

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИРГУПС)

УТВЕРЖДЕНА  
приказом и.о. ректора  
от «17» июня 2022 г. № 77

## Б1.О.08 Планирование научного эксперимента

### рабочая программа дисциплины

Специальность/направление подготовки – 12.04.01 Приборостроение

Специализация/профиль – Приборы и методы контроля качества и диагностики

Квалификация выпускника – Магистр

Форма и срок обучения – очная форма 2 года

Кафедра-разработчик программы – Физика, механика и приборостроение

Общая трудоемкость в з.е. – 3

Часов по учебному плану (УП) – 108

Формы промежуточной аттестации

очная форма обучения:

зачет 1 семестр

#### Очная форма обучения

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	1	Итого
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*</b>	51	<b>51</b>
– лекции	17	<b>17</b>
– практические (семинарские)	34	<b>34</b>
– лабораторные		
<b>Самостоятельная работа</b>	57	<b>57</b>
<b>Итого</b>	108	<b>108</b>

ИРКУТСК

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИРГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИРГУПС Трофимов Ю.А.

00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение, утвержденным Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 22.09.2017 № 957.

Программу составил(и):

к.х.н., доцент, доцент, О.М. Карпукова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена для использования в учебном процессе на заседании кафедры «Физика, механика и приборостроение», протокол от «17» июня 2022 г. № 16

Зав. кафедрой, к.т.н, доцент

С.В. Пахомов

<b>1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>1.1 Цель дисциплины</b>	
1	формирование навыков планирования экспериментов и приемов обработки их результатов с использованием методов математической статистики
<b>1.2 Задачи дисциплины</b>	
1	изучение статистических методов планирования экспериментов;
2	приобретение навыков обработки экспериментальных данных;
3	освоение методов анализа статистических данных и методов принятия решений

<b>2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП</b>	
Блок/часть ОПОП	Блок 1. Дисциплины / Обязательная часть
<b>2.1 Дисциплины и практики, на которых основывается изучение данной дисциплины</b>	
1	Дисциплина изучается на начальном этапе формирования компетенции
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых изучение данной дисциплины необходимо как предшествующее</b>	
1	Б1.О.01 Логика научного исследования
2	Б2.О.01(У) Учебная - ознакомительная практика
3	Б2.О.02(Н) Производственная - научно-исследовательская работа
4	Б2.О.03(П) Производственная - проектно-конструкторская практика
5	Б2.О.05(Пд) Производственная - преддипломная практика
6	Б3.01(Д) Подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
7	Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы

<b>3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>		
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-2 Способен организовать проведение научного исследования и разработку, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с обработкой, передачей и измерением сигналов различной физической природы в приборостроении	ОПК-2.1 Организует проведение научных исследований в целях разработки приборов и комплексов различного назначения	Знать: принципы и методы планирования научных экспериментов на основе дисперсионного и регрессионного анализа
		Уметь: составлять планы научных экспериментов с целью разработки приборов и технологий неразрушающего контроля, получать и обрабатывать экспериментальные данные с использованием аппарата дисперсионного и регрессионного анализа
		Владеть: способностью к организации проведения научных исследований в целях разработки приборов и комплексов различного назначения
	ОПК-2.2 Представляет и аргументированно защищает полученные результаты, связанные с научными исследованиями для создания и освоения разнообразных методик и аппаратуры, разработки и технологий производства приборов и комплексов различного назначения	Знать: суть поставленной задачи, технические средства и методы ее решения с применением математического планирования научных экспериментов
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения	Уметь: анализировать, представлять и аргументированно защищать результаты научных исследований по разработке аппаратуры и технологий неразрушающего контроля, спланированных с использованием принципов дисперсионного и регрессионного анализа
		Владеть: навыками планирования научных экспериментов на основе методов математической статистики, способами обработки, анализа, принятия решений и представления экспериментальных результатов
		Знать: методы планирования экспериментов для выявления значимого влияния факторов на объект исследования и поиска его оптимальных параметров
		Уметь: проводить критический анализ проблемной ситуации, выбирать методы планирования экспериментов для ее решения и вырабатывать стратегию действий в виде последовательности шагов
		Владеть: способностью к критическому мышлению, выбору стратегии действий и предвидению получаемых результатов

стратегию действий	участников этой деятельности	
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	Знать: методы планирования экспериментов с целью получения ожидаемых результатов при решении обозначенной проблемы
		Уметь: планировать и проводить эксперименты с целью получения ожидаемых результатов
	УК-2.2 Способен представлять результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения	Владеть: способностью к формулированию цели, задач, актуальности, значимости обозначенной проблемы, ожидаемых результатов исследований и возможной сферы их применения
		Знать: методы пошагового планирования экспериментов для решения конкретной задачи в рамках обозначенной проблемы
		Уметь: планировать и проводить эксперименты в соответствии с составленным планом; обрабатывать экспериментальные данные, анализировать и представлять полученные результаты
		Владеть: способностью представлять результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата; формировать план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				*Код индикатора достижения компетенции
		Семестр	Часы			
			Лек	Пр	Лаб	
<b>1.0</b>	<b>Раздел 1. Введение в планирование научных экспериментов с применением методов математической статистики, планы экспериментов, построенные по схеме дисперсионного анализа; приемы обработки результатов экспериментов; анализ полученных данных.</b>					
1.1	Тема 1. Методы математической статистики, используемые при планировании научных экспериментов. Основные этапы планирования эксперимента. Требования к факторам и отклику.	1	2	4	6	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
1.2	Тема 2. Теоретические основы дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ при равных и неравных строках (столбцах).	1	2	4	5	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
1.3	Тема 3. Иерархическая классификация многофакторного дисперсионного анализа. Трехфакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ при объединении выборок	1	2	4	6	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
1.4	Тема 4. Перекрестная классификация дисперсионного анализа. Эксперименты с повторением опытов и без повторения опытов	1	2	4	8	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
1.5	Тема 5. Модифицированные планы дисперсионного анализа: латинские квадраты и греко-латинские квадраты	1	1	2	5	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Построение уравнений регрессии и оценка их адекватности с использованием дисперсионного анализа.</b>					

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				*Код индикатора достижения компетенции	
		Семестр	Часы				
			Лек	Пр	Лаб		СР
2.1	Тема 6. Планирование экспериментов для изучения зависимости между двумя переменными. Получение уравнения прямой линии и оценка отклонения его от линейности с помощью дисперсионного анализа. Оценка адекватности нелинейного уравнения регрессии.	1	2	4		6	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
<b>3.0</b>	<b>Раздел 3. Моделирование с применением факторных экспериментов, способы обработки результатов экспериментов, анализ полученных данных.</b>						
3.1	Тема 7. Полный факторный эксперимент	1	2	4		5	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
3.2	Тема 8. Дробный факторный эксперимент	1	2	4		5	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
3.3	Тема 9. Центральные композиционные планы	1	1	2		5	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
3.4	Тема 10. Планирование экстремальных экспериментов. Метод крутого восхождения	1	1	2		6	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
	Форма промежуточной аттестации – зачет	1					ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2
	Итого часов (без учёта часов на промежуточную аттестацию)		17	34		57	

#### 5 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине оформлен в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещен в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет

#### 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 6.1 Учебная литература

##### 6.1.1 Основная литература

	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/онлайн
6.1.1.1	Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учеб. пособие для магистров / Н. И. Сидняев. М. : Юрайт, 2012. - 399с.	12
6.1.1.2	Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов - 2-е изд. пер. и доп. Н. И. Сидняев.. Москва : Юрайт, 2022. - 495с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://urait.ru/bcode/508082">https://urait.ru/bcode/508082</a> (дата обращения: 09.09.2022)	Онлайн
	<b>6.1.2 Дополнительная литература</b>	
	Библиографическое описание	Кол-во экз.

