

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)  
" 25 " 05 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Методы планирования эксперимента**

Направление подготовки

**27.04.02 Управление качеством**

Направленность подготовки

**Системы менеджмента качества инновационной деятельности**

Квалификация выпускника  
**Магистр**

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Методы планирования эксперимента» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

- 01 Образование и наука (в сферах: реализации основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ; научных исследований);

- 15 Рыбоводство и рыболовство (в сфере разработки и сопровождения системы управления качеством в организациях по производству продукции из рыбы и морепродуктов);

- 26 Химическое, химико-технологическое производство (в сфере производства химического и биотехнологического комплекса в части создания эффективной системы управления качеством на биотехнологическом производстве);

- 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере анализа и улучшения качества работы предприятий и организаций любой отраслевой принадлежности и организационной формы, совершенствования их систем управления качеством на основе принципов и подходов всеобщего управления качеством (TQM), а также научного исследования и совершенствования собственно систем управления качеством).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

- научно-педагогический;
- производственно-технологический;
- организационно-управленческий.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 27.04.02 Управление качеством.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями обучающийся должен:

№ п/п	Компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	ИД1 <sub>ук-1</sub> – Критически анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними ИД2 <sub>ук-1</sub> – Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе системного подхода, выработывает стратегию действий
2	ПКв-2	Способен производить анализ данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции	ИД1 <sub>пкв-2</sub> – Участвует в работах по организации сбора информации и статистических данных о претензиях и рекламациях к изготавливаемым изделиям

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 <sub>ук-1</sub> – Критически анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знает: методы установления закономерностей функционирования объектов с использованием методов планирования эксперимента
	Умеет: использовать системный подход для анализа проблемных ситуаций и выявления взаимосвязей факторов и откликов
	Владеет: методами планирования экспериментов для установления эмпирических зависимостей
ИД2 <sub>ук-1</sub> – Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе системного подхода, вырабатывает стратегию действий	Знает: методы анализа результатов измерения показателей для решения задачи оптимизации
	Умеет: проводить исследования результатов активного и пассивного эксперимента с целью определения стратегии разрешения проблемной ситуации
	Владеет: навыком проведения оптимального эксперимента для выявления наилучших условий функционирования объектов
ИД1 <sub>пкв-2</sub> – Участвует в работах по организации сбора информации и статистических данных о претензиях и рекламациях к изготавливаемым изделиям	Знает: методы первичной сбора и обработки статистических данных – результатов контроля и измерения параметров изделий и процессов
	Умеет: проводить анализ результатов пассивных и активных экспериментов
	Владеет: навыками сбора и анализа информации о показателях качества изделий и процессов

### 3. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Методы планирования эксперимента» относится к *части, формируемой участниками образовательных отношений* Блока 1 ООП. Дисциплина является не обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных обучающимися при изучении дисциплин предметной области по направлению подготовки бакалавров. Дисциплина является предшествующей для учебной практики (научно-исследовательской работы), для производственной практики (научно-исследовательской работы), для производственной практики (преддипломной практики) и государственной итоговой аттестации.

### 4. Объем дисциплины и виды учебных занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего ак. ч.	Распределение трудоемкости по семестрам, ак.ч.
		1
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
<b>Контактная работа в т.ч. аудиторные занятия:</b>	34,1	34,1
Лекции	-	-
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-
Практические занятия (ПЗ)	34	34
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	34	34
Консультации текущие:	-	-
Вид аттестации - зачет	0,1	0,1
<b>Самостоятельная работа:</b>	73,9	73,9
проработка материалов по учебной литературе (подготовка к собеседованию, тестированию, решению кейс-заданий)	40	40
подготовка к защите по практическим работам (собеседование)	33,9	33,9

**5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**5.1 Содержание разделов дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, ак. ч.
1	Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпирические зависимости	Виды экспериментальных исследований. Первичная обработка результатов эксперимента на основе системного подхода. Виды связей между рядами наблюдений - функциональные, стохастические. Определение тесноты связи между случайными переменными. Определение коэффициентов уравнения регрессии. Множественная линейная и нелинейная регрессия. Дисперсионный анализ	26
2	Планирование многофакторных экспериментов. Полный факторный эксперимент и дробные реплики	Многофакторные эксперименты для анализа данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции. Параметр оптимизации, факторы. Полный факторный эксперимент и математическая модель. Матрицы планирования эксперимента. Минимизация числа опытов. Дробная реплика. Генерирующее соотношение и определяющий контраст.	26
3	Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий	Исследование поверхности отклика. Крутое восхождение по поверхности отклика. Симплексный метод. Планы, робастные к дрейфам. Метод главных компонент. Кластерный анализ	55,9
Вид аттестации - зачет			0,1

**5.2 Разделы дисциплины и виды занятий**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Практические занятия (ПЗ), ак. ч.	СРО, ак. ч
1	Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпирические зависимости	8	18
2	Планирование многофакторных экспериментов. Полный факторный эксперимент и дробные реплики	8	18
3	Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий	18	37,9
Вид аттестации - зачет		0,1	

**5.2.1 Лекции – не предусмотрены**

**5.2.2 Практические занятия**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ак. ч.
1	Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпирические зависимости	Первичная обработка результатов эксперимента.	2
		Определение тесноты связи между случайными переменными.	2
		Определение коэффициентов уравнения регрессии.	2
		Дисперсионный анализ	2
2	Планирование многофакторных экспериментов. Полный факторный эксперимент и дробные реплики	Полный факторный эксперимент и математическая модель.	4
		Дробный факторный эксперимент.	4

3	Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий	Крутое восхождение по поверхности отклика.	2
		Симплексный метод.	4
		Планы, робастные к дрейфам.	4
		Метод главных компонент.	4
		Кластерный анализ	4

### 5.2.3 Лабораторный практикум – не предусмотрен

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость, ак. ч.
1	Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпирические зависимости	проработка материалов по учебной литературе (подготовка к собеседованию, тестированию, решению кейс-заданий)	10
		подготовка к защите по практическим работам (собеседование)	8
2	Планирование многофакторных экспериментов. Полный факторный эксперимент и дробные реплики	проработка материалов по учебной литературе (подготовка к собеседованию, тестированию, решению кейс-заданий)	10
		подготовка к защите по практическим работам (собеседование)	8
3	Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий	проработка материалов по учебной литературе (подготовка к собеседованию, тестированию, решению кейс-заданий)	20
		подготовка к защите по практическим работам (собеседование)	17,9

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

### 6.1 Основная литература

1. Планирование и организация эксперимента [Текст] : лабораторный практикум : учебное пособие / Л. И. Назина, Л. Б. Лихачева, О. П. Дворянинова; ВГУИТ, Кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов. - Воронеж, 2019. - 108 с.

2. Планирование и математическая обработка результатов химического эксперимента [Текст]. учеб. пособие / В.И. Вершинин, Н.В. Перцев. - С-Пб : Лань, 2017. — 236 с.

