



*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**15.03.01 Машиностроение**

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ \_\_\_\_\_

Нестеров Николай Иванович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Кафедра Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ \_\_\_\_\_

Жукова Анна Вячеславовна, старший преподаватель

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1/24.2 — способность проводить эксперименты по исследованию технологических параметров операций обработки металлов давлением по стандартным и заданным методикам, обрабатывать и технически грамотно оформлять результаты научно-исследовательских работ в области машиностроения

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1/24.2**

*знания:*

методологии проведения научных исследований сложных технических и технологических систем;  
современные компьютерные информационные технологии обработки данных в научных исследованиях;  
современных методов прикладной статистики: базовые процедуры обработки данных, методы математического планирования эксперимента, методы анализа временных рядов и контроля качества, многомерные методы

статистического анализа;

*умения:*

проводить научные исследования исследований сложных технических и технологических систем;  
использовать современные методы прикладной статистики в технических приложениях;

*навыки:*

использования компьютерных информационных технологий обработки данных в научных исследованиях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, ТЕХНОЛОГИЯ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ, ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Практические занятия		ПСК-1/24.2
4	7	Раздел 1. Приближенные значения величин и их ошибки. 1.1. Приближенные значения величин 1.2. Округление приближенных значений, правило дополнения 1.3. Знак ошибок приближенных значений 1.4. Классификация приближенных чисел 1.5. Верные цифры в приближенных значениях чисел 1.6. Запись приближенных значений чисел.	17	1	1	16	5
4	7	Раздел 2. Основные арифметические действия с приближенными значениями чисел. 2.1. Малые величины различных порядков 2.2. Сложение приближенных чисел 2.3. Умножение приближенных чисел 2.4. Практические рекомендации.	13	1	1	12	10
4	7	Раздел 3. Погрешности приближенных значений функций и общая теория ошибок (погрешностей). 3.1. Основные задачи теории ошибок 3.2. Ошибки функции одной и двух независимых переменных 3.3. Ошибки функции нескольких независимых переменных 3.4. Вторая задача теории ошибок 3.5. Определение наиболее выгодных условий измерения (третья задача).	12,5	0,5	0,5	12	20
4	7	Раздел 4. Вероятностная оценка случайных погрешностей измерений. 4.1. Общие закономерности случайных ошибок 4.2. Основная формула теории случайных ошибок (закон нормального распределения) 4.3. Интеграл вероятностей и его вычисление 4.4. Постулат среднего арифметического 4.5. Мера точности для точных значений ошибок и для отклонений от среднего арифметического 4.6. Погрешности измерений – средняя арифметическая, вероятная и средняя 4.7. Геометрический значения.	17	1	1	16	20
4	7	Раздел 5. Графический анализ результатов эксперимента. 5.1. Графическое изображение результатов эксперимента 5.2. Функциональные шкалы и их применение.	12,5	0,5	0,5	12	5
4	7	Раздел 6. Представление результатов эксперимента с помощью математических моделей. 6.1. Линейный регрессионный анализ (графический метод определения коэффициентов регрессии, метод средних, метод наименьших квадратов, примеры). 6.2. Адекватность линейной модели. Доверительные границы. 6.3. Основы корреляционного анализа. 6.4. Основы дисперсионного анализа.	15	1	1	14	20
4	7	Раздел 7. Статистические методы планирования эксперимента. 7.1. Пассивный и активный эксперименты. 7.2. Основные положения и определения. 7.3. Факторы и требования, предъявляемые к ним. 7.4. Выбор модели. 7.5. Полный факторный эксперимент.	21	1	1	20	20
Всего за 7 семестр			108	6	6	102	100
Всего по дисциплине			108	6	6	102	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Приближенные значения величин и их ошибки.	Приближенные значения величин. Округление приближенных значений, правило дополнения. Знак ошибок приближенных значений. Классификация приближенных чисел. Верные цифры в приближенных значениях чисел. Запись приближенных значений чисел.	1
2	Раздел 2. Основные арифметические действия с приближенными значениями чисел.	Малые величины различных порядков. Сложение приближенных чисел. Умножение приближенных чисел. Практические рекомендации.	1
3	Раздел 3. Погрешности приближенных значений функций и общая теория ошибок (погрешностей).	Основные задачи теории ошибок. Ошибки функции одной и двух независимых переменных. Ошибки функции нескольких независимых переменных. Вторая задача теории ошибок. Определение наиболее выгодных условий измерения (третья задача).	0,5
4	Раздел 4. Вероятностная оценка случайных погрешностей измерений.	Обработка выборки экспериментальных данных	1
5	Раздел 5. Графический анализ результатов эксперимента.	Графическое изображение результатов эксперимента Функциональные шкалы и их применение.	0,5
6	Раздел 6. Представление результатов эксперимента с помощью математических моделей.	Основы корреляционного анализа. Основы дисперсионного анализа	1
7	Раздел 7. Статистические методы планирования эксперимента.	Полный факторный эксперимент.	1
Всего за 7 семестр			6

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Приближенные значения величин и их ошибки.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	16

2	Раздел 2. Основные арифметические действия с приближенными значениями чисел.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	8
3		Выполнение домашнего задания ДЗ-1 (1 задача, определение погрешностей вычислений с приближенными числами).	4
4	Раздел 3. Погрешности приближенных значений функций и общая теория ошибок (погрешностей).	Выполнение домашнего задания ДЗ-1 (2 задача, определение погрешностей вычислений с приближенными числами).	4
5		Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	8
6	Раздел 4. Вероятностная оценка случайных погрешностей измерений.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	10
7		Выполнение домашнего задания ДЗ-2 (обработка выборки экспериментальных данных).	6
8	Раздел 5. Графический анализ результатов эксперимента.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	12
9	Раздел 6. Представление результатов эксперимента с помощью математических моделей.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	7
10		Выполнение домашнего задания ДЗ-3 (корреляционный анализ).	4
11		Выполнение домашнего задания ДЗ-4 (дисперсионный анализ).	3
12	Раздел 7. Статистические методы планирования эксперимента.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	14
13		Выполнение домашнего задания ДЗ-5 (построение математической модели по результатам полного факторного двухуровневого эксперимента).	6
Всего за 7 семестр			102

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7					ТекК	ДР			Вопр.Диф.Зач	ДР					Вопр.Диф.Зач	ДР	ДЗ, Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. И. Барботько, В. А. Кудинов, П. А. Понкратов. . Планирование, организация и проведение научных исследований в машиностроении. Старый Оскол: ТНТ, 2021, эл. рес.
2. Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 65 экз.
3. Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
4. С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента. Старый Оскол: ТНТ, 2020, эл. рес.
5. С. В. Бочкарёв, Т. В. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента. Старый Оскол: ТНТ, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://www.tnt-ebook.ru/> (ЭБС Тонкие Наукоёмкие Технологии (ТНТ));;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://moodle.voenmeh.ru/course/view.php?id=4003> — БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова // Moodle: Вход на сайт;.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Prime 3.1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Практические занятия:**

1. Mathcad Prime 3.1.

### **6.2. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **15.03.01 Машиностроение**. Дисциплина реализуется на факультете **Е Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ"** им. Д.Ф. Устинова кафедрой **Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-1/24.2 способность проводить эксперименты по исследованию технологических параметров операций обработки металлов давлением по стандартным и заданным методикам, обрабатывать и технически грамотно оформлять результаты научно-исследовательских работ в области машиностроения.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с обработкой результатов экспериментальных исследований и с планированием экспериментов (приближенные значения величин и их ошибки; основные арифметические действия с приближенными значениями чисел; погрешности приближенных значений функций и общая теория ошибок (погрешностей); вероятностная оценка случайных погрешностей измерений; графический анализ результатов эксперимента; представление результатов эксперимента с помощью математических моделей; статистические методы планирования эксперимента).