		в библиотеке/ онлайн
6.1.2.1	Афонин, В. В. Моделирование систем: учебно-практическое пособие : учебное пособие / В. В. Афонин, С. А. Федосин. Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ) Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 232с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232979">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232979</a> (дата обращения: 14.09.2022)	Онлайн
6.1.2.2	Гефан, Г. Д. Основы теории эксперимента : учебное пособие / Г. Д. Гефан, Н. К. Ширяева. Иркутск : ИрГУПС, 2017. - 136с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/134675">https://e.lanbook.com/book/134675</a> (дата обращения: 19.04.2023)	Онлайн
6.1.2.3	Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие - 5-е изд., испр. / И. Б. Рыжков. Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 224с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/183756">https://e.lanbook.com/book/183756</a> (дата обращения: 19.04.2023)	Онлайн
6.1.2.4	Шацов, А. А. Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие / А. А. Шацов, С. К. Гребеньков. Пермь : ПНИПУ, 2020. - 83с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/239642">https://e.lanbook.com/book/239642</a> (дата обращения: 19.04.2023)	Онлайн
<b>6.1.3 Учебно-методические разработки (в т. ч. для самостоятельной работы обучающихся)</b>		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.3.1	Карпукова О.М. Методические указания по изучению дисциплины Б1.О.08 Планирование научного эксперимента по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение, профиль Приборы и методы контроля качества и диагностики / О.М. Карпукова; ИрГУПС. – Иркутск : ИрГУПС, 2023. – 13 с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_3904_1408_2022_1_signed.pdf">https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_3904_1408_2022_1_signed.pdf</a>	Онлайн
<b>6.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>		
6.2.1	Электронно-библиотечная система «Образовательная платформа ЮРАЙТ», <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>	
6.2.2	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>	
<b>6.3 Программное обеспечение и информационные справочные системы</b>		
<b>6.3.1 Базовое программное обеспечение</b>		
6.3.1.1	Microsoft Windows Professional 10, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.2	Microsoft Office Russian 2010, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.3	FoxitReader, свободно распространяемое программное обеспечение <a href="http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/">http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/</a>	
6.3.1.4	Adobe Acrobat Reader DC свободно распространяемое программное обеспечение <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/">https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/</a>	
6.3.1.5	Яндекс. Браузер. Прикладное программное обеспечение общего назначения, Офисные приложения, лицензия – свободно распространяемое программное обеспечение по лицензии BSD License.	
<b>6.3.2 Специализированное программное обеспечение</b>		
6.3.2.1	Не предусмотрено	
<b>6.3.3 Информационные справочные системы</b>		
6.3.3.1	Не предусмотрены	
<b>6.4 Правовые и нормативные документы</b>		
6.4.1	Не предусмотрены	

<b>7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>		
1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15; корпус Л ИрГУПС находится – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80	
2	Учебная аудитория Г-110 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор (переносной), экран (переносной), компьютер. Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).	
3	Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», и обеспечены доступом в	

<p>электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС. Помещения для самостоятельной работы обучающихся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– читальные залы;</li> <li>– учебные залы вычислительной техники А-401, А-509, А-513, А-516, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507;</li> <li>– помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – А-521</li> </ul>
--

## 8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>Лекция (от латинского «lection» – чтение) – вид аудиторных учебных занятий. Лекция: закладывает основы научных знаний в систематизированной, последовательной, обобщенной форме; раскрывает состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники; концентрирует внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах; стимулирует познавательную активность обучающихся.</p> <p>Во время лекционных занятий обучающийся должен уметь сконцентрировать внимание на изучаемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого весь материал, излагаемый преподавателем, обучающемуся необходимо конспектировать. На полях конспекта следует пометить вопросы, выделенные обучающимся для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы лучше запоминались. Полезно составить краткий справочник, содержащий определения важнейших понятий лекции. К каждому занятию следует разобрать материал предыдущей лекции. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только в том случае, когда хорошо усвоен предыдущий вопрос. Ряд вопросов дисциплины может быть вынесен на самостоятельное изучение. Такое задание требует оперативного выполнения. В конспекте лекций необходимо оставить место для освещения упомянутых вопросов. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии</p>
Практическое занятие	<p>Практическое занятие – вид аудиторных учебных занятий, целенаправленная форма организации учебного процесса, при реализации которой обучающиеся по заданию и под руководством преподавателя выполняют практические задания. Практические задания направлены на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Практические занятия развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания обучающихся, выступают как средства оперативной обратной связи; цель практических занятий – углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции, в обобщенной форме и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности.</p> <p>На практических занятиях подробно рассматриваются основные вопросы дисциплины, разбираются основные типы задач. К каждому практическому занятию следует заранее самостоятельно выполнить домашнее задание и выучить лекционный материал к следующей теме. Систематическое выполнение домашних заданий обязательно и является важным фактором, способствующим успешному усвоению дисциплины</p>
Лабораторная работа	<p>Основной целью лабораторных работ является теоретическое обоснование, наглядное и/или экспериментальное подтверждение и/или проверка существенных теоретических положений (законов, закономерностей) анализ существующих методик и методов их реализации и т.д. Они занимают преимущественное место при изучении дисциплин обязательной части и части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.</p> <p>Исходя из цели, содержанием лабораторных работ могут быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальная проверка формул, методик расчета;</li> <li>- проведение натуральных измерений свойств, рабочих параметров, режимов работы при помощи лабораторного оборудования и/или стендов и макетов;</li> <li>- ознакомление, анализ и теоретические выкладки по устройству, принципу действия и способам обслуживания аппаратов, деталей машин, механизмов, процессов, протекающих в них при этом и т.д.;</li> <li>- наглядная графическая интерпретация чертежей, схем, объемных поверхностей и т.д., воспроизводимых с помощью специализированного программного обеспечения;</li> <li>- имитационное моделирование процессов, протекающих в сложных химических, физических, механических, электрических и пр. объектах;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наглядное представление о работе персонала конкретной организации или подразделения ОАО «РЖД» посредством моделирования штатных и внештатных ситуаций в виртуальных специализированных АРМ (автоматизированных рабочих мест);</li> <li>- установление и подтверждение закономерностей (путем сравнения проведенного эксперимента и рассчитанных значений) и т.д.;</li> <li>- ознакомление с методиками проведения экспериментов, наглядным устройством стенд-макетов и пр.;</li> <li>- установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик;</li> <li>- анализ различных характеристик процессов, в том числе производственных и иных процессов;</li> <li>- расчет параметров различных явлений и процессов, смоделировать которые не возможно в реальных условиях (например, чрезвычайные ситуации и пр.);</li> <li>- наблюдение развития явлений, процессов и др.</li> </ul> <p>Допускается иное содержание лабораторных работ, если это будет способствовать реализации целей и задач дисциплины и формированию соответствующих компетенций.</p> <p>По характеру выполняемых лабораторных работ возможны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ознакомительные работы, используемые для закрепления изученного теоретического материалы;</li> <li>- аналитические работы, используемые для получения новой информации на основе формализованных методов;</li> <li>- творческие работы, ориентированные на самостоятельный выбор подходов решения задач.</li> </ul> <p>Прежде, чем приступить к лабораторным занятиям, обучающимся необходимо повторить теоретический материал по теме работы. Каждая лабораторная работа оснащена методическими указаниями, разработанными преподавателями, ведущими дисциплину</p>
Самостоятельная работа	<p>Обучение по дисциплине «Планирование научного эксперимента» предусматривает активную самостоятельную работу обучающегося. В разделе 4 рабочей программы, который называется «Структура и содержание дисциплины», все часы самостоятельной работы расписаны по темам и вопросам, а также указана необходимая учебная литература: обучающийся изучает учебный материал, разбирает примеры и решает разноуровневые задачи в рамках выполнения как общих домашних заданий, так и индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) и других видов работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. При выполнении домашних заданий обучающемуся следует обратиться к задачам, решенным на предыдущих практических занятиях, решенным домашним работам, а также к примерам, приводимым лектором. Если этого будет недостаточно для выполнения всей работы можно дополнительно воспользоваться учебными пособиями, приведенными в разделе 6.1 «Учебная литература». Если, несмотря на изученный материал, задание выполнить не удастся, то в обязательном порядке необходимо посетить консультацию преподавателя, ведущего практические занятия, и/или консультацию лектора.</p> <p>Домашние задания, индивидуальные домашние задания и другие работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины должны быть выполнены обучающимся в установленные преподавателем сроки в соответствии с требованиями к оформлению текстовой и графической документации, сформулированным в Положении «Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль»</p>
Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет	



# **Приложение № 1 к рабочей программе**

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации**

## 1. Общие положения

Фонд оценочных средств (ФОС) является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися образовательной программы.

Фонд оценочных средств предназначен для использования обучающимися, преподавателями, администрацией ИрГУПС, а также сторонними образовательными организациями для оценивания качества освоения образовательной программы и уровня сформированности компетенций у обучающихся.

Задачами ФОС являются:

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
- самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания: валидность, надежность, объективность, эффективность.

Для оценки уровня сформированности компетенций используется трехуровневая система:

- минимальный уровень освоения, обязательный для всех обучающихся по завершению освоения образовательной программы; дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

- базовый уровень освоения, превышение минимальных характеристик сформированности компетенций; позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

- высокий уровень освоения, максимально возможная выраженность характеристик компетенций; предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

## 2. Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина.

### Программа контрольно-оценочных мероприятий. Показатели оценивания компетенций, критерии оценки

Дисциплина «Планирование научного эксперимента» участвует в формировании компетенций:

ОПК-2. Способен организовать проведение научного исследования и разработку, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с обработкой, передачей и измерением сигналов различной физической природы в приборостроении

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

#### Программа контрольно-оценочных мероприятий очная форма обучения

№	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
<b>1 семестр</b>				
<b>1.0</b>	<b>Раздел 1. Введение в планирование научных экспериментов с применением методов математической статистики, планы экспериментов, построенные по схеме дисперсионного анализа; приемы обработки результатов экспериментов; анализ полученных данных</b>			
1.1	Текущий контроль	Тема 1. Методы математической статистики, используемые при планировании научных экспериментов. Основные этапы планирования эксперимента. Требования к факторам и отклику.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
1.2	Текущий контроль	Тема 2. Теоретические основы дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ при равных и неравных строках (столбцах).	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
1.3	Текущий контроль	Тема 3. Иерархическая классификация многофакторного дисперсионного анализа. Трехфакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ при объединении выборок	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
1.4	Текущий контроль	Тема 4. Перекрестная классификация дисперсионного анализа. Эксперименты с повторением опытов и без повторения опытов	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
1.5	Текущий контроль	Тема 5. Модифицированные планы дисперсионного анализа: латинские квадраты и греко-латинские квадраты	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Построение уравнений регрессии и оценка их адекватности с использованием дисперсионного анализа</b>			
2.1	Текущий контроль	Тема 6. Планирование экспериментов для изучения зависимости между двумя переменными. Получение	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1	Тестирование (компьютерные технологии)

		уравнения прямой линии и оценка отклонения его от линейности с помощью дисперсионного анализа. Оценка адекватности нелинейного уравнения регрессии.	УК-2.2	
<b>3.0</b>	<b>Раздел 3. Моделирование с применением факторных экспериментов, способы обработки результатов экспериментов, анализ полученных данных</b>			
3.1	Текущий контроль	Тема 7. Полный факторный эксперимент	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
3.2	Текущий контроль	Тема 8. Дробный факторный эксперимент	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
3.3	Текущий контроль	Тема 9. Центральные композиционные планы	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
3.4	Текущий контроль	Тема 10. Планирование экстремальных экспериментов. Метод крутого восхождения	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тестирование (компьютерные технологии)
	Промежуточная аттестация	Раздел 1. Введение в планирование научных экспериментов с применением методов математической статистики, планы экспериментов, построенные по схеме дисперсионного анализа; приемы обработки результатов экспериментов; анализ полученных данных. Раздел 2. Построение уравнений регрессии и оценка их адекватности с использованием дисперсионного анализа. Раздел 3. Моделирование с применением факторных экспериментов, способы обработки результатов экспериментов, анализ полученных данных.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Зачет (собеседование) Зачет - тестирование (компьютерные технологии)

\*Форма проведения контрольно-оценочного мероприятия: устно, письменно, компьютерные технологии.

### **Описание показателей и критериев оценивания компетенций.**

#### **Описание шкал оценивания**

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки. Результаты оценивания учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации.

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций, а также краткая характеристика этих средств приведены в таблице.

#### Текущий контроль

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Тестирование (компьютерные технологии)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий

#### Промежуточная аттестация

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыков и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Перечень теоретических вопросов и практических заданий к зачету
2	Тест – промежуточная аттестация в форме зачета	Система автоматизированного контроля освоения компетенций (части компетенций) обучающимся по дисциплине (модулю) с использованием информационно-коммуникационных технологий. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий

#### Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета. Шкала оценивания уровня освоения компетенций

Шкала оценивания	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции
«зачтено»	Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Высокий
	Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый

	Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	Минимальный
«не зачтено»	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенция не сформирована

### Тест – промежуточная аттестация в форме зачета

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«зачтено»	Обучающийся верно ответил на 70 % и более тестовых заданий при прохождении тестирования
«не зачтено»	Обучающийся верно ответил на 69 % и менее тестовых заданий при прохождении тестирования

### Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

#### Тестирование

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Обучающийся верно ответил на 90 – 100 % тестовых заданий при прохождении тестирования
«хорошо»		Обучающийся верно ответил на 80 – 89 % тестовых заданий при прохождении тестирования
«удовлетворительно»		Обучающийся верно ответил на 70 – 79 % тестовых заданий при прохождении тестирования
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Обучающийся верно ответил на 69 % и менее тестовых заданий при прохождении тестирования

### 3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

#### 3.1 Типовые контрольные задания для проведения тестирования

Фонд тестовых заданий по дисциплине содержит тестовые задания, распределенные по разделам и темам, с указанием их количества и типа.