### 6.2 Дополнительная литература

1. Челноков, М. Б. Основы научного творчества : учебное пособие / М. Б. Челноков. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 172 с. — ISBN 978-5-8114-3864-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126916> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Шлёкова, И. Ю. Основы научной, инновационной и изобретательской деятельности : учебное пособие / И. Ю. Шлёкова, А. И. Кныш. — Омск : Омский ГАУ, 2020. — 90 с. — ISBN 978-5-89764-862-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136159> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Методология научных исследований : учебное пособие / Е. В. Королев, А. С. Иноземцев, А. Н. Гришина [и др.]. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2020. — 104 с. — ISBN 978-5-7264-2088-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

— URL: <https://e.lanbook.com/book/145069> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие / И. Б. Рыжков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-5697-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145848> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Асхаков, С. И. Основы научных исследований : учебное пособие / С. И. Асхаков. — Карачаевск : КЧГУ, 2020. — 348 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161998> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Панова, Е. А. Введение в теорию эксперимента : учебное пособие / Е. А. Панова. — Магнитогорск : МГТУ им. Г.И. Носова, 2020. — 55 с. — ISBN 978-5-9967-1922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162480> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Цаплин, П. В. Основы теории изобретательства : учебное пособие / П. В. Цаплин. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 90 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165907> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Пархоменко, Н. А. Основы научных исследований : учебное пособие / Н. А. Пархоменко. — Омск : Омский ГАУ, 2020. — 80 с. — ISBN 978-5-89764-853-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170287> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Белоусов, И. В. Методология ведения и оформление результатов исследовательской работы : методические рекомендации / И. В. Белоусов, А. В. Минин, Е. В. Преображенская. — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171439> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Илдарханов, Р. Ф. Обработка научной информации : учебное пособие / Р. Ф. Илдарханов. — Казань : КФУ, 2020. — 78 с. — ISBN 978-5-00130-299-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173021> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Основы научных исследований : учебное пособие / составители Ю. В. Устинова [и др.]. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-8353-2426-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134299> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Щурин, К. В. Планирование и обработка результатов эксперимента : учебное пособие / К. В. Щурин, О. А. Копылов, И. Г. Панин. — Королёв : МГОТУ, 2019. — 196 с. — ISBN 978-5-00140-385-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140930> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

13. Юртаева, Л. В. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки : учебное пособие / Л. В. Юртаева, Ю. Д. Алашкевич. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2019. — 86 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147456> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

14. Игнатов, С. Д. Основы прикладных и научных исследований : учебное пособие / С. Д. Игнатов. — Омск : СибАДИ, 2019. — 95 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149526> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

15. Солодов, В. С. Практикум по планированию, проведению и обработке эксперимента в исследовании технологических процессов : учебное пособие / В. С. Солодов. — Мурманск : МГТУ, 2018. — 150 с. — ISBN 978-5-86185-951-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142636> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

16. Мурашова, О. В. Организация и методы научных исследований : учебное пособие / О. В. Мурашова. — Архангельск : САФУ, 2018. — 123 с. — ISBN 978-5-261-01312-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161808> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Назина, Л. И. Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента. Методы научных исследований [Электронный ресурс] : программа курса и методические указания к контрольной работе для магистров, обучающихся по направлениям 27.04.01 – «Стандартизация и метрология», 27.04.02 – «Управление качеством», заочной формы обучения / Л. И. Назина, О. А. Орловцева; ВГУИТ, Кафедра управления качеством и машиностроительных технологий. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 24 с. Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/1611>. - Загл. с экрана.

Данылиев, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 32 с. <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>. - Загл. с экрана.

### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
Научная электронная библиотека	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	<a href="https://niks.su/">https://niks.su/</a>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронная библиотека ВГУИТ	<a href="http://biblos.vsu.ru/megapro/web">http://biblos.vsu.ru/megapro/web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
Портал открытого on-line образования	<a href="https://npoed.ru/">https://npoed.ru/</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="https://education.vsu.ru/">https://education.vsu.ru/</a>

## 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение и информационные справочные системы: информационная среда для дистанционного обучения «Moodle», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры», «Интернет-экзамен».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение ОС Windows; MS Office.

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена по адресу <http://vsuet.ru>.

Ауд. 522 Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Проектор Epson, ноутбук Aser Extensa 15,6
Ауд. 529 Компьютерный класс	Компьютер IBM-PC Pentium (8 шт.)

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

А.539 Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Компьютер (Core i5-3450), сетевой коммутатор для подключения к сети интернет
--	--

Дополнительно, самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

Зал научной литературы ресурсного центра ВГУИТ: компьютеры Regard - 12 шт.

Студенческий читальный зал ресурсного центра ВГУИТ: моноблоки - 16 шт.

## 8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля) в виде приложения.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе**

**1. Организационно-методические данные дисциплины для заочной формы обучения**

**1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом**

Виды учебной работы	Всего ак. ч.	Распределение трудо- емкости по семестрам, ак. ч.
		1
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
<b>Контактная работа в т.ч. аудиторные занятия:</b>	12,9	12,9
Лекции	-	-
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-
Практические занятия (ПЗ)	12	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	12	12
Консультации текущие:	-	-
Рецензирование контрольных работ обучающихся-заочников	0,8	0,8
Вид аттестации - зачет	0,1	0,1
<b>Самостоятельная работа:</b>	91,2	91,2
проработка материалов по учебной литературе (подготовка к собеседованию, тестированию, решению кейс-заданий)	40	40
подготовка к защите по практическим работам (собеседование)	42	42
Контрольная работа	9,2	9,2
Подготовка к зачету	3,9	3,9

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Методы планирования эксперимента**

## 1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИД1 <sub>УК-1</sub> – Критически анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними ИД2 <sub>УК-1</sub> – Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе системного подхода, вырабатывает стратегию действий
2	ПКв-2	Способен производить анализ данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции	ИД1 <sub>ПКв-2</sub> – Участвует в работах по организации сбора информации и статистических данных о претензиях и рекламациях к изготавливаемым изделиям

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 <sub>УК-1</sub> – Критически анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знает: методы установления закономерностей функционирования объектов с использованием методов планирования эксперимента
	Умеет: использовать системный подход для анализа проблемных ситуаций и выявления взаимосвязей факторов и откликов
	Владеет: методами планирования экспериментов для установления эмпирических зависимостей
ИД2 <sub>УК-1</sub> – Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе системного подхода, вырабатывает стратегию действий	Знает: методы анализа результатов измерения показателей для решения задачи оптимизации
	Умеет: проводить исследования результатов активного и пассивного эксперимента с целью определения стратегии разрешения проблемной ситуации
	Владеет: навыком проведения оптимального эксперимента для выявления наилучших условий функционирования объектов
ИД1 <sub>ПКв-2</sub> – Участвует в работах по организации сбора информации и статистических данных о претензиях и рекламациях к изготавливаемым изделиям	Знает: методы первичной сбора и обработки статистических данных – результатов контроля и измерения параметров изделий и процессов
	Умеет: проводить анализ результатов пассивных и активных экспериментов
	Владеет: навыками сбора и анализа информации о показателях качества изделий и процессов

## 1 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Анализ результатов пассивного эксперимента. Эмпирические зависимости	УК-1, ПКв-2	собеседование (вопросы к защите практических работ, зачет)	1-4, 12-16	проверка преподавателем
			банк тестовых заданий	39-43, 57-64	бланочное тестирование
			кейс-задания	25-29	проверка преподавателем

2	Планирование многофакторных экспериментов. Полный факторный эксперимент и дробные реплики	УК-1, ПКв-2	собеседование (вопросы к защите практических работ, зачет)	5-9, 17-19	проверка преподавателем
			банк тестовых заданий	44-45, 65-91	бланочное тестирование
			кейс-задания	32-38	проверка преподавателем
3	Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий	УК-1, ПКв-2	собеседование (вопросы к защите практических работ, зачет)	10-11, 20-24	проверка преподавателем
			банк тестовых заданий	46-56, 92-94	бланочное тестирование
			кейс-задания	30-31	проверка преподавателем

## 2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации. 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

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме выполнения практических работ и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета).