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**6 ч.**), самостоятельная работа студента (**102 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 6 ч. аудиторных занятий, и 102 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Приближенные значения величин и их ошибки.		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	С. В. Бочкарёв, Т. В. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (2) Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1)	16
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Основные арифметические действия с приближенными значениями чисел.		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2)	8
Выполнение домашнего задания ДЗ-1 (1 задача, определение погрешностей вычислений с приближенными числами).		4
Итого по разделу 2		12
Раздел 3. Погрешности приближенных значений функций и общая теория ошибок (погрешностей).		
Выполнение домашнего задания ДЗ-1 (2 задача, определение погрешностей вычислений с приближенными числами).	Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3) А. И. Барботько, В. А. Кудинов, П. А. Понкратов. . Планирование, организация и проведение научных исследований в машиностроении: Старый Оскол: ТНТ, 2021 (5)	4
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.		8
Итого по разделу 3		12
Раздел 4. Вероятностная оценка случайных погрешностей измерений.		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (4) С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (4,7,11)	10
Выполнение домашнего задания ДЗ-2 (обработка выборки экспериментальных данных).		6
Итого по разделу 4		16
Раздел 5. Графический анализ результатов эксперимента.		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (5)	12
Итого по разделу 5		12
Раздел 6. Представление результатов эксперимента с помощью математических моделей.		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (7, п.9.3 и 9.4) С. В. Бочкарёв, Т. В. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (5) А. И. Барботько, В. А. Кудинов, П. А. Понкратов. . Планирование, организация и проведение научных исследований в машиностроении: Старый Оскол: ТНТ, 2021 (2)	7
Выполнение домашнего задания ДЗ-3 (корреляционный анализ).		4
Выполнение домашнего задания ДЗ-4 (дисперсионный анализ).		3
Итого по разделу 6		14

Раздел 7. Статистические методы планирования эксперимента.		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	Н. И. Нестеров. . Планирование и обработка результатов эксперимента: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (8, п.9.5) С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (9)	14
Выполнение домашнего задания ДЗ-5 (построение математической модели по результатам полного факторного двухуровневого эксперимента).	А. И. Барботько, В. А. Кудинов, П. А. Понкратов. . Планирование, организация и проведение научных исследований в машиностроении: Старый Оскол: ТНТ, 2021 (2)	6
Итого по разделу 7		20

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Домашнее задание

Перечень домашних заданий:

Домашнее задание No 1. Определение погрешностей вычислений с приближенными числами и погрешностей вычислений функции с приближенными значениями аргументов.

1. Вычислить результат и определить абсолютную и относительные ошибки суммы (разности) и умножения (деления) приближенных чисел.

2. Вычислить результат и определить абсолютную и относительные ошибки функции.

Домашнее задание No 2. Определение характеристик выборки данных.

1. Рассчитать статистические характеристики исследуемой выборки.

2. Проанализировать выполненную работу, сделать выводы о близости полученного распределения к нормальному и определить достаточность числа опытов для обеспечения заданной погрешности.

3. Предоставить отчет,

Домашнее задание No 3. Корреляционный анализ.

1. Используя экспериментальные данные одного из вариантов, представленных в задании (по согласованию с преподавателем), рассчитать коэффициенты корреляции между каждой парой параметров.

2. Установить статистически значимые линейные связи.

3. Построить граф корреляционных связей. По графу выбрать параметр оптимизации и зависимые параметры.

4. Рассчитать коэффициенты линейной связи между зависимым параметром и параметром оптимизации.

5. Проанализировать выполненную работу и сделать выводы, в которых указать статистически значимые (в виде соответствующего уравнения) и незначимые связи между параметрами.

6. Предоставить отчет.

Домашнее задание No 4. Дисперсионный анализ.

1. Используя экспