



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИСАиИ
О.С. Логунова

02.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

***ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА. ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА***

Направление подготовки
08.04.01 Строительство

Направленность (профиль/специализация) программы
Безопасность строительных объектов промышленного и гражданского назначения

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт строительства, архитектуры и искусства
Кафедра	Проектирования и строительства зданий
Курс	1

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 482)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий
26.01.2023 г., протокол № 7

Зав. кафедрой _____ М.Ю. Наркевич

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИСАиИ
02.02.2023 г., протокол № 4

Председатель _____ О.С. Логунова

Согласовано:

Зав. кафедрой Урбанистики и инженерных систем

_____ М.М. Суровцов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ПиСЗ, канд. техн. наук _____

О.В. Емельянов

Рецензент:

Директор НПО "Надежность",
канд. техн. наук

_____ И.В. Матвеев

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Ю. Наркевич

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Ю. Наркевич

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Ю. Наркевич

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Планирование эксперимента. Основы инженерного эксперимента» является формирование у магистрантов:

- знаний основ экспериментальных исследований, теории планирования эксперимента, научных и методических основ построения оптимальных планов эксперимента и обработки полученных результатов, применения полученных знаний в прикладных задачах планирования эксперимента

- умений выбирать модели, адекватно отражающие изучаемые процессы;

- навыков, необходимых для обработки результатов натуральных и вычислительных экспериментов с целью получения научно обоснованных и достоверных выводов.

Задачами дисциплины являются формирование у магистрантов:

- знаний о методологии научных исследований, современных достижениях науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, основах планирования эксперимента, формах представления результатов исследований;

- умения планировать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, проводить сбор и обработку информации, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, представлять результаты научных исследований;

- навыков определять необходимый объем эксперимента, составлять планы эксперимента, делать выводы по результатам статистического анализа экспериментальных данных;

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Планирование эксперимента. Основы инженерного эксперимента входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

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

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Реконструкция зданий и сооружений

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Планирование эксперимента. Основы инженерного эксперимента» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук
ОПК-1.1	Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата
ОПК-1.2	Решает типовые задачи в профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 8,1 академических часов;
- аудиторная – 8 академических часов;
- внеаудиторная – 0,1 академических часов;
- самостоятельная работа – 132 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

– подготовка к зачёту – 3,9 академических часов

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Эксперимент как предмет исследования. Краткие сведения из теории вероятностей и математической статистики.								
1.1 Понятие эксперимента, его роль в исследованиях и принятии решений. Классификация видов экспериментальных исследований.	1				2	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос	ОПК-1.1

1.2 Случайные величины и их числовые характеристики. Законы распределения.				2	2	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1
Итого по разделу				2	2			
2. Обработка экспериментальных данных.								
2.1 Статистическое распределение выборки и эмпирическая функция распределения. Полигон и гистограмма.	1				4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
2.2 Точечные оценки. Метод моментов. Метод наибольшего правдоподобия. Интервальные оценки. Построение доверительного интервала для математического ожидания. Определение необходимого количества опытов при построении интервальной оценки для математического ожидания.					4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1

2.3	Статистические гипотезы. Отсев грубых погрешностей. Критерий Н.В. Смирнова. Критерий Диксона.				2	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1
Итого по разделу					10			
3. Корреляционно-регрессионный анализ эксперимента и линейной модели.								
3.1	Корреляционный анализ. Регрессионный анализ. Проверка адекватности модели. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии.				7	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
		1						
3.2	Множественная линейная регрессия.				13	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1
Итого по разделу					20			

4. Дисперсионный (факторный) анализ.								
4.1 Назначение дисперсионного анализа. Общая, факторная и остаточная оценки дисперсий. Статистические оценки при однофакторном и многофакторном анализе.	1				18	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу					18			
5. Факторы.								
5.1 Требования к факторам. Виды факторов. Априорное ранжирование факторов (психологический эксперимент), типы диаграмм рангов.	1				8	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу					8			
6. Пассивный эксперимент. Планирование, проведение, анализ								

