|----|
| 1 | 25 | 24 | 26 | 28 | 21 | 22 |
| 2 | 23 | 28 | 22 | 20 | 25 | 26 |
| 3 | 21 | 27 | 25 | 21 | 28 | 22 |
| 4 | 22 | 22 | 21 | 22 | 23 | 21 |
| 5 | 22 | 24 | 25 | 21 | 26 | 24 |

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации
 а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---|---|---|
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий | | |
| УК-1.1 | Знает: Методику проведения полного и дробного факторных экспериментов, методы анализа проблемных ситуаций; Назначение и применение мехатронных и роботизированных комплексов и систем на производстве, состав роботизированного комплекса, принцип работы, а также виды неисправностей и рациональные алгоритмы их устранения | <p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований 2. Источники ошибок при измерениях 3. Оценка влияния случайных факторов на результаты эксперимента 4. Характеристики положения случайной величины 5. Нормальный закон распределения случайной величины 6. Основные задачи математической статистики |
| УК-1.2 | Умеет: Составлять план промышленного эксперимента в условиях действующего производства и выработать стратегию действий; Проводить анализ неисправностей мехатронных и робототехнических модулей, их датчиков, приводов, захватов и другого аппаратного обеспечения и составлять рациональный алгоритм их устранения | <p><i>Практические задания</i></p> <p>НОРМАЛЬНЫЙ ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ</p> <p>Пример. Определить вероятность того, что сопротивление резисторов в партии, приготовленной к отправке, не превосходит 50 Ом, если известно, что $\mu_r = 45$ Ом и $\sigma_r^2 = 25$ Ом², закон распределения нормальный.</p> |
| УК-1.3 | Имеет практический опыт: Организации технологического эксперимента в условиях лаборатории и цеха; Составления табельных журналов, журналов ТОиР, актов дефектации технических устройств и другой технической документации по эксплуатации и ремонту мехатронных и робототехнических комплексов | <p><i>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</i></p> <p>ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ</p> <p>Пример. Требуется оценить математическое ожидание тока перегорания плавких вставок партии предохранителей типа ПР-2 с номинальным током отключения $I_{отк} = 100$ А, если известна генеральная дисперсия тока перегорания (на основании предыдущих испытаний), равная $\sigma_I^2 = 25$ А² и результат одного</p> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---|--|--|
| | | испытания предохранителя из этой партии $I_0 = 95$ А. Закон распределения значений тока перегорания нормальный. Для решения задачи используем U -распределение. |
| ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности; | | |
| ОПК-1.1 | Знает: Методы решения экстремальных задач с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методы математического анализа и моделирования при поиске оптимальных режимов работы мехатронной или робототехнической системы; Методы математического анализа, в том числе теорию рядов и математическую статистику, матричное представления изображения | <i>Теоретические вопросы</i> 1. Статистические критерии и их применение 2. Дисперсионный анализ 3. Уравнение регрессии 4. Регрессионный анализ 5. Основы планирования эксперимента 6. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий |
| ОПК-1.2 | Умеет: Рассчитывать по результатам эксперимента линейные и нелинейные регрессионные модели, проверять их адекватность и принимать обоснованные решения о выборе модели; Рассчитывать математические модели интенсивностей пикселей в изображении, применять матричные алгоритмы преобразования и проверять их адекватность | <i>Практические задания</i> Пример. При обработке выборки из 10 наблюдений значений емкостей конденсаторов получено $\bar{C} = 98$ мкФ. Известно, что закон распределения нормальный, $\sigma_C^2 = 25$ мкФ ² . Проверить гипотезу о том, что $\mu_C = 100$ мкФ, т.е. $H_0: \mu_C = 100$ мкФ; $H_1: \mu_C \neq 100$ мкФ. |
| ОПК-1.3 | Имеет практический опыт: Применение естественнонаучных и общинженерных знаний, методы математического анализа и моделирования, оценки и обеспечения надежности результатов эксперимента в профессиональной деятельности; Применение математических и статистических функций, законов и разложений для разработки алгоритмов обработки изображений | <i>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</i> Критерий Стьюдента Пример. Имеется пять измерений времени отключения масляного выключателя $\tau_1 = 0,05$ с; $\tau_2 = 0,08$ с; $\tau_3 = 0,1$ с; $\tau_4 = 0,1$ с и $\tau_5 = 0,06$ с. Требуется оценить генеральное математическое ожидание времени отключения μ_τ с доверительной вероятностью $p = 0,95$. Закон распределения нормальный. Пример. Для условий предыдущего примера проверить гипотезу о том, что $\mu_\tau = 0,05$ с на уровне значимости $q =$ |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
| | | <p>0,05, т.е. $H_0: \mu_t = 0.05c$; $H_1: \mu_t \neq 0.05c$.</p> <p style="text-align: center;">Критерий Пирсона</p> <p>Пример. Определить интервальную оценку σ_x^2 с $p = 0.9$ нормально распределенной случайной величины X, если на основании десяти измерений получено $s_x^2 = 2$.</p> <p>Пример. Проверить гипотезу о том, что генеральная дисперсия нормально распределенной случайной величины X, $H_0: \sigma_x^2 = 4$ ($H_1: \sigma_x^2 \neq 4$), на уровне значимости $q = 0.1$ для условий предыдущего примера.</p> <p style="text-align: center;">Критерий Фишера</p> <p>Пример. Сравниваются показания двух вольтметров, Каждым прибором произведено по семь замеров, причем дисперсия показаний первого прибора составляет $s_1^2 = 10.2 \text{ В}^2$, а второго – $s_2^2 = 3.8 \text{ В}^2$. Необходимо выяснить, чем обусловлено расхождение дисперсий: либо второй прибор более точен, либо расхождение дисперсий случайно.</p> <p style="text-align: center;">Критерий Кохрена</p> <p>Пример. Проверить гипотезу об однородности четырех выборочных дисперсий, равных $s_1^2 = 8$; $s_2^2 = 4$; $s_3^2 = 2$ и $s_4^2 = 10$, и определенных с $f_i = 10$ на уровне значимости $q = 0.05$.</p> |

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория эксперимента» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.