Каждый билет включает в себя 10 контрольных заданий, из них:

- 6 контрольных заданий на проверку знаний;
- 2 контрольных задания на проверку умений;
- 2 контрольных задания на проверку навыков;

### 3.1 Вопросы к собеседованию

**3.1.1 Шифр и наименование компетенции** УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий

№ задания	Формулировка вопроса
1.	Виды экспериментальных исследований
2.	Методы сбора и систематизации данных и информации
3.	Первичная обработка результатов эксперимента на основе системного подхода
4.	Виды связей между рядами наблюдений - функциональные, стохастические
5.	Цели и принципы моделирования
6.	Виды моделей и моделирования
7.	Многофакторные эксперименты для анализа данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции.
8.	Требования к математической модели
9.	Структура математической модели
10.	Исследование поверхности отклика для поиска оптимальных условий.
11.	Робастное планирование эксперимента в задачах моделирования технических объектов

**3.1.2 Шифр и наименование компетенции** ПКв-2 Способен производить анализ данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции

№ задания	Формулировка вопроса
12.	Проверка гипотезы о наличии грубых промахов
13.	Обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов
14.	Определение тесноты связи между случайными переменными.
15.	Определение коэффициентов уравнения регрессии.

16.	Множественная линейная и нелинейная регрессия. Дисперсионный анализ
17.	Методика обработки полного факторного эксперимента
18.	Построение дробных реплик
19.	Методика обработки дробного факторного эксперимента
20.	Экстремальный эксперимент
21.	Определение направления движения в направлении наискорейшего возрастания функции отклика
22.	Расчет составляющих градиента
23.	Цель проведения мысленных опытов
24.	Описание области оптимума

### 3.2 Кейс-задания

**3.2.1 Шифр и наименование компетенции** УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий

№ задания	Формулировка кейс задания																								
25.	<p>Определить, имеются ли на уровне значимости 0,05 грубые погрешности в ряду значений – результатов измерений массовой доли влаги вареной колбасы, %. (ответ сформулировать как да или нет)</p> <table border="1"> <tr><td>56,7</td><td>57,2</td><td>57,5</td><td>58,1</td><td>58,4</td></tr> <tr><td>58,8</td><td>59,0</td><td>59,5</td><td>59,6</td><td>60,4</td></tr> </table> <p>Критическое значение критерия Смирнова</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Объем выборки <math>n</math></th> <th>Уровень значимости <math>\alpha</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>9</td><td>2,03</td></tr> <tr><td>10</td><td>2,11</td></tr> <tr><td>11</td><td>2,18</td></tr> <tr><td>12</td><td>2,23</td></tr> <tr><td>13</td><td>2,29</td></tr> </tbody> </table> <p>_____ <b>(нет)</b></p> <p><b>Решение</b>          Рассчитаем среднее значение и выборочную дисперсию  <math>\bar{X}_{ср} = 58,52 \%</math>,  <math>S^2 = 1,36 \%^2</math>.          Наиболее удаленным от среднего является результат 60,4 %.          Проверим, является ли данное наблюдение аномальным.          Наблюдаемое значение критерия Смирнова равно  <math>u_{набл} = (60,4 - 58,52) / \sqrt{1,36} = 1,61</math>.          Определяем критическое значение критерия по таблице  <math>u_{кр} = 2,18</math>.          Т.к. наблюдаемое значение меньше критического, результат измерения не является грубой погрешностью, ответ <b>нет</b>.</p>	56,7	57,2	57,5	58,1	58,4	58,8	59,0	59,5	59,6	60,4	Объем выборки $n$	Уровень значимости $\alpha$	8	0,05	9	2,03	10	2,11	11	2,18	12	2,23	13	2,29
56,7	57,2	57,5	58,1	58,4																					
58,8	59,0	59,5	59,6	60,4																					
Объем выборки $n$	Уровень значимости $\alpha$																								
8	0,05																								
9	2,03																								
10	2,11																								
11	2,18																								
12	2,23																								
13	2,29																								
26.	<p>Определить, имеются ли на уровне значимости 0,05 грубые погрешности в ряду значений – результатов измерений массы продукции, г (ответ сформулировать как да или нет)</p> <table border="1"> <tr><td>99,5</td><td>98,7</td><td>101,2</td><td>99,3</td><td>101,1</td></tr> <tr><td>99,3</td><td>99,2</td><td>99,8</td><td>99,4</td><td>98,5</td></tr> </table> <p>Критическое значение критерия Смирнова</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Объем выборки <math>n</math></th> <th>Уровень значимости <math>\alpha</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>9</td><td>2,03</td></tr> <tr><td>10</td><td>2,11</td></tr> </tbody> </table>	99,5	98,7	101,2	99,3	101,1	99,3	99,2	99,8	99,4	98,5	Объем выборки $n$	Уровень значимости $\alpha$	8	0,05	9	2,03	10	2,11						
99,5	98,7	101,2	99,3	101,1																					
99,3	99,2	99,8	99,4	98,5																					
Объем выборки $n$	Уровень значимости $\alpha$																								
8	0,05																								
9	2,03																								
10	2,11																								

10	2,18
11	2,23
12	2,29

\_\_\_\_\_ (**нет**)

**Решение**

Рассчитаем среднее значение и выборочное дисперсию

$X_{\text{ср}} = 99,6$  г,

$S^2 = 0,81$  г<sup>2</sup>.

Наиболее удаленным от среднего является результат 101,2 г.

Проверим, является ли данное наблюдение аномальным.

Наблюдаемое значение критерия Смирнова равно

$u_{\text{набл}} = (101,2 - 99,6) / \sqrt{0,81} = 1,78$ .

Определяем критическое значение критерия по таблице

$u_{\text{кр}} = 2,18$ .

Т.к. наблюдаемое значение меньше критического, результат измерения не является грубой погрешностью, ответ **нет**.

27.