<p>6.1 Проведение пассивного эксперимента в производственных условиях и информативность его результатов. Факторный анализ. Временные ряды. Планирование и обработка результатов пассивного эксперимента методами регрессионного анализа.</p>	1				13,8	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).</p> <p>Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.</p>	<p>Устный опрос Проверка практической работы</p>	<p>ОПК-1.1, ОПК-1.2</p>
<p>6.2 Возникновение погрешностей при экспериментальных измерениях. Случайные погрешности и их распределение. Группы систематических погрешностей и методы их компенсации.</p>					16	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).</p>	<p>Устный опрос</p>	<p>ОПК-1.1, ОПК-1.2</p>
Итого по разделу					29,8			
7. Активный эксперимент.								
<p>7.1 Планирование первого порядка. Геометрическая интерпретация плана эксперимента на факторном пространстве. Центр эксперимента и интервалы варьирования факторов. Требования, предъявляемые к факторам и критериям оптимальности.</p>	1		2		14,2	<p>Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).</p> <p>Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.</p>	<p>Устный опрос Проверка практической работы</p>	<p>ОПК-1.1, ОПК-1.2</p>

7.2 Уравнение регрессии с эффектами взаимодействия. Воспроизводимость эксперимента. Расчет коэффициентов регрессии. Дисперсии воспроизводимости и адекватности. Критерии Стьюдента и Фишера.			4	12	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос Проверка практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
7.3 Алгоритм организации и обработки ПФЭ. Последовательный и рандомизированный планы экспериментов. Дробный факторный эксперимент.				18	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу			6	44,2			
Итого за семестр			8	132		зачёт	
Итого по дисциплине			8	132		зачет	

5 Образовательные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При обучении студентов дисциплине «Планирование эксперимента. Основы инженерного эксперимента» используются следующие образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий: информационная лекция и практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения: проблемная лекция, практическое занятие в форме практикума.

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата.

Применяемые формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий: лекция «обратной связи» – лекция-беседа, лекция-дискуссия.

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий: лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией.

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 (модуля)

а) Основная литература:

1. Щурин К. В., Волкова Е. К., Планирование и организация эксперимента: учебное пособие для вузов/ Щурин К. В., Волкова Е. К. - 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: 05.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Адлер, Ю. П. Введение в планирование экспериментов : учебное пособие / Ю. П. Адлер. — Москва : МИСИС, 2014. — 36 с. — ISBN 978-5-87623-770-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/69763> (дата обращения: 13.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сидняев, Н. И. Введение в теорию планирования эксперимента : учебное пособие / Н. И. Сидняев, Н. Т. Вилисова. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2011. — 463 с. — ISBN 978-5-7038-3365-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106359> (дата обращения: 13.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Порсев, Е. Г. Организация и планирование экспериментов : учеб. пособие / Порсев Е. Г. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. - 155 с. - ISBN 978-5-7782-1461-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778214613.html> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа : по подписке.

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оборудование: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации 5-405

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оборудование: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Комплекс заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей 5-307

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оборудование: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета 5-501

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оборудование: шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий 5-110

Приложение 1

«Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

Самостоятельная работа включает в себя изучение поиск дополнительной информации по изучаемым темам (работа с библиографическими материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями), подготовку к лекционным и практическим занятиям. Для лучшей организации времени при изучении дисциплины «Планирование эксперимента. Основы инженерного эксперимента» студенту рекомендуется заниматься самостоятельной работой после каждого лекционного и практического занятия в течение всего семестра.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение практических задач на практических занятиях.

Примерные аудиторские практические работы (АПР):

АПР №1 Случайные величины и параметры их распределения.

В таблице приведены результаты определения прочности бетона.

Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Прочность, МПа	16,2	18,0	16,4	15,5	15,7	17,2	14,8	15,8
Номер опыта	9	10	11	12	13	14	15	16
Прочность, МПа	18,4	16,8	16,1	15,7	18,0	19,2	16,9	16,3
Номер опыта	17	18	19	20	21	22	23	24
Прочность, МПа	16,3	15,5	16,6	16,7	17,1	16,3	16,0	16,9
Номер опыта	25	26	27	28	29	30	31	32
Прочность, МПа	16,6	16,7	14,8	16,1	16,4	17,0	14,9	17,2
Номер опыта	33	34	35	36	37	38	39	40
Прочность, МПа	17,9	18,1	18,4	15,8	16,3	17,2	16,0	15,7
Номер опыта	41	42	43	44	45	46	47	48
Прочность, МПа	19,3	15,1	16,3	17,2	15,0	16,1	18,3	16,0
Номер опыта	49	50	51	52	53	54	55	56
Прочность, МПа	16,9	19,1	16,3	17,7	18,8	13,6	15,9	18,3
Номер опыта	57	58	59	60	61	62	63	64
Прочность, МПа	15,8	17,0	18,1	16,1	16,4	19,0	15,8	18,2
Номер опыта	65	66	67					
Прочность, МПа	16,0	16,0	18,4					

Определить:

- основные числовые характеристики случайной величины.