#### Структура фонда тестовых заданий по дисциплине

Индикатор достижения компетенции	Тема в соответствии с РПД	Характеристика ТЗ	Количество тестовых заданий, типы ТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 1. Методы математической статистики, используемые при планировании научных экспериментов. Основные этапы планирования эксперимента. Требования к факторам и отклику.	Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2		Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ

УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 2. Теоретические основы дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ при равных и неравных строках (столбцах).	Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 3. Иерархическая классификация многофакторного дисперсионного анализа. Трехфакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ при объединении выборок	<b>Знание</b>	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 4. Перекрестная классификация дисперсионного анализа. Эксперименты с повторением опытов и без повторения опытов	Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 5. Модифицированные планы дисперсионного анализа: латинские квадраты и греко-латинские квадраты	Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 6. Планирование экспериментов для изучения зависимости между двумя переменными. Получение уравнения прямой линии и оценка отклонения его от линейности с помощью дисперсионного анализа. Оценка адекватности нелинейного уравнения регрессии.	Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 7. Полный факторный эксперимент	Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 8. Дробный факторный эксперимент	Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 9. Центральные композиционные планы	<b>Знание</b>	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
ОПК-2.1 ОПК-2.2 УК-1.3 УК-2.1 УК-2.2	Тема 10. Планирование экстремальных экспериментов. Метод крутого восхождения	Знание	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Умение	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Навык, опыт деятельности, действие	2 – ЗТЗ 2 – ОТЗ
		Итого	60 – ЗТЗ 60 – ОТЗ

Полный комплект ФТЗ хранится в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС и обучающийся имеет возможность ознакомиться с демонстрационным вариантом ФТЗ.

Ниже приведен образец типового варианта итогового теста, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

1. Что такое измерение?

- а) сравнение измеряемой величины с исходной величиной;
- б) процесс получения опытным путем числового соотношения между измеряемой величиной и значением, принятым за единицу
- в) сравнение эталона и средства измерения
- г) поверка прибора

Ответ: б

2. Как называется средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера?

- а) мера
- б) измерительная система
- в) измерительный прибор
- г) измерительное средство

Ответ: в

3. Какое средство измерения вырабатывает сигнал измерительной информации в форме удобной для передачи, обработки или хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем?

- а) измерительный прибор
- б) мера;
- в) измерительный преобразователь
- г) измерительное средство

Ответ: в

4. Как называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины?

- а) погрешность измерения
- б) неточность измерения
- в) искажение измерения
- г) промах

Ответ: а

5. Абсолютная погрешность имеет размерность

- а) в процентах
- б) в долях
- в) в единицах измеряемой физической величины
- г) безразмерная величина

Ответ: в

6. Что является наиболее близким к истинному значению измеряемой величины при многократных измерениях одной и той же величины

- а) среднее геометрическое
- б) среднее арифметическое
- в) среднее квадратичное
- г) математическая дисперсия

Ответ: б

7. Для обеспечения нахождения случайных величин с вероятностью не выше 0,683 выбирается доверительный интервал  $\pm \dots \sigma$

Ответ: 3

8. Точность результата прямого технического измерения определяется ... относительных погрешностей измерительного прибора (измерительного преобразователя), методической погрешности способа измерения и др.

Ответ: разностью



9. Какое требование к отклику или факторам является лишним при математическом планировании эксперимента?

- а) Отклик должен быть количественным и измеряться при любой комбинации факторов и их уровней.
- б) Фактор может быть количественным или качественным.
- в) Значение фактора не должно быть равно нулю.
- г) Фактор должен непосредственно влиять на объект исследования.

Ответ: г

10. Какой критерий используется для принятия решения о значимости влияния фактора на объект исследования при использовании дисперсионного анализа?

- а) Граббса.
- б) Фишера.
- в) Кохрена.
- г) Бартлетта.

Ответ: б

11. Выделяют следующие виды дисперсионного анализа

- а) с простыми измерениями и с повторными
- б) для качественных и для количественных признаков
- в) одномерный и многомерный
- г) однофакторный и многофакторный

Ответ: а, в, г

12. Если параметр распределён в соответствии с нормальным распределением, то в интервале  $\mu \pm \sigma$  лежит \_\_\_\_\_ всех значений параметра

Ответ: 68,26%

13. Если переменная имеет только два возможными значениями, то её называют...

Ответ: бинарной

14. Интервал, в который попадает истинное значение измеряемой величины с заданной вероятностью, называют ...

Ответ: доверительным интервалом

15. Нормальное распределение однозначно задаётся всего двумя величинами. Какими?

Ответ: математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением

16. Обнаружение статистически значимых, но логически не объяснимых корреляций принципиально возможно. Да или нет?

Ответ: Да

17. При описании результатов корреляционного анализа кроме словесного указания на наличие или отсутствие связи необходимо указать значение коэффициента корреляции, уровень р-значения и ....

Ответ: число наблюдений

18. Распределение вероятностей, которое задаётся функцией Гаусса, называется

Ответ: нормальным распределением

### 3.2 Перечень теоретических вопросов к зачету (для оценки знаний)

1. Предмет и задачи математической статистики. Основные методы математической статистики, применяемые при планировании научных экспериментов
2. Основные этапы планирования экспериментов с применением методов математической статистики
3. Требования к факторам и отклику
4. Теоретические основы дисперсионного анализа
5. Однофакторный дисперсионный анализ при равных строках (столбцах).
6. Однофакторный дисперсионный анализ при неравных строках (столбцах).
7. Иерархическая классификация многофакторного дисперсионного анализа
8. Трёхфакторный дисперсионный анализ с иерархической классификацией: план, обработка и анализ результатов

9. Двухфакторный дисперсионный анализ с иерархической классификацией при объединении выборок: план, обработка и анализ результатов
10. Перекрестная классификация дисперсионного анализа: эксперименты с повторением опытов (план, обработка и анализ результатов)
11. Перекрестная классификация дисперсионного анализа: эксперименты без повторения опытов (план, обработка и анализ результатов)
12. Модифицированные планы дисперсионного анализа: латинские квадраты (план, обработка и анализ результатов)
13. Модифицированные планы дисперсионного анализа: греко-латинские квадраты (план, обработка и анализ результатов)
14. Основы корреляционно-регрессионного анализа. Корреляция, линейный коэффициент корреляции
15. Построение уравнения прямой линии с помощью метода наименьших квадратов; анализ уравнения прямой
16. Линеаризация нелинейных зависимостей путем преобразования переменных. Множественный коэффициент детерминации
17. Оценка адекватности уравнения регрессии с помощью дисперсионного анализа
18. Математическое планирование эксперимента и основные его понятия
19. Полный факторный эксперимент
20. Составление матрицы планирования эксперимента, свойства матрицы планирования
21. Расчет коэффициентов модели и оценка их значимости
22. Оценка адекватности модели и ее анализ
23. Дробный факторный эксперимент и условия его постановки
24. Построение матрицы дробного факторного эксперимента: полуреплика и четвертьреплика
25. Определение эффектов смешения с помощью генерирующего соотношения и определяющего контраста
26. Выбор генерирующих соотношений с целью наилучшего выделения влияющих факторов
27. Центральные композиционные планы (ЦКП)
28. Цель и принцип построения ЦКП
29. Построение ортогонального ЦКП для двух факторов, расчет коэффициентов и оценка адекватности модели
30. Построение ортогонального ЦКП для трех факторов, расчет коэффициентов и оценка адекватности модели
31. Принцип планирования экстремальных экспериментов с использованием метода крутого восхождения
32. Выбор шага движения по градиенту
33. Расчет мысленных опытов

### **3.3 Перечень типовых простых практических заданий к зачету**

(для оценки умений)

1. Планирование и обработка результатов однофакторного дисперсионного анализа при равных и неравных строках (столбцах)
2. Планирование и обработка результатов трехфакторного дисперсионного анализа
3. Планирование и обработка результатов двухфакторного дисперсионного анализа при объединении выборок
4. Планирование и обработка результатов экспериментов с перекрестной классификацией дисперсионного анализа
5. Использование модифицированных планов дисперсионного анализа (латинские квадраты и греко-латинские квадраты)
6. Получение уравнений регрессии и оценка их адекватности

7. Получение и анализ моделей при использовании полного факторного эксперимента
8. Получение и анализ моделей при использовании дробного факторного эксперимента
9. Получение и анализ моделей при использовании центральных композиционных планов
10. Выбор шага движения по градиенту, расчет мысленных опытов при использовании метода крутого восхождения

### 3.4 Перечень типовых практических заданий к зачету

(для оценки навыков и (или) опыта деятельности)

1. Использовали трехфакторный дисперсионный анализ с построением плана по иерархической схеме. Цель эксперимента – оценка однородности покрытия листов жести оловом и выбор оптимальных условий измерения толщины покрытия на рентгеновском спектрометре. Аналитическим сигналом служила интенсивность  $K\alpha$ -линии рентгеновского спектра олова, а факторами являлись однозначность установки излучателя в спектрометр (фактор 1), различие толщины покрытия для разных сторон одного и того же излучателя (фактор 2), однородность двусторонней толщины покрытия для листа жести (фактор 3).

Эксперимент проводили следующим образом: из разных мест одного и того же листа жести вырезали 8 ( $Q = 8$ ) образцов-излучателей (диски диаметром 4 см) и от каждого диска с двух сторон ( $K = 2$ ) регистрировали интенсивность  $K\alpha$ -линии олова при двукратной ( $M = 2$ ) независимой установке диска в спектрометр. При одной установке аналитический сигнал измеряли дважды ( $n = 2$ ). Таким образом, суммарную погрешность эксперимента ( $S_{\text{сумм}}$ )<sup>2</sup> разлагали на следующие составляющие:

$$(S_{\text{сумм}})^2 = (S_{\text{изм}})^2 + (S_{\text{уст}})^2 + (S_{\text{стор}})^2 + (S_{\text{лист}})^2, \quad (1)$$

где  $(S_{\text{изм}})^2$  – дисперсия, характеризующая различие результатов измерений аналитического сигнала при одной установке излучателя в спектрометр, она зависит, в основном, от стабильности работы аппаратуры;

$(S_{\text{уст}})^2$  – дисперсия, характеризующая погрешность установки излучателя в спектрометр;

$(S_{\text{стор}})^2$  – дисперсия, определяющая различие толщины покрытия для разных сторон излучателя;

$(S_{\text{лист}})^2$  – дисперсия, характеризующая однородность двустороннего покрытия листа жести.

В таблице приведены результаты эксперимента для листа жести с толщиной оловянного покрытия 0,8 мкм. Определить составляющие суммарной дисперсии, рассчитать среднеквадратические отклонения (СКО)  $S_{\text{сумм}}$ ,  $S_{\text{изм}}$ ,  $S_{\text{уст}}$ ,  $S_{\text{стор}}$  и  $S_{\text{лист}}$  и соответствующие коэффициенты вариации в %:  $V_{\text{сумм}}$ ,  $V_{\text{изм}}$ ,  $V_{\text{уст}}$ ,  $V_{\text{стор}}$  и  $V_{\text{лист}}$ .

Результаты измерений аналитических сигналов

Образец	Сторона	Установ-ка	Измерения		Образец	Сторона	Установ-ка	Измерения	
			Xqkj1	Xqkj2				Xqkj1	Xqkj2
1	1	1	1	1	5	1	1	0,78	0,78
		2	1	1			2	0,76	0,77
	2	1	0,97	0,96		2	1	0,81	0,81
		2	1,02	1,04			2	0,81	0,8
2	1	1	0,88	0,88	6	1	1	1,13	1,14
		2	0,87	0,87			2	1,14	1,15
	2	1	0,72	0,74		2	1	1,23	1,23
		2	0,79	0,79			2	1,27	1,26
3	1	1	0,8	0,8	7	1	1	0,89	0,89
		2	0,78	0,77			2	0,89	0,87
	2	1	0,82	0,83		2	1	0,8	0,8
		2	0,82	0,83			2	0,81	0,82
4	1	1	0,82	0,8	8		1	0,97	0,97
		2	0,8	0,8			2	0,93	0,96
	2	1	0,86	0,85			1	0,97	0,95
		2	0,88	0,87			2	0,95	0,95

Определить дисперсию, характеризующую методическую погрешность:

$$(S_{\text{мет}})^2 = (S_{\text{изм}})^2 + (S_{\text{уст}})^2. \quad (2)$$

Вычислить коэффициент вариации  $V_{\text{мет}}$  и сделать вывод, удовлетворяет или не удовлетворяет установленная методическая погрешность требованиям ГОСТ 8.612-2011 и ГОСТ 18061-90, согласно которым допустимая погрешность  $V_{\text{доп}}$  измерения толщины покрытия радиационными методами неразрушающего контроля может быть равна  $V_{\text{доп}} = 2,0 \%$ .

Рассчитать величину методической погрешности  $V'_{\text{мет}}$  при двукратной независимой установке образца в спектрометр и двукратном измерении аналитического сигнала, используя следующую формулу для расчета дисперсии:

$$(V'_{\text{мет}})^2 = (V_{\text{изм}})^2/2 + (V_{\text{уст}})^2/2$$

Как изменится величина методической погрешности?

2. Требовалось установить, имеется ли различие ( $V_m$ ) в показаниях двух мультиметров ( $P = 2$ ) при измерении сопротивления в заданном диапазоне. С этой целью выбрали три резистора ( $Q = 3$ ) с различным номинальным значением сопротивления и каждым мультиметром для каждого резистора выполнили серию измерений, содержащую пять ( $N = 5$ ) значений сопротивления. Данные приведены в таблице.

Резистор	Мультиметр	Результаты измерения сопротивления резисторов, Ом				
		1	2	3	4	5
1	1	55,4	55,5	55,5	55,6	55,6
	2	55,4	55,4	55,5	55,5	55,5
2	1	125,1	125,2	125,3	125,3	125,3
	2	125	125	125	125,2	125,1
3	1	266	266	266	266	267
	2	266	266	266	265	265

**Замечание.** Перед обработкой данных по схеме дисперсионного анализа следует оценить однородность дисперсий, характеризующих погрешность измерения сопротивления в каждой из 6-ти полученных серий. Для этого необходимо использовать критерий Кохрена. При неоднородности указанных дисперсий, выраженных в единицах измеряемой величины, перейти к относительным значениям сопротивления.

3. Определяли коэффициенты теплового расширения спеченных прессовок 4-х марок титановых сплавов ( $K = 4$ ). С этой целью из сплава каждой марки двумя различными способами ( $m = 2$ ) изготовили по 2 прессовки ( $n = 2$ ). Таким образом получили 16 прессовок, для каждой из которых определили коэффициент теплового расширения. Полученные значения коэффициентов теплового расширения приведены в таблице.

Значения коэффициентов теплового расширения

Способ изготовления прессовок ( $m = 2$ )	Кол-во прессовок, изготовленных каждым способом ( $n = 2$ )	Сплавы ( $K = 4$ )			
		1	2	3	4
1	1	4,78	3,84	5,82	4,57
	2	4,28	5,28	5,77	5,44
2	1	4,46	4,73	4,76	4,30
	2	4,79	3,36	3,31	3,86

С помощью дисперсионного анализа установите, зависит ли коэффициент теплового расширения от марки сплава и способа изготовления прессовки. Оказывает ли влияние взаимодействие марки сплава и способа изготовления прессовки на коэффициент теплового расширения?

4. Проводился эксперимент по определению степени коробления пластин из медного сплава при четырех ( $m = 4$ ) значениях температуры (50, 75, 100 и 125 °C) и четырех ( $K = 4$ ) значениях содержания меди (40, 60, 80 и 100 %). Полученные значения степеней коробления приведены в таблице.

Значения степени коробления, отн. ед.

Температура, °C ( $m = 4$ )	Сплавы ( $K = 4$ ) с процентным содержанием меди			
	40	60	80	100

50	17	16	24	28
75	12	18	17	27
100	16	18	25	20
125	21	23	23	29

С помощью дисперсионного анализа установите, зависит ли степень корабления от содержания меди и температуры. Получите числовые оценки влияния факторов и их взаимодействия.

5. Изучали влияние ряда факторов на рабочие характеристики генератора переменного тока для ракеты-носителя. Измеряемой характеристикой было выходное напряжение переменного тока. Был составлен план эксперимента типа латинского квадрата  $5 \times 5$  со следующими факторами и их уровнями:

Фактор 1 – число листов в пакете сердечника ротора (сердечник ротора собран из отдельных пакетов штампованных листов, имеющих изоляционное покрытие); уровни первого фактора: 230, 240, 250, 260 и 270 листов.

Фактор 2 – число витков обмотки переменного тока в статоре; уровни второго фактора: 145, 150, 155, 160 и 165 витков.

Фактор 3 – качество изоляционного материала, определяемое визуально; уровни третьего фактора: наилучший А, затем В, С, D и наихудший Е.

Результаты эксперимента приведены в таблице. Оценить влияние каждого фактора на измеряемое напряжение.

Результаты измерения выходного напряжения, В

Роторы	Статоры				
	145	150	155	160	165
230	310 (С)	312 (В)	320 (А)	306 (D)	300 (Е)
240	309 (D)	310 (С)	324 (В)	300 (Е)	305 (А)
250	312 (В)	303 (Е)	325 (С)	307 (А)	302 (D)
260	316 (А)	306 (D)	318 (Е)	304 (С)	294 (В)
270	314 (Е)	308 (А)	323 (D)	309 (В)	303 (С)

6. На предприятии по производству полупроводников изучали процесс травления кремниевых стержней. Факторами служили: 1 – цвет азотной кислоты, используемой для приготовления травильного раствора, 2 – объем травильного раствора, 3 – размеры стержня, 4 – время нахождения стержня в травильном растворе.

Откликом являлась потеря массы стержня, характеризующая скорость травления. Был составлен план эксперимента типа греко-латинского квадрата  $5 \times 5$ , то есть число уровней  $n$  каждого фактора равнялось 5. Уровни первого и второго факторов обозначались цифрами 1, 2, 3, 4, 5; уровни третьего фактора буквами А, В, С, D, Е; уровни 4-го фактора буквами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  и  $\epsilon$ . Результаты эксперимента приведены в таблице.

Результаты эксперимента (потеря массы в мг)

Объем раствора (фактор 1)	Цвет кислоты (фактор 2)				
	1	2	3	4	5
1	0,65 А $\alpha$	0,82 В $\gamma$	1,08 С $\epsilon$	1,01 D $\beta$	1,26 Е $\delta$
2	0,84 В $\beta$	1,09 С $\delta$	0,73 D $\alpha$	0,97 Е $\gamma$	0,83 А $\epsilon$
3	1,05 С $\gamma$	1,29 D $\epsilon$	0,89 Е $\beta$	0,89 А $\delta$	0,52 В $\alpha$
4	1,19 D $\delta$	0,72 Е $\alpha$	0,76 А $\gamma$	1,17 В $\epsilon$	0,84 С $\beta$
5	0,97 Е $\epsilon$	0,59 А $\beta$	0,94 В $\delta$	0,78 С $\alpha$	1,06 D $\gamma$

Оценить влияние каждого фактора на скорость травления. Рассчитать доверительный интервал средних результатов измерений, построить графическую зависимость потери массы стержня от уровней каждого фактора.

7. Исследовали влияние температуры на выход продукта, полученные результаты приведены в таблице.

№ опыта	Температура процесса, °C (X)	Выход продукта, % (Y)	№ опыта	Температура процесса, °C (X)	Выход продукта, % (Y)
1	-5	1	7	1	9
2	-4	5	8	2	13
3	-3	4	9	3	14

4	-2	7	10	4	13
5	-1	10	11	5	18
6	0	8			

С использованием аппарата дисперсионного анализа оценить возможность описания наблюдаемой зависимости уравнением прямой линии:  $Y = a + bX$ .

8. Показания ультразвукового толщиномера зависят от температуры. Для введения поправок в результаты измерений толщины требовалось получить зависимость показаний прибора от температуры. Эксперимент планировали следующим образом: выбрали 6 значений температуры ( $m = 6$ ), при которых должен работать толщиномер, и при каждой температуре 6 раз ( $n = 6$ ) измерили толщину эталонного металлического образца. Результаты измерений приведены в таблице.

№ измерения	Температура, °C ( $X_i$ )	Показания прибора, мм ( $Y_{ij}$ )	№ измерения	Температура, °C ( $X_i$ )	Показания прибора, мм ( $Y_{ij}$ )
1	-10	14,92	19	20	14,99
2	-10	14,93	20	20	15
3	-10	14,92	21	20	14,99
4	-10	14,91	22	20	14,98
5	-10	14,93	23	20	15
6	-10	14,93	24	20	15
7	0	14,95	25	30	15
8	0	14,95	26	30	15,02
9	0	14,95	27	30	15,02
10	0	14,95	28	30	15,01
11	0	14,95	29	30	15,01
12	0	14,95	30	30	15
13	10	14,97	31	40	15,02
14	10	14,98	32	40	15,03
15	10	14,97	33	40	15,02
16	10	14,97	34	40	15,01
17	10	14,97	35	40	15,02
18	10	14,97	36	40	15,03

Обработать полученные данные с целью проверки возможности описания зависимости прямой линией.

9. Изучали процесс термической обработки стальных отливок на автоматической установке. Откликом служила твердость отливки. Фактор 1 – продолжительность нагрева отливки (нижний уровень 40 с, верхний уровень 63 с); фактор 2 – продолжительность закалки (нижний уровень 12 с, верхний уровень 30 с); фактор 3 – продолжительность отпуска (нижний уровень 21 с, верхний уровень 55 с). Функцию отклика аппроксимировали полиномом:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + a_{123}X_1X_2X_3$$

План эксперимента и полученные значения отклика приведены в таблице.

Номер опыта	План эксперимента			Измеренные значения отклика (твердость), усл. ед	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$
1	-1	-1	-1	71	70,5
2	1	-1	-1	70,5	70
3	-1	1	-1	72	71,5
4	1	1	-1	71	69
5	-1	-1	1	71	70,5
6	1	-1	1	70	69,5
7	-1	1	1	71,5	72,5

8	1	1	1	74	71
---	---	---	---	----	----

Построить полную матрицу планирования, рассчитать коэффициенты влияния, оценить их значимость, проверить адекватность математической модели, записать модель и привести ее нормированный вид.

10. С помощью дробного факторного эксперимента изучали процесс диспергирования водных красителей в растворах двух типов, откликом  $Y$  служила отражательная способность (%) окрашенных двумя различными способами поверхностей. Отражательную способность измеряли при двух длинах волн отражаемого излучения. То есть факторами являлись:

$X_1$  – тип раствора;

$X_2$  – время выдерживания раствора после введения красителя (30 мин и 7 дней);

$X_3$  – способ нанесения красителя на поверхность;

$X_4$  – длина волны отражаемого излучения.

Планировали полуреплику, присвоив фактору  $X_4 = X_1X_2X_3$ , сократив таким образом число опытов с 16 до 8. Записать определяющий контраст и смешиваемые эффекты, дополнить матрицу планирования необходимыми вектор-столбцами. Рассчитать коэффициенты влияния, оценить их значимость, записать модель и проверить ее адекватность

Матрица планирования эксперимента (полуреплика)

Номер опыта	Уровни факторов							Значения отклика, $Y$ , %		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$				$Y_1$	$Y_2$	$Y_{cp}$
1	-1	-1	-1	-1				47	45	
2	1	-1	-1	1				9,5	7,5	
3	-1	1	-1	1				10,0	9,0	
4	1	1	-1	-1				46	44	
5	-1	-1	1	1				7,0	6,0	
6	1	-1	1	-1				47	46	
7	-1	1	1	-1				44	43	
8	1	1	1	1				12	11,0	

11. Изучали процесс дезактивации территории. Показателем его эффективности служила остаточная  $\beta$ -активность ( $y$ , отн. ед.). Планировали полный четырехфакторный эксперимент, число опытов в котором составляло  $N = 2^4 = 16$ . Факторами служили характеристики используемого для дезактивации раствора:  $x_1$  – количество введенного сульфата алюминия;

$x_2$  – количество введенного хлорида бария;  $x_3$  – количество введенного углерода;

$x_4$  – значение pH раствора.

Дисперсия  $S_B^2$ , характеризующая воспроизводимость значений отклика ( $y$ ), была установлена заранее при числе степеней свободы  $f = 16$  и равнялась 8100. Поэтому при постановке эксперимента каждый опыт проводили один раз:  $n = 1$ . Уровни 4-х факторов в кодированном виде и результаты определения отклика ( $y$ ) в каждом опыте приведены в таблице.

Кодированные уровни факторов и значения отклика

Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y$ , отн.ед.
1	1	1	1	1	1	350
2	1	-1	1	1	1	135
3	1	1	-1	1	1	775
4	1	-1	-1	1	1	183
5	1	1	1	-1	1	238
6	1	-1	1	-1	1	188
7	1	1	-1	-1	1	1039
8	1	-1	-1	-1	1	650
9	1	1	1	1	-1	420
10	1	-1	1	1	-1	225
11	1	1	-1	1	-1	466

12	1	-1	-1	1	-1	191
13	1	1	1	-1	-1	298
14	1	-1	1	-1	-1	289
15	1	1	-1	-1	-1	1180
16	1	-1	-1	-1	-1	881

Функцию отклика представляли полиномиальной моделью:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{14}x_1x_4 + a_{23}x_2x_3 + a_{24}x_2x_4 + a_{34}x_3x_4 + a_{123}x_1x_2x_3 + a_{124}x_1x_2x_4 + a_{134}x_1x_3x_4 + a_{234}x_2x_3x_4 + a_{1234}x_1x_2x_3x_4.$$

1. Построить полную матрицу планирования четырехфакторного эксперимента, добавив столбцы в приведенную ниже таблицу. Определить коэффициенты влияния и оценить их значимость. Проверить адекватность модели.

2. Построить матрицу планирования дробного факторного эксперимента с числом опытов  $N_1 = 2^{4-2} = 4$ , называемую **четвертьрепликой**, используя следующие генерирующие соотношения (присвоения):  $x_3 = x_1x_2$ ;  $x_4 = x_1x_2x_3$ . Записать определяющие контрасты и с их помощью определить эффекты смешения влияния факторов и их взаимодействий. Вычислить коэффициенты влияния и оценить их значимость. Проверить расчет коэффициентов дробного эксперимента, сопоставив их с суммой четырех коэффициентов полного факторного эксперимента, соответствующих эффектам смешения. Оценить адекватность модели. Сделать вывод о близости модели дробного факторного эксперимента к модели полного факторного эксперимента.

12. Изучали зависимость выхода полезного продукта (отклик  $Y$ ) от двух компонентов питательной среды  $X_1$  и  $X_2$ . Функцию отклика представляли полиномом второй степени:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_{12}X_1X_2 + a_3(X_1)^2 + a_4(X_2)^2.$$

Для нахождения функции отклика составили ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП), представленный в таблице. В таблице в относительных единицах приведены экспериментально установленные значения выхода продукта  $Y$ . Погрешность определения  $Y$  характеризовалась коэффициентом вариации  $V = 3,6\%$ , установленном при числе степеней свободы  $f = 9$ . Рассчитать коэффициенты влияния, оценить их значимость, записать модель и проверить ее адекватность.

План ОЦКП

Номер опыта	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_3 = (X_1)^2 - c$	$X_4 = (X_2)^2 - c$	$Y$
1	1	-1	-1	1	0,333	0,333	62
2	1	1	-1	-1	0,333	0,333	131
3	1	-1	1	-1	0,333	0,333	95
4	1	1	1	1	0,333	0,333	137
5	1	$-\alpha = -1$	0	0	0,333	-0,667	102
6	1	$\alpha = 1$	0	0	0,333	-0,667	177
7	1	0	$-\alpha = -1$	0	-0,667	0,333	113
8	1	0	$\alpha = 1$	0	-0,667	0,333	158
9	1	0	0	0	-0,667	-0,667	147
$\sum_{q=1}^N X_{iq}^2$	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	

13. При разработке процесса ферментации, имеющего промышленное значение, изучали зависимость выхода полезного продукта (отклик  $Y$ ), вырабатываемого микроорганизмами, от трех компонентов питательной среды  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ . Функцию отклика представляли полным полиномом второй степени:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_1^2 + a_5X_2^2 + a_6X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + a_{123}X_1X_2X_3.$$



Для нахождения функции отклика составили ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП), представленный в таблице. Количество опытов N плана равнялось 15.

План ОЦКП

Номер опыта	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub> (X <sub>1</sub> <sup>2</sup> -с)	X <sub>5</sub> (X <sub>2</sub> <sup>2</sup> -с)	X <sub>6</sub> (X <sub>3</sub> <sup>2</sup> -с)	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	Y
1	1	-1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	1	1	1	-1	62,4
2	1	1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	-1	-1	1	1	131,2
3	1	-1	1	-1	0,27	0,27	0,27	-1	1	-1	1	95,2
4	1	1	1	-1	0,27	0,27	0,27	1	-1	-1	-1	136,8
5	1	-1	-1	1	0,27	0,27	0,27	1	-1	-1	1	110
6	1	1	-1	1	0,27	0,27	0,27	-1	1	-1	-1	160
7	1	-1	1	1	0,27	0,27	0,27	-1	-1	1	-1	147,2
8	1	1	1	1	0,27	0,27	0,27	1	1	1	1	168,8
9	1	-1,215	0	0	0,75	-0,73	-0,73	0	0	0	0	102,4
10	1	1,215	0	0	0,75	-0,73	-0,73	0	0	0	0	176,8
11	1	0	-1,215	0	-0,73	0,75	-0,73	0	0	0	0	112,8
12	1	0	1,215	0	-0,73	0,75	-0,73	0	0	0	0	158,4
13	1	0	0	-1,215	-0,73	-0,73	0,75	0	0	0	0	111,2
14	1	0	0	1,215	-0,73	-0,73	0,75	0	0	0	0	161,6
15	1	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	0	0	0	0	147,2
$\sum_{q=1}^N X_{iq}^2$	15	10,952	10,952	10,952	4,373	4,373	4,373	8	8	8	8	

В таблице в относительных единицах приведены экспериментально установленные значения выхода продукции Y. Погрешность определения Y характеризовалась среднеквадратическим отклонением S<sub>Y</sub> = 4,876, установленном при числе степеней свободы f = 15. Рассчитать коэффициенты влияния, оценить их значимость, записать модель и проверить ее адекватность

14. При выборе оптимальных условий рентгеноспектрального определения мышьяка в донных осадках изучали влияние напряжения (X<sub>1</sub>) на рентгеновской трубке и силы тока (X<sub>2</sub>) на статистическую погрешность счета импульсов  $V = (\sqrt{N} / \Delta N) \cdot 100\%$  (Y), где N и ΔN – соответственно число зарегистрированных импульсов на линии мышьяка совместно с фоном и без него. Поставили полный двухфакторный эксперимент (N = 2<sup>2</sup> = 4), натуральные значения верхнего и нижнего уровней факторов указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Натуральные уровни факторов

Фактор	Нижний уровень (-1)	Верхний уровень (+1)
X <sub>1</sub> (напряжение, кВ)	20	40
X <sub>2</sub> (сила тока, мА)	20	40

Матрица планирования эксперимента и значения отклика приведены в таблице 2. Дисперсия S<sub>B</sub><sup>2</sup>, характеризующая воспроизводимость значений отклика, установлена заранее при числе степеней свободы f = 12 и равняется 0,0075. При постановке эксперимента каждый опыт проводили один раз.

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента и значения отклика

Номер опыта	Матрица планирования			Значение отклика Y, %
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> ·X <sub>2</sub>	
1	1	1	1	2,5
2	-1	1	-1	3,3
3	1	-1	-1	2,7
4	-1	-1	1	3,8

Функцию отклика аппроксимировали полиномом

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_{12} \cdot X_1 \cdot X_2$$

Получить математическую модель для полного факторного эксперимента и оценить ее адекватность. Метод крутого восхождения не имеет смысла применять при неадекватной модели. Для каждого фактора, влияние которого значимо, выбрать шаг движения по градиенту и рассчитать 5-10 мысленных опытов.

15. Выбирали условия максимальной степени разложения (Y, %) боратов фосфорной кислотой. Оценивали влияние температуры процесса ( $X_1$ ), продолжительности реакции ( $X_2$ ) и концентрации фосфорной кислоты  $H_3PO_4$  ( $X_3$ ). Натуральные значения верхнего и нижнего уровней факторов указаны в таблице 1. Планировали полный трехфакторный эксперимент, число опытов в котором составляло  $N = 2^3 = 8$ . Матрица планирования и полученные значения отклика приведены в таблице 2. Дисперсия  $S_B^2$ , характеризующая воспроизводимость значений отклика (Y), установлена заранее при числе степеней свободы  $f = 30$  и равна 4,95. Поэтому при постановке эксперимента каждый опыт проводили один раз.

Таблица 1 – Натуральные уровни факторов

Фактор	Нижний уровень (-1)	Верхний уровень (+1)
$X_1$ , °C	30	80
$X_2$ , мин	20	60
$X_3$ , %	14	50

Таблица 2 – Кодированные уровни факторов и значения отклика

Номер опыта	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Y, %
1	1	1	1	1	86,9
2	1	-1	1	1	52
3	1	1	-1	1	74,5
4	1	-1	-1	1	34,4
5	1	1	1	-1	94,8
6	1	-1	1	-1	55,7
7	1	1	-1	-1	91
8	1	-1	-1	-1	51,8

Функцию влияния факторов на отклик представляли в виде полинома:

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + a_{123} X_1 X_2 X_3$$

Вычислить коэффициенты и оценить их значимость. Рассчитать предсказанные значения отклика  $\hat{Y}$ , используя только значимые коэффициенты. Найти остаточную дисперсию и оценить адекватность модели.

Для каждого j-го фактора, влияние которого значимо, выбрать шаг движения по градиенту и рассчитать 5-10 мысленных опытов, то есть натуральных значений уровней влияющих факторов.

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

В таблице приведены описания процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий и процедур оценивания результатов обучения с помощью оценочных средств в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Тестирование (компьютерные технологии)	Тестирование проводится по результатам освоения тем или разделов дисциплины или по окончании ее изучения во время практических занятий. Во время проведения тестирования пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций, тетрадями для практических занятий не разрешено. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения теста, доводит до обучающихся: темы, количество заданий в тесте, время выполнения. Результаты тестирования видны обучающемуся на компьютере сразу после прохождения теста

Для организации и проведения промежуточной аттестации составляются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Перечень теоретических вопросов и типовые практические задания разного уровня сложности для проведения промежуточной аттестации обучающиеся получают в начале семестра через электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС (личный кабинет обучающегося).

##### Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме зачета и оценивания результатов обучения

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета преподаватель может воспользоваться результатами текущего контроля успеваемости в течение семестра. С целью использования результатов текущего контроля успеваемости, преподаватель подсчитывает среднюю оценку уровня сформированности компетенций обучающегося (сумма оценок, полученных обучающимся, делится на число оценок).

##### Шкала и критерии оценивания уровня сформированности компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета по результатам текущего контроля (без дополнительного аттестационного испытания)

Средняя оценка уровня сформированности компетенций по результатам текущего контроля	Шкала оценивания
Оценка не менее 3,0 и нет ни одной неудовлетворительной оценки по текущему контролю	«зачтено»
Оценка менее 3,0 или получена хотя бы одна неудовлетворительная оценка по текущему контролю	«не зачтено»

Если оценка уровня сформированности компетенций обучающегося не соответствует критериям получения зачета без дополнительного аттестационного испытания, то промежуточная аттестация проводится в форме собеседования по перечню теоретических вопросов и типовых практических задач или в форме компьютерного тестирования.

Промежуточная аттестация в форме зачета с проведением аттестационного испытания проходит на последнем занятии по дисциплине.

При проведении промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования вариант тестового задания формируется из фонда тестовых заданий по дисциплине случайным

образом, но с условием: 50 % заданий должны быть заданиями открытого типа и 50 % заданий – закрытого типа.