Определить, имеются ли на уровне значимости 0,05 грубые погрешности в ряду значений – результатов измерений массовой доли влаги в зефире, %. (ответ сформулировать как да или нет)

18,6	19,6	20,2	20,2	16,8
19,8	17,5	19,4	20,3	17,2

Критическое значение критерия Смирнова

Объем вы- борки $n$	Уровень зна- чимости $\alpha$ 0,05
8	2,03
9	2,11
10	2,18
11	2,23
12	2,29

\_\_\_\_\_ (**нет**)

**Решение**

Рассчитаем среднее значение и выборочное дисперсию

$X_{\text{ср}} = 18,96$  %,

$S^2 = 1,80$  %<sup>2</sup>.

Наиболее удаленным от среднего является результат 16,8 %.

Проверим, является ли данное наблюдение аномальным.

Наблюдаемое значение критерия Смирнова равно

$u_{\text{набл}} = (16,8 - 18,96) / \sqrt{1,80} = - 1,61$ .

Определяем критическое значение критерия по таблице

$u_{\text{кр}} = 2,18$ .

Т.к. наблюдаемое значение по модулю меньше критического, результат измерения не является грубой погрешностью, ответ **нет**.

28.

В результате эксперимента получены значения  $x$  и  $y$

$x$	1	2	3	4	5	6
$y$	5,2	6,3	7,1	8,5	9,2	10,7

Построить линейное уравнение регрессии методом наименьших квадратов, округлив значения коэффициента  $b_0$  и  $b_1$  до тысячных долей, в качестве разделителя используя запятую.

\_\_\_\_\_ ( **$y = 4,074 + 1,074 x$** )

**Решение**

По результатам экспериментов получим линейное уравнение регрессии вида  $y = b_0 + b_1 x$ .

Для удобства вычислений составим вспомогательную таблицу

Номер	$x_i$	$y_i$	$x_i y_i$	$x_i^2$
1	1	5,2	5,2	1
2	2	6,3	12,6	4
3	3	7,1	21,3	9
4	4	8,5	34	16
5	5	9,2	46	25
6	6	10,7	64,2	36
Сумма	21	47	183,3	91

Запишем систему уравнений

$$b_0 n + b_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$b_0 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

$$b_0 \cdot 6 + b_1 \cdot 21 = 47;$$

$$b_0 \cdot 21 + b_1 \cdot 91 = 183,3.$$

В результате решения системы уравнения, получим  $b_0 = 4,074$ ;  $b_1 = 1,074$ .

Уравнение регрессии  **$y = 4,074 + 1,074 x$**

29.

В результате эксперимента получены значения  $x$  и  $y$

$x$	2	4	6	8	10	12
$y$	12	15	18	20	23	25

Построить линейное уравнение регрессии методом наименьших квадратов, округлив значения коэффициента  $b_0$  и  $b_1$  до тысячных долей, в качестве разделителя используя запятую.

$$(y = 9,733 + 1,300 x)$$

#### **Решение**

По результатам экспериментов получим линейное уравнение регрессии вида  $y = b_0 + b_1 x$ .

Для удобства вычислений составим вспомогательную таблицу

Номер	$x_i$	$y_i$	$x_i y_i$	$x_i^2$
1	2	12	24	4
2	4	15	60	16
3	6	18	108	36
4	8	20	160	64
5	10	23	230	100
6	12	25	300	144
Сумма	42	113	882	364

Запишем систему уравнений

$$b_0 n + b_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$b_0 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

$$b_0 \cdot 6 + b_1 \cdot 42 = 113;$$

$$b_0 \cdot 42 + b_1 \cdot 364 = 882.$$

В результате решения системы уравнения, получим  $b_0 = 9,733$ ;  $b_1 = 1,300$ .

Уравнение регрессии  **$y = 9,733 + 1,300 x$**

30.

На предприятии изучается влияние рецептурных составляющих на вкусовые показатели крекера с использованием планирования экспериментов при поиске оптимальных условий. Проведен ПФЭ  $2^2$  для анализа влияния факторов ( $\tilde{x}_1$  – количество масла пальмового для



**3.2.2 Шифр и наименование компетенции** ПКв-2 Способен производить анализ данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции

№ задания	Формулировка кейс задания																																		
32.	<p>Проведен полный факторный эксперимент типа <math>2^k</math> по изучению влияния двух факторов (давления и температуры) на химический процесс, число параллельных опытов <math>m = 2</math>. По результатам экспериментов были получены уравнение регрессии <math>y = 2,35 + 0,58x_1 + 2,68x_2</math> и значения дисперсии адекватности <math>S_{ад}^2 = 0,026 \%^2</math> и дисперсии воспроизводимости <math>S_{восп}^2 = 0,015 \%^2</math>. Проверить, является ли полученное уравнение адекватным на уровне значимости 0,05. Ответ сформулировать как да или нет.</p> <p>Критические точки F-распределения Фишера (<math>k_1</math> – число степеней свободы большей дисперсии, <math>k_2</math> – число степеней свободы меньшей дисперсии)</p> <table border="1" data-bbox="304 728 1501 954"> <thead> <tr> <th colspan="5">Уровень значимости <math>\alpha = 0,05</math></th> </tr> <tr> <th rowspan="2"><math>k_2</math></th> <th colspan="4"><math>k_1</math></th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>161</td> <td>199</td> <td>216</td> <td>225</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>18,51</td> <td>19,00</td> <td>19,16</td> <td>19,25</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10,13</td> <td>9,55</td> <td>9,28</td> <td>9,12</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7,71</td> <td>6,94</td> <td>6,59</td> <td>6,39</td> </tr> </tbody> </table> <p>_____ (да).</p> <p><b>Решение</b>  Адекватность модели проверим с помощью критерия Фишера.  Наблюдаемое значение критерия  <math>F_{набл} = 1,73</math>.  По таблице определим критическое значение критерия  <math>F_{кр} = 7,71</math>.  число степеней свободы для дисперсии адекватности <math>N - (c + 1) = 4 - 3 = 1</math>,  число степеней свободы для дисперсии воспроизводимости <math>N(m - 1) = 4 \cdot 1 = 4</math>.  Т.к. наблюдаемое значение критерия меньше критического, уравнение адекватно описывает процесс. Ответ <b>да</b>.</p>	Уровень значимости $\alpha = 0,05$					$k_2$	$k_1$				1	2	3	4	1	161	199	216	225	2	18,51	19,00	19,16	19,25	3	10,13	9,55	9,28	9,12	4	7,71	6,94	6,59	6,39
Уровень значимости $\alpha = 0,05$																																			
$k_2$	$k_1$																																		
	1	2	3	4																															
1	161	199	216	225																															
2	18,51	19,00	19,16	19,25																															
3	10,13	9,55	9,28	9,12																															
4	7,71	6,94	6,59	6,39																															
33.	<p>При проведении полного факторного эксперимента типа <math>2^k</math> по изучению влияния двух факторов на массовую долю влаги колбасы вареной, проведено по три параллельных опыта в каждой точке плана. При обработке результатов экспериментов получены следующие значения строчных дисперсий: <math>s_1^2 = 0,015 \%^2</math>; <math>s_2^2 = 0,025 \%^2</math>; <math>s_3^2 = 0,033 \%^2</math>; <math>s_4^2 = 0,023 \%^2</math>. Проверить гипотезу об однородности дисперсий на уровне значимости 0,05 и рассчитать дисперсию воспроизводимости.</p> <p>Критические точки распределения Кохрена (<math>k</math> – число степеней свободы, <math>l</math> – количество выборок)  Уровень значимости <math>\alpha = 0,05</math></p> <table border="1" data-bbox="304 1693 1501 1854"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>l</math></th> <th colspan="4"><math>k</math></th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0,9985</td> <td>0,9750</td> <td>0,9392</td> <td>0,9057</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,9669</td> <td>0,8709</td> <td>0,7970</td> <td>0,7454</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,9065</td> <td>0,7679</td> <td>0,6841</td> <td>0,6287</td> </tr> </tbody> </table> <p>Дисперсии однородны: да или нет _____ (да)  Дисперсия воспроизводимости равна (округлить до тысячных долей, в качестве разделителя использовать запятую) _____ (<b>0,024</b>)</p> <p><b>Решение</b>  Проверим гипотезу об однородности дисперсий при помощи критерия Кохрена на уровне зна-</p>	$l$	$k$				1	2	3	4	2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057	3	0,9669	0,8709	0,7970	0,7454	4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287										
$l$	$k$																																		
	1	2	3	4																															
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057																															
3	0,9669	0,8709	0,7970	0,7454																															
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287																															

чимости 0,05:

$$G_{\text{набл}} = \frac{S_{\text{imax}}^2}{\sum S_i} = 0,033 / (0,015 + 0,025 + 0,033 + 0,023) = 0,344.$$

Табличное значение критерия  $G_{\text{табл}} = 0,7679$  (количество выборок  $N = 4$ ; число степеней свободы  $k = m - 1 = 2$ ), т. к.  $G_{\text{набл}} < G_{\text{табл}}$ , все дисперсии однородны (их можно усреднять) и можно рассчитать дисперсию воспроизводимости  $S_{\text{восп}}^2$  или  $S_{\bar{y}}^2$  следующим образом

$$S_{\text{восп}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{N(m-1)} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N},$$

$$S_{\text{восп}}^2 = (0,015 + 0,025 + 0,033 + 0,023) / 4 = 0,024.$$

Дисперсии однородны: **да**

Дисперсия воспроизводимости равна **0,024**

34.

При проведении полного факторного эксперимента типа  $2^k$  по изучению влияния двух факторов на массовую долю влаги батончика к чаю, проведено по три параллельных опыта в каждой точке плана. При обработке результатов экспериментов получены следующие значения строчных дисперсий:

$$s_1^2 = 0,042 \%^2; s_2^2 = 0,054 \%^2; s_3^2 = 0,028 \%^2; s_4^2 = 0,036 \%^2.$$

Проверить гипотезу об однородности дисперсий на уровне значимости 0,05 и рассчитать дисперсию воспроизводимости.

Критические точки распределения Кохрена

( $k$  – число степеней свободы,  $l$  – количество выборок)

Уровень значимости  $\alpha = 0,05$

$l$	$k$			
	1	2	3	4
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057
3	0,9669	0,8709	0,7970	0,7454
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287

Дисперсии однородны: да или нет \_\_\_\_\_ (**да**)

Дисперсия воспроизводимости равна (округлить до тысячных долей, в качестве разделителя использовать запятую) \_\_\_\_\_ (**0,040**)

### **Решение**

Проверим гипотезу об однородности дисперсий при помощи критерия Кохрена на уровне значимости 0,05:

$$G_{\text{набл}} = \frac{S_{\text{imax}}^2}{\sum S_i} = 0,054 / (0,042 + 0,054 + 0,028 + 0,036) = 0,338.$$

Табличное значение критерия  $G_{\text{табл}} = 0,7679$  (количество выборок  $N = 4$ ; число степеней свободы  $k = m - 1 = 2$ ), т. к.  $G_{\text{набл}} < G_{\text{табл}}$ , все дисперсии однородны (их можно усреднять) и можно рассчитать дисперсию воспроизводимости  $S_{\text{восп}}^2$  или  $S_{\bar{y}}^2$  следующим образом

$$S_{\text{восп}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{N(m-1)} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N},$$

$$S_{\text{восп}}^2 = (0,042 + 0,054 + 0,028 + 0,036) / 4 = 0,040.$$

Дисперсии однородны: **да**

Дисперсия воспроизводимости равна **0,040**

35.

Инженер по качеству изучает технологические режимы процесса варки карамели. Результаты полного факторного эксперимента типа  $2^k$  по изучению процесса варки карамели представлены в виде таблицы.

$N$	$x_1$	$x_2$	$y_1, \%$	$y_2, \%$
1	-1	-1	1,1	0,7
2	+1	-1	11,2	11,5
3	-1	+1	25,2	25,5

4	+1	+1	7,1	7,4
---	----	----	-----	-----

Определить значения коэффициентов уравнения регрессии  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ .  
Записать уравнение регрессии (коэффициенты уравнения округлить до сотых долей, в качестве разделителя использовать запятую)

$$\underline{y = 11,213 - 1,913 x_1 + 5,088 x_2}$$

**Решение**

Рассчитаем средние значения откликов в каждой строке матрицы планирования эксперимента

$$y_1 = 0,9$$

$$y_2 = 11,35$$

$$y_3 = 25,35$$

$$y_4 = 7,25$$

Для факторов, записанных в нормализованном виде, формулы для вычисления коэффициентов уравнения значительно упрощаются (число опытов  $N = 4$ )

$$b_j = \frac{\sum_{j=1}^N y_i x_{ji}}{N},$$

$$b_0 = (0,9 + 11,35 + 25,35 + 7,25) / 4 = 11,213;$$

$$b_1 = (-0,9 + 11,35 - 25,35 + 7,25) / 4 = -1,913;$$

$$b_2 = (-0,9 - 11,35 + 25,35 + 7,25) / 4 = 5,088.$$

Получено уравнение регрессии

$$\underline{y = 11,213 - 1,913 x_1 + 5,088 x_2}$$

36. Инженер по качеству изучает технологические режимы процесса варки карамели. Результаты полного факторного эксперимента типа  $2^k$  по изучению процесса варки карамели представлены в виде таблицы.

$N$	$x_1$	$x_2$	$y_1, \%$	$y_2, \%$	$y_3, \%$
1	-1	-1	1,1	0,7	0,9
2	+1	-1	11,2	11,5	11,3
3	-1	+1	25,2	25,5	25,7
4	+1	+1	7,1	7,4	7,5

Определить значения коэффициентов уравнения регрессии  $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$ .

Записать уравнение регрессии (коэффициенты уравнения округлить до сотых долей, в качестве разделителя использовать запятую)

$$\underline{y = 11,258 - 1,925 x_1 + 5,142 x_2}$$

**Решение**

Рассчитаем средние значения откликов в каждой строке матрицы планирования эксперимента

$$y_1 = 0,9$$

$$y_2 = 11,333$$

$$y_3 = 25,467$$

$$y_4 = 7,333$$

Для факторов, записанных в нормализованном виде, формулы для вычисления коэффициентов уравнения значительно упрощаются (число опытов  $N = 4$ )

$$b_j = \frac{\sum_{j=1}^N y_i x_{ji}}{N},$$

$$b_0 = (0,9 + 11,333 + 25,467 + 7,333) / 4 = 11,258;$$

$$b_1 = (-0,9 + 11,333 - 25,467 + 7,333) / 4 = -1,925;$$

$$b_2 = (-0,9 - 11,333 + 25,467 + 7,333) / 4 = 5,142.$$

Получено уравнение регрессии

$$\underline{y = 11,258 - 1,925 x_1 + 5,142 x_2}$$

37. Изучаются условия выполнения процесса выпекания хлеба. С этой целью проведен ПФЭ  $2^2$ , число параллельных опытов  $m = 2$ , дисперсия воспроизводимости равна  $s_{\text{восп}}^2 = 0,05$ . Произвести проверку значимости коэффициентов уравнения регрессии на уровне значимости 0,05
- $$y = 15,5 + 1,5x_1 + 0,75x_2 + 2,375x_1x_2$$

Критические точки распределения Стьюдента

Число степеней свободы $k$	Уровень значимости $\alpha=0,05$ (двухсторонняя критическая область)
4	2,78
5	2,57
6	2,45
7	2,36
8	2,31

Коэффициенты уравнения являются значимыми? (ответ сформулировать как да или нет)  
\_\_\_\_\_ **(да)**

**Решение**

Для проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии определим дисперсии оценок коэффициентов, для ПФЭ они равны между собой и равны

$$S_b^2 = \frac{S_{\text{воспр}}^2}{Nm} = 0,05 / (4 \cdot 2) = 0,00625.$$

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала  $\Delta b$

$$\Delta b = tS_b = t\sqrt{S_b^2} = 2,78 \cdot 0,07906 = 0,220,$$

где  $t$  – критерий Стьюдента с числом степеней свободы  $N(m-1) = 4$ .

В данном примере все коэффициенты уравнения значимы, т. к. все они больше доверительного интервала.

Коэффициенты уравнения являются значимыми? **да**

38. Изучаются условия выполнения процесса выпекания хлеба. С этой целью проведен ПФЭ  $2^2$ , число параллельных опытов  $m = 3$ , дисперсия воспроизводимости равна  $S_{\text{воспр}}^2 = 0,045$ . Произвести проверку значимости коэффициентов уравнения регрессии на уровне значимости 0,05  
 $y = 26,5 + 1,8 x_1 + 0,65 x_2 + 2,55 x_1 x_2$

Критические точки распределения Стьюдента

Число степеней свободы $k$	Уровень значимости $\alpha=0,05$ (двухсторонняя критическая область)
4	2,78
5	2,57
6	2,45
7	2,36
8	2,31

Коэффициенты уравнения являются значимыми? (ответ сформулировать как да или нет)  
\_\_\_\_\_ **(да)**

**Решение**

Для проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии определим дисперсии оценок коэффициентов, для ПФЭ они равны между собой и равны

$$S_b^2 = \frac{S_{\text{воспр}}^2}{Nm} = 0,045 / (4 \cdot 3) = 0,00375.$$

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала  $\Delta b$

$$\Delta b = tS_b = t\sqrt{S_b^2} = 2,31 \cdot 0,06124 = 0,141,$$

где  $t$  – критерий Стьюдента с числом степеней свободы  $N(m-1) = 8$ .

В данном примере все коэффициенты уравнения значимы, т. к. все они больше доверительного интервала.

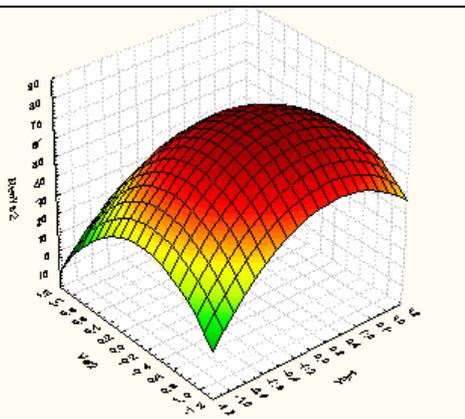
Коэффициенты уравнения являются значимыми? **да**

### 3.3 Тесты (тестовые задания)

**3.3.1 Шифр и наименование компетенции** УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

№ задания	Тест (тестовое задание)	
39.	<p>Методы проведения экспериментов</p> <p>1) Эксперимент, который ставится на материальных моделях, воспроизводящих существенные черты исследуемой природной ситуации, технического устройства или процесса</p> <p>2) Эксперимент, проводимый в производственных условиях на действующем объекте</p> <p><b><u>1-а, 2-б</u></b></p>	<p>а) модельный эксперимент б) промышленный эксперимент в) мысленный эксперимент</p>
40.	<p>Метод научного познания, который заключается в том, что изучаемый объект заменяется специально созданным его аналогом (моделью), исследование которого позволяет определить или уточнить характеристики оригинала</p> <p><b><u>а) моделирование</u></b> б) аналогия в) абстрагирование г) конкретизация</p>	
41.	<p>Методы планирования эксперимента позволяют</p> <p><b><u>1) минимизировать число опытов,</u></b> <b><u>2) установить рациональный порядок и условия проведения опытов</u></b> 3) использовать закон больших чисел 4) представить метрологическое обеспечение контроля</p>	
42.	<p>Методы проведения экспериментов</p> <p>1) эксперимент, в котором уровни факторов в каждом опыте задаются исследователем</p> <p>2) эксперимент, в котором уровни факторов в каждом опыте регистрируются исследователем, но не задаются</p> <p><b><u>1-а, 2-б</u></b></p>	<p>а) активный эксперимент б) пассивный эксперимент в) измерительный эксперимент</p>
43.	<p>Последовательность выполнения эксперимента</p> <p><b><u>1) установление цели эксперимента</u></b> <b><u>2) выбор входных и выходных параметров</u></b> <b><u>3) составление плана и выполнение эксперимента</u></b> <b><u>4) статистическая обработка результатов эксперимента</u></b></p>	
44.	<p>_____, решающий задачу нахождения численных значений факторов, при которых выходной параметр достигает экстремального значения (максимума или минимума), называется экстремальным</p> <p><b><u>(Эксперимент)</u></b></p>	
45.	<p>Процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью</p> <p>1) методика, 2) методология, <b><u>3) планирование эксперимента,</u></b> 4) программа.</p>	
46.	<p>Эксперимент, в котором каждый из <math>n</math> факторов рассматривается на трех уровнях и реализуются все возможные сочетания уровней факторов</p> <p><b><u>1) ПФЭ типа 3<sup>n</sup></u></b></p>	

	2) ПФЭ типа $2^n$ 3) ПФЭ типа $1^n$
47.	Для составления математических моделей, описывающих область высокой кривизны поверхности отклика, используется <b>1) <u>план второго порядка</u></b> <b>2) <u>полный квадратичный полином</u></b> 3) полином первой степени 4) линейная модель с эффектом взаимодействия факторов
48.	При определении оптимальных значений параметров продукции проводятся экспериментальные исследования для <b>а) <u>получения уравнения функции отклика</u></b> <b>б) <u>определения оптимального значения отклика</u></b> в) расчета уровней факторов г) нормализации факторов
49.	Задача оптимизации заключается в нахождении экстремума _____ отклика в области допустимых значений факторов <b>(функции)</b>
50.	В задачах экспериментального исследования используются следующие виды функции отклика <b>а) <u>полиномы первого порядка</u></b> <b>б) <u>полиномы первого порядка с учетом взаимодействия факторов</u></b> <b>в) <u>полиномы второго порядка</u></b> г) факторное пространство
51.	Композиционным планам для поиска оптимальных условий, применяемым обычно на заключительном этапе экспериментальных исследований, характерно <b>а) <u>использование результатов построения линейной модели</u></b> <b>б) <u>достраивание модели до полного квадратичного вида</u></b> в) движение в направлении градиента функции г) построение диаграммы состав-свойство
52.	Для составления математических моделей, описывающих область высокой кривизны поверхности отклика, используются планы <b>а) <u>второго порядка</u></b> б) блоковые в) нормализованные г) трендовые
53.	Планы для получения полинома второй степени требуют _____ числа опытов по сравнению с планами первого порядка <b>а) <u>большого</u></b> б) меньшего в) равного г) утроенного
54.	Планы второго порядка хорошо разработаны и легко поддаются исследованию на <b>а) <u>экстремум</u></b> б) блочность в) достоверность г) робастность
55.	Для составления математических моделей, описывающих область высокой кривизны поверхности _____, используются планы второго порядка



(отклика)

56.	Эксперимент ПФЭ $2^3$ представляет собой полный факторный эксперимент, в котором <b>а) три фактора изменяются на двух уровнях</b> б) два фактора изменяются на трех уровнях в) два фактора изменяются на двух уровнях г) три фактора изменяются на трех уровнях
-----	---

**3.3.2 Шифр и наименование компетенции** ПКв-2 Способен производить анализ данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции

№ задания	Тест (тестовое задание)
57.	К статистическим методам анализа научно-технической информации относятся <b>а) дисперсионный анализ</b> <b>б) регрессионный анализ</b> <b>в) корреляционный анализ</b> г) дифференциальный анализ
58.	Анализ связи между несколькими независимыми переменными (факторами) и зависимой переменной <b>1) регрессионный анализ</b> 2) качественный анализ 3) последовательный анализ 4) поступательный анализ
59.	Метод построения линии регрессии таким образом, чтобы минимизировать квадраты отклонений этой линии от наблюдаемых точек <b>1) метод наименьших квадратов</b> 2) метод сечений 3) метод отклонений 4) метод касательных
60.	Для проверки гипотезы о виде закона распределения случайной величины используется критерий 1) Фишера <b>2) Пирсона</b> 3) Гаусса 4) Кохрена
61.	Оценки коэффициентов уравнения регрессии для полного факторного эксперимента получены методом наименьших _____ ( <b>квадратов</b> )
62.	Для проверки гипотезы о наличии грубой ошибки измерения в эксперименте используют 1) критерий Бартлетта 2) критерий Кохрена 3) критерий Фишера

	<b><u>4) критерий Смирнова</u></b>
63.	Для проверки гипотезы о равенстве нескольких дисперсий 1) критерий Стьюдента 2) критерий Смирнова <b><u>3) критерий Бартлетта</u></b> <b><u>4) критерий Кохрена</u></b>
64.	Для проверки гипотезы об однородности двух дисперсий используется 1) критерий Бартлетта 2) критерий Стьюдента <b><u>3) критерий Фишера</u></b> 4) критерий Пирсона
65.	Если число проведенных экспериментов превышает число оцениваемых коэффициентов (в этом случае возможна проверка адекватности модели), план называется <b><u>1) ненасыщенным</u></b> 2) квадратичным 3) полным 4) комбинированным
66.	Если число проведенных экспериментов равно числу оцениваемых коэффициентов план называется <b><u>1) насыщенным</u></b> 2) гармоничным 3) полным 4) комбинированным
67.	Количество опытов в полном факторном эксперименте <b><u>1) превосходит число определяемых коэффициентов линейной модели</u></b> 2) меньше числа определяемых коэффициентов линейной модели 3) равно числу уровней факторов 4) равно количеству факторов
68.	Наблюдаемая случайная переменная, по предположению, зависящая от факторов ( <b><u>отклик</u></b> )
69.	Натуральное значение фактора, соответствующее нулю в безразмерной шкале <b><u>1) основной уровень</u></b> 2) интервал варьирования 3) максимальное значение 4) минимальное значение
70.	Некоторая часть полного факторного эксперимента, выбранная по определенному правилу, называется <b><u>1) дробным факторным экспериментом</u></b> 2) полным факторным экспериментом 3) композиционным экспериментом 4) экспериментом Бокса и Уилсона
71.	Переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента. ( <b><u>фактор</u></b> )
72.	Получать независимые друг от друга оценки коэффициентов модели позволяет <b><u>1) ортогональность матрицы планирования</u></b> 2) эффект взаимодействия факторов 3) число коэффициентов модели 4) вид функции отклика
73.	Преобразование натуральных значений факторов в безразмерные величины <b><u>1) нормализация</u></b> 2) варьирование 3) перебор

	4) выравнивание								
74.	Свойство полного факторного эксперимента <b>1) симметричность относительно центра эксперимента</b> <b>2) условие нормировки</b> <b>3) ортогональность матрицы планирования</b> <b>4) ротатабельность</b>								
75.	Какому значению нормализованного фактора соответствует температура 100 °С, если в ходе эксперимента температура изменялась от 50 до 100 °С  <u>(+1)</u>								
76.	Какому значению нормализованного фактора соответствует температура 50 °С, если в ходе эксперимента температура изменялась от 50 до 100 °С  <u>(-1)</u>								
77.	Какому значению нормализованного фактора соответствует температура 75 °С, если в ходе эксперимента температура изменялась от 50 до 100 °С  <u>(0)</u>								
78.	Основные понятия и определения (вопрос на соответствие) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">1) план эксперимента</td> <td>а) проект, который предлагает выполнение исследователем одних процедур и отказ от других</td> </tr> <tr> <td>2) эксперимент</td> <td>б) метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности</td> </tr> <tr> <td>3) фактор</td> <td>в) переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента</td> </tr> <tr> <td>4) функция отклика</td> <td>г) зависимость математического ожидания отклика от факторов</td> </tr> </table> <b>1-а, 2-б, 3-в, 4-г</b>	1) план эксперимента	а) проект, который предлагает выполнение исследователем одних процедур и отказ от других	2) эксперимент	б) метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности	3) фактор	в) переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента	4) функция отклика	г) зависимость математического ожидания отклика от факторов
1) план эксперимента	а) проект, который предлагает выполнение исследователем одних процедур и отказ от других								
2) эксперимент	б) метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности								
3) фактор	в) переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента								
4) функция отклика	г) зависимость математического ожидания отклика от факторов								
79.	$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij} y_i}{N}$ <p>На рисунке показано выражение для расчета  <b>а) коэффициента регрессии</b>  б) среднего значения  в) стандартного отклонения  г) критерия Фишера</p>								
80.	Возможность задать любой уровень данного фактора, не принимая во внимание уровни других факторов, называется 1) совместимость факторов <b>2) независимость факторов</b> 3) управляемость факторов								
81.	$\left\{ \begin{array}{l} N b_0 + \sum_{i=1}^N b_1 x_i = \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N b_0 x_i + \sum_{i=1}^N b_1 x_i^2 = \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{array} \right.$ <p>Нормальную систему уравнений используют для:  <b>1) определения коэффициентов полинома первой степени методом наименьших квадратов</b>  2) записи условия экстремума функции отклика  3) перехода от нормализованных к натуральным значениям функции отклика</p>								

	4) определения координат звездных точек
82.	<p>Полиномиальная модель первого порядка</p> <p><b>1) <math>y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2</math></b></p> <p><b>2) <math>y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2</math></b></p> <p><b>3) <math>y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3</math></b></p> <p>4) <math>y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2</math></p>
83.	Для описания объекта исследования удобно использовать модель _____ ящика ( <b>черного</b> )
84.	При обработке результатов экспериментов и проверке гипотез возможно возникновение двух видов _____ - первого и второго рода ( <b>ошибок</b> )
85.	<p>План эксперимента должен давать представление о</p> <p><b>а) способах проведения эксперимента</b></p> <p><b>б) способах обработки экспериментальных данных</b></p> <p>в) статистических критериях</p> <p>г) способах исследования графиков</p>
86.	В ходе обработки результатов эксперимента производится проверка ошибки эксперимента, для чего рассчитывается дисперсия _____ ( <b>воспроизводимости</b> )
87.	<p>При проведении повторных экспериментов могут возникать ... погрешности, остающиеся постоянными или изменяющиеся по известному закону</p> <p><b>а) систематические</b></p> <p>б) натурные</p> <p>в) случайные</p> <p>г) полные</p>
88.	<p>Регрессионный анализ, проводимый для обработки результатов эксперимента, включает следующие этапы</p> <p><b>1) статистический анализ результатов эксперимента</b></p> <p><b>2) получение коэффициентов регрессионной модели</b></p> <p><b>3) оценка адекватности полученной модели</b></p>
89.	<p>На начальном этапе экспериментальных исследований строят линейную модель, т. к. отсутствует необходимая информация о влиянии на выходной параметр</p> <p><b>а) различных факторов</b></p> <p>б) различных уровней</p> <p>в) различных гипотез</p> <p>г) различных критериев</p>
90.	<p>Статистический анализ результатов активного эксперимента подразумевает</p> <p><b>а) оценку ошибок параллельных опытов</b></p> <p><b>б) отсеивание грубых ошибок</b></p> <p><b>в) проверку однородности дисперсий опытов</b></p> <p><b>г) определение воспроизводимости эксперимента</b></p>
91.	<p>В каждой точке плана по результатам параллельных опытов находят</p> <p><b>а) среднее</b></p> <p>б) медиану</p> <p>в) асимметрию</p> <p>г) эксцесс</p>
92.	<p>Для нахождения таких численных значений факторов, при которых отклик достигает своего экстремального значения (максимума или минимума) используется метод поиска оптимальных условий проведения эксперимента –</p> <p><b>а) движение по градиенту функции отклика</b></p> <p>б) определение непрерывности функции отклика</p> <p>в) определение параметров степенного ряда</p> <p>г) логарифмирование функции отклика</p>

93.	<p>Последовательность движения к оптимуму по направлению градиента функции отклика (метод кругого восхождения)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1)</b> выбор нулевой точки <math>A_0</math>;</li> <li><b>2)</b> расчет уравнения регрессии по результатам ПФЭ или ДФЭ;</li> <li><b>3)</b> расчет составляющих градиента и рабочих шагов;</li> <li><b>4)</b> постановка мысленных и реальных опытов в точках, полученных прибавлением к <math>A_0</math> рассчитанных шагов;</li> <li><b>5)</b> определение точки частного экстремума <math>B_0</math>, которую следует принять в качестве новой нулевой точки</li> </ol>
94.	<p>При исследовании сложных многокомпонентных смесей часто решается задача построения зависимостей свойств от состава и нахождение оптимального состава, удовлетворяющего заданным свойствам, при этом особенностью планирования экспериментов для смесей является условие</p> <p><b>а)</b> <math display="block">\sum_{i=1}^q x_i = 1</math></p> <p><b>б)</b> <math display="block">F = \frac{S_{ад}^2}{S_{восп}^2}</math></p> <p><b>в)</b> <math display="block">t_j = \frac{b_j}{s_{b_j}}</math></p> <p><b>г)</b> <math display="block">b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji} y_i}{\sum_{i=1}^N x_{ji}^2}</math></p>

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости, а также методическими указаниями.

Оценка по дисциплине выставляется как среднеарифметическое из всех оценок, полученных в течение периода изучения дисциплины.

**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине/практике**

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
<b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>					
<b>ЗНАТЬ:</b> методы установления закономерностей функционирования объектов с использованием методов планирования эксперимента, методы анализа результатов измерения показателей для решения задачи оптимизации <b>УМЕТЬ:</b> использовать системный подход для анализа проблемных ситуаций и выявления взаимосвязей факторов и откликов, проводить исследования результатов активного и пассивного эксперимента с целью определения стратегии разрешения проблемной ситуации	тестирование	результат тестирования	60 % и более правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 59,99 % правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	собеседование (зачет)	уровень владения материалом	студент ответил на все вопросы, <b>допустил</b> не более 3 ошибки в ответе, или ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, <b>не допустил</b> ошибки	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			ответил не на все вопросы, <b>допустил</b> более 5 ошибок	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами планирования экспериментов для установления эмпирических зависимостей, навыком проведения оптимального эксперимента для выявления наилучших условий функционирования объектов	отчет по практической работе	уровень владения материалом	Полностью представил отчет о практической работе, обосновал приведенные результаты	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Не сумел обосновать приведенные результаты, не полно оформил работу	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>Кв-2 Способен производить анализ данных по выявлению причин возникновения претензий и рекламаций к изготавливаемой продукции</b>					
<b>ЗНАТЬ:</b> методы первичной сбора и обработки статистических данных – результатов контроля и измерения параметров изделий и процессов	тестирование	результат тестирования	60 % и более правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 59,99 % правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	собеседование (зачет)	уровень владения материалом	студент ответил на все вопросы, <b>допустил</b> не более 3 ошибки в ответе, или ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, <b>не допустил</b> ошибки	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			ответил не на все вопросы, <b>допустил</b> более 5 ошибок	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>УМЕТЬ:</b> проводить анализ результатов пассивных и активных экспериментов	отчет по практической работе	уровень владения материалом	Полностью представил отчет о практической работе, обосновал приведенные результаты	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Не сумел обосновать приведенные результаты, не полно оформил работу	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками сбора и анализа информации о показателях качества изделий и процессов	Кейс-задание	содержание решения кейс-задания	Выбрал верный ход решения задачи, привел необходимые аргументы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Не решил поставленную задачу	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)