АПР №2 Предварительная обработка экспериментальных данных.

Построить, используя данные задачи АПР №1 :

- ряд вариационный распределения прочности бетона;

- статистическую функцию распределения;
- полигон распределения прочности бетона;
- гистограмму распределения прочности бетона.

АПР №3 Точечное оценивание.

Используя данные АПР №1 определить доверительный интервал для:

- математического ожидания;
- дисперсии;
- количество испытаний обеспечивающих точность статистических выводов $\delta \leq 2$ и прочность бетона с обеспеченностью $P=0,95$.

АПР №4 Отсев грубых погрешностей. При испытаниях древесины сосны получены значения предела прочности при сжатии вдоль волокон в испытанных образцах, МПа: 36,0 65,0 40,0 41,5 42,5 51,0 44,0 46,5 38,0 33,0 48,0. Провести проверку на наличие грубых ошибок по критериям Диксона и Н.В. Смирнова при доверительной вероятности 0,95, если известно, что распределение показателя соответствует нормальному.

АПР №5 Корреляционный анализ. Для установления корреляционной связи между переменными X и Y результаты наблюдений представлены в виде корреляционной матрицы (таблица). Оценить связь между переменными X и Y количественно и оценить статистически. Выполнить проверку достоверности коэффициента корреляции.

Корреляционная матрица

X \ Y	10-12 11	12-14 13	14-16 15	16-18 17	18-20 19	20-22 21	22-24 23	24-26 25	26-28 27	28-30 29	30-32 31	32-34 33	m_x
20-30 25	3	2											5
30-40 35		6	4					1					11
40-50 45		1	13	5									19
50-60 55		1	2	4	8								15
60-70 65			1		4	4	2						11
70-80 75					2	6	6	1					15
80-90 85							1	5					6
90-100 95								1	4	1			6
100-110 105									2	4	1	1	8
110-120 115										1		1	2
120-130 125												1	1
m_y	3	10	20	9	14	10	9	8	6	6	1	3	

АПР №6 Дисперсионный (факторный) анализ. Пусть на восьми станках изготавливаются однотипные детали. Требуется установить, одинакова ли точность станков. Для каждого станка проводили по три параллельных измерения размеров детали. Результаты наблюдений представлены в таблице.

$X_1 - X_8$ – факторы (станки), $Y_1 - Y_2$ – выходная величина (результаты измерений).

Номер уровня (номер станка)	Уровень фактора	Параллельные значения, мм		
		Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	X ₁	68,15	66,50	65,90
2	X ₂	68,90	66,90	66,50
3	X ₃	61,15	61,40	58,30
4	X ₄	62,12	61,50	58,60
5	X ₅	72,00	68,85	70,35
6	X ₆	71,10	68,40	72,30
7	X ₇	64,90	65,00	61,80
8	X ₈	61,40	58,80	61,90

АПР №7 Априорное ранжирование факторов (психологический эксперимент).

Проведен опрос четырех специалистов ($m = 4$) с помощью анкеты, содержащей 12 факторов ($k = 12$), которые нужно проранжировать с учетом степени их влияния на результаты опроса. Результаты опроса представлены в таблице.

Таблица результатов опроса специалистов

Специалисты m	Факторы (k)											
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
1	8	10,5	10,5	10,5	1	2,5	2,5	10,5	5	4	7	6
2	8	9	10	11	1	6,5	6,5	12	2	3	4	5
3	6	7,5	7,5	11	2	4,5	4,5	12	1	3	9,5	9,5
4	7	4	8	10,5	2	10,5	10,5	10,5	1	3	5,5	5,5

Оценить согласованность мнений всех специалистов. Построить диаграмму рангов. Определить факторы обладающие наибольшим влиянием на выходной параметр.

АПР №8 Планирование и обработка результатов пассивного эксперимента.

Построить регрессионную модель по результатам исследований стационарного непрерывного технологического процесса, считая, что предпосылки регрессионного анализа выполняются (таблица).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X₁	11	12,6	16,7	19	11,3	12	21,2	24	14,1	19,3	20,5	21	12,5
X₂	93	92	89	87	94	88,5	89,5	93,5	93,8	95	94,5	92,3	92,2
Y	10,7	13,0	19,3	23,2	11,4	12,1	27,3	29,6	15,6	24,1	25,5	26,4	13,1
	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
X₁	16,5	22	19,5	13,5	17,5	20	22	22,3	24,1				
X₂	96	91,3	92,5	97	93,3	92	98	94,5	95				
Y	19,3	27,9	24	14,4	21	24,7	28	28,8	29,6				

Методом наименьших квадратов определить параметры C и n уравнения Пэриса $dl/dn = C(\Delta K)^n$ по результатам наблюдений за ростом усталостной трещины при испытании внецентренно растянутого образца. Коэффициент интенсивности напряжения $K = P/(t \times W^{0,5}) \times (29,6 \times (l/W)^{0,5} - 185,5 \times (l/W)^{1,5} + 655,7 \times (l/W)^{2,5} - 1017 \times (l/W)^{3,5} + 638,9 \times (l/W)^{4,5})$.

$W=79,6$ мм, $t=12$ мм. $P_{max}=1700$ кг, $P_{min}=100$ кг. Результаты наблюдений за ростом трещины:

l , мм	27.475	27.8625	28.4125	28.95	29.375	29.9	30.35
N , цикл	10500	16000	21800	28000	31900	36200	40400
l , мм	30.85	31.375	31.725	32.075	32.45	32.9	33.425
N , цикл	43500	46800	49700	51900	54000	56000	58600
l , мм	33.9875	34.5	34.95	35.4	35.875	36.4	36.925
N , цикл	61100	63500	65900	67500	69200	70700	72300
l , мм	37.4	37.875	38.375	38.825	39.3	39.85	40.35
N , цикл	73700	75000	76000	77300	78300	79600	80400
l , мм	40.85	41.375	41.875	42.425			
N , цикл	81200	82000	82500	83100			

АПР №9 Активный эксперимент. Планирование первого порядка. Исследовался процесс изменения температуры в узле трения. Ранее было выяснено, что на температуру в узлах трения без смазки влияют следующие факторы: удельная нагрузка p , скорость скольжения v и первоначальная шероховатость трущейся шейки стального валика R_a .

Для оценки влияния указанных факторов и математического описания процесса трения использована модель первого порядка вида

$$\hat{y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3.$$

Рассматриваемый пример – полный факторный эксперимент типа 2^3 . X_1 , X_2 , X_3 – факторы, а y – исследуемая величина (температура в узле трения).

Значения выбранных уровней варьируемых факторов даны в таблице.

Уровень варьируемых факторов	Обозначение кодовое	p , кг/см ²	v , м/с	R_a , мкм
		X_1	X_2	X_3
Основной уровень	0	6,84	0,59	1,57
Интервал варьирования	Δx_i	4,00	0,31	0,92
Верхний уровень	+1	10,84	0,90	0,65
Нижний уровень	-1	2,84	0,28	2,50

Каждый опыт проводили трижды. Порядок постановки опытов определяли с помощью таблиц случайных чисел. Матрица планирования эксперимента и результаты испытаний представлены в таблице.

№ опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	y_1	y_2	y_3
1	+	-	-	-	+	+	+	-	57	60	55
2	+	+	-	-	-	-	+	+	57	55	52
3	+	-	+	-	-	+	-	+	80	85	90
4	+	+	+	-	+	-	-	-	120	125	130
5	+	-	-	+	+	-	-	+	50	55	45
6	+	+	-	+	-	+	-	-	54	55	60
7	+	-	+	+	-	-	+	-	55	50	60
8	+	+	+	+	+	+	+	+	98	105	115

АПР №10 Дробный факторный эксперимент. Построить план ДФЭ 2^{4-1} для определения полинома

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4$$

Число факторов – 4. Нужно найти 8 коэффициентов полинома. Выбрать 8 из 16 опытов плана ПФЭ 2^4 таким образом, чтобы можно было определить независимые коэффициенты при самих факторах, смешанные коэффициенты при парных сочетаниях факторов и в пренебрежении тройными и четверным сочетаниями факторов и при этом сохранялась ортогональность плана.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y	
				ПФЭ 2^4	ДФЭ 2^{4-1}
-1	-1	-1	-1	1	
+1	-1	-1	-1	2	
-1	+1	-1	-1	3	
+1	+1	-1	-1	4	
-1	-1	+1	-1	5	
+1	-1	+1	-1	6	
-1	+1	+1	-1	7	
+1	+1	+1	-1	8	
-1	-1	-1	+1	9	
+1	-1	-1	+1	10	
-1	+1	-1	+1	11	
+1	+1	-1	+1	12	
-1	-1	+1	+1	13	
+1	-1	+1	+1	14	
-1	+1	+1	+1	15	
+1	+1	+1	+1	16	

АПР №11 Дробный факторный эксперимент. План ДФЭ 24-1 полинома

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4$$

представлен в виде виде

U	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₁ x ₄	x ₂ x ₃	x ₂ x ₄	x ₃ x ₄	Y
1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	10
2	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	8
3	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	8
4	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	7
5	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	9
6	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	8
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	8
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6,5

Определить независимые коэффициенты при самих факторах, смешанные коэффициенты при парных сочетаниях факторов.

Приложение 2

«Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

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

Код индикатора	Индикаторы достижения компетенций	Оценочные средства
----------------	-----------------------------------	--------------------

Код индикатора	Индикаторы достижения компетенций	Оценочные средства
ОПК-1 – Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук		
ОПК-1.1	Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Случайная величина это: а) результат измерения; б) шкала; в) число 2. Наиболее наглядный способ задания функции: а) описательный; б) графический; в) аналитический; г) умозрительный; д) с помощью формулы; е) с помощью таблицы 3. В косвенных измерениях искомая величина определяется: а) непосредственным измерением; б) расчетом по формуле. 4. Количественное сравнение двух однородных величин дает оценку: а) абсолютную; б) относительную; в) систематическую; г) случайную 5. Понятие эксперимента, его роль в исследованиях и принятии решений. 6. Классификация видов экспериментальных исследований. 7. Варианта, которая имеет наибольшую частоту называется: а) частотой; б) частотностью; в) медианой; г) дисперсией; д) модой 8) Варианта, которая делит вариационный ряд на две равные части называется: а) частотой; б) частотностью; в) медианой; г) средне-квадратическим отклонением; д) коэффициентом вариации 9). Разность между наибольшим и наименьшим значениями случайной величины называется: а) частотой; б) шагом разбиения; в) размахом 10) Каким образом производится построение вариационного ряда, статистической функции распределения, гистограммы одномерной случайной величины? 11. Прямые и косвенные измерения. 12. Критерии оценки грубых погрешностей 13. Определение числа повторений опыта 14. Оценивание с помощью доверительного интервала: доверительный интервал для математического ожидания. 15. Оценивание с помощью доверительного интервала: доверительный интервал для дисперсии. 16. В чем принципиальное отличие метода ранговой корреляции от других методов исследования? 17. В каких случаях метод ранговой корреляции не дает желаемого эффекта? 18. Какова общая стратегия исследования при

Код индикатора	Индикаторы достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>определении факторов, влияющих на процесс.</p> <p>19. Для чего служат коэффициент конкордации?</p> <p>20. Что характеризует матрица рангов?</p> <p>21. Как по диаграмме рангов определить факторы, оказывающие существенное влияние на исследуемый процесс?</p> <p>22. Какого типа практические задачи обычно решают методом дисперсионного анализа?</p> <p>23. Что называется полным факторным экспериментами?</p> <p>24. Как выбираются факторы планирования, их основные (базовые) уровни и интервалы варьирования?</p> <p>25. Указать порядок проведения эксперимента методом ПФЭ.</p> <p>26. Как составляется матрица планирования ПФЭ?</p> <p>27. Как выбрать центр плана эксперимента?</p> <p>28. Чем определяется величина интервала варьирования фактора?</p> <p>29. Почему необходимо проведение параллельных опытов и их рандомизация?</p> <p>30. Как зависит число уровней варьированных факторов от порядка имитационной модели, представленной в виде полинома?</p> <p>31. Что такое статистическая гипотеза и на основании чего ее можно принять или отвергнуть?</p> <p>32. Как проверяется гипотеза о равенстве двух выборочных средних значений случайной величины?</p> <p>33. В каких случаях применяется критерий Кохрена и как с его помощью можно оценить однородность дисперсий?</p> <p>34. Каков порядок статистической обработки и анализа результатов эксперимента?</p> <p>35. Как проверить значимость оценок коэффициентов регрессии?</p> <p>36. Поясните различие применения критерия Стьюдента для оценки выборочных средних значений случайной величины и оценки значимости коэффициента полинома.</p> <p>37. При каких условиях оценки коэффициентов регрессии незначимы и как эти условия устранить?</p> <p>38. Как проверить адекватность математической модели?</p> <p>39. Что называется дробным факторным экспериментами?</p> <p>40. В каких случаях возможно планирование ДФЭ?</p> <p>41. Как можно оценить разрешающую способность матрицы ДФЭ?</p>

Код индикатора	Индикаторы достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>42. Указать преимущества факторного планирования эксперимента перед другими способами проведения активного эксперимента и пассивным экспериментом?</p> <p>43. Назовите основные отличия активного и пассивного экспериментов, их преимущества и недостатки.</p> <p>45. Каков порядок проведения пассивного эксперимента в производственных условиях?</p> <p>46. Какую информацию о качестве технологического процесса несут контролируемые в процессе производства параметры качества?</p> <p>47. В чем различие систематических и случайных погрешностей?</p> <p>48. Каким образом можно оценить вклад случайных и систематических погрешностей в точность технологического процесса?</p>
ОПК-1.1	Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата	<p>Примерные практические задания:</p> <p>1. Пусть имеется выборка из 10 наблюдений (то есть $N=10$):</p> $x_1=5, x_2=2, x_3=4, x_4=5, x_5=7, x_6=3, x_7=6, x_8=8, x_9=3, x_{10}=9.$ <p>2. Исследовать свойства одномерной случайной величины. Две установки должны напылять резисторы с одинаковыми сопротивлениями. При замеры получены следующие данные (в Ом):</p> <p>Установка 1 (X_1): 1095, 1025, 938, 915, 1012, 980, 975, 990, 1000, 974;</p> <p>Установка 2 (X_2): 942, 938, 1010, 1030, 973, 915, 990, 970, 925, 1045, 1100, 1020, 985, 1082, 1065, 1090.</p> <p>Определить, одинаково ли налажены установки.</p> <p>3. При измерении толщины слоя окисла после диффузии в большой партии пластин получилась следующая выборка: 30, 29, 28, 31, 34, 30, 28, 29, 29, 28, 30, 28, 31, 30, 29, 30, 28, 31, 30, 28, 28 мкм.</p> <p>Определить наличие грубых ошибок.</p> <p>4. 2. Выполнено четыре серии измерений одной и той же величины в различных условиях и получены следующие значения: $x_1=10,24, \sigma_1= 0,054; x_2=9,98, \sigma_2= 0,125; x_3=10,07, \sigma_3= 0,059; x_4=10,33, \sigma_4= 0,057;$. Найти средневзвешенное значение и произвести оценку</p>

Код индикатора	Индикаторы достижения компетенций	Оценочные средства																																																																																																						
		<p>точности.</p> <p>6. Определить, содержится ли грубая погрешность в результатах шестикратного взвешивания изделия: 72,361; 72,352; 72,357; 72,346; 72,344; 72,340 (г) при доверительной вероятности $p = 0,975$.</p>																																																																																																						
ОПК-1.2	<p>Решает типовые задачи в профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ</p>	<p>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания:</p> <p>Требуется исследовать процесс получения резистивных пленок рения с целью его оптимизации. В качестве критерия оптимизации берется температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Задача исследования – определить условия получения резистивных пленок с минимальным ТКС.</p> <p>Абсолютное значение верхнего и нижнего уровней факторов приведено в таблице 1.</p> <p>Таблица 1</p> <table border="1" data-bbox="687 981 1358 1064"> <thead> <tr> <th>Характеристика фактора</th> <th>X_1</th> <th>X_2</th> <th>X_3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>верхний уровень (+1)</td> <td>2550</td> <td>450</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td>нижний уровень (-1)</td> <td>2450</td> <td>350</td> <td>350</td> </tr> </tbody> </table> <p>План эксперимента представим виде матрицы ПФЭ типа 2^3 представлен в таблице 2</p> <p>Таблица 2</p> <table border="1" data-bbox="683 1283 1394 1783"> <thead> <tr> <th>Номер опыта</th> <th>Порядок проведения опыта</th> <th>X_{06}</th> <th>X_{16}</th> <th>X_{26}</th> <th>X_{36}</th> <th>$X_{16}X_{26}$</th> <th>$X_{16}X_{36}$</th> <th>$X_{26}X_{36}$</th> <th>$X_{16}X_{26}X_{36}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>3</td><td>6</td><td>+</td><td>-</td><td>-</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>8</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>7</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>2</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>5</td><td>7</td><td>4</td><td>+</td><td>-</td><td>-</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>5</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td><td>-</td></tr> <tr><td>7</td><td>2</td><td>8</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td><td>+</td><td>-</td><td>+</td><td>-</td></tr> <tr><td>8</td><td>5</td><td>1</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr> </tbody> </table> <p>Ниже приведены варианты результатов проведения полного факторного эксперимента. Провести обработку и анализ результатов ПФЭ.</p>	Характеристика фактора	X_1	X_2	X_3	верхний уровень (+1)	2550	450	450	нижний уровень (-1)	2450	350	350	Номер опыта	Порядок проведения опыта	X_{06}	X_{16}	X_{26}	X_{36}	$X_{16}X_{26}$	$X_{16}X_{36}$	$X_{26}X_{36}$	$X_{16}X_{26}X_{36}$	1	3	6	+	-	-	+	+	+	-	2	4	8	+	+	-	-	-	+	+	3	1	7	+	-	+	-	+	-	+	4	8	2	+	+	+	-	+	-	-	5	7	4	+	-	-	+	+	-	+	6	6	5	+	+	-	+	-	+	-	7	2	8	+	-	+	+	-	+	-	8	5	1	+	+	+	+	+	+	+
Характеристика фактора	X_1	X_2	X_3																																																																																																					
верхний уровень (+1)	2550	450	450																																																																																																					
нижний уровень (-1)	2450	350	350																																																																																																					
Номер опыта	Порядок проведения опыта	X_{06}	X_{16}	X_{26}	X_{36}	$X_{16}X_{26}$	$X_{16}X_{36}$	$X_{26}X_{36}$	$X_{16}X_{26}X_{36}$																																																																																															
1	3	6	+	-	-	+	+	+	-																																																																																															
2	4	8	+	+	-	-	-	+	+																																																																																															
3	1	7	+	-	+	-	+	-	+																																																																																															
4	8	2	+	+	+	-	+	-	-																																																																																															
5	7	4	+	-	-	+	+	-	+																																																																																															
6	6	5	+	+	-	+	-	+	-																																																																																															
7	2	8	+	-	+	+	-	+	-																																																																																															
8	5	1	+	+	+	+	+	+	+																																																																																															

Код индикатора	Индикаторы достижения компетенций	Оценочные средства									
		Вариант 1					1				
		Вариант 2									
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
		4,292	4,285	4,333	4,304	4,277	3,583	3,605	3,623	3,623	3,587
		8,385	8,390	8,404	8,421	8,390	6,555	6,564	6,523	6,559	6,511
		5,881	5,886	5,847	5,900	5,909	4,795	4,790	4,776	4,798	4,744
		13,349	13,332	13,357	13,342	13,356	9,504	9,530	9,524	9,557	9,530
		7,389	7,368	7,439	7,419	7,442	5,855	5,839	5,827	5,881	5,863
		20,252	20,271	20,271	20,258	20,310	13,040	13,011	13,045	13,061	13,036
		11,282	11,269	11,293	11,249	11,254	8,328	8,301	8,303	8,319	8,310
		66,571	66,613	66,562	66,585	66,620	25,586	25,544	25,578	25,562	25,556
		Вариант 3					3				
		Вариант 4									
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
		2,124	2,150	2,139	2,140	2,157	2,588	2,597	2,542	2,537	2,539
		3,382	3,394	3,368	3,374	3,372	4,191	4,165	4,152	4,129	4,138
		2,705	2,652	2,655	2,674	2,713	3,201	3,231	3,202	3,199	3,248
		4,307	4,242	4,276	4,317	4,255	5,509	5,453	5,448	5,511	5,445
		3,107	3,089	3,096	3,119	3,137	3,793	3,830	3,850	3,789	3,852
		5,081	5,148	5,123	5,092	5,073	6,718	6,752	6,760	6,709	6,743
		3,948	3,901	3,914	3,951	3,919	4,963	4,966	5,001	4,952	5,007
		6,873	6,920	6,932	6,858	6,869	9,738	9,753	9,702	9,746	9,737

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

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

Показатели и критерии оценивания зачета:

Результаты ответов обучающихся на зачете оцениваются по шкале «зачтено» – «не зачтено». В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций, формируемых на учебных занятиях по дисциплине «Металлические конструкции, включая сварку».

«Зачтено» – оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания основного материала.

«Не зачтено» – оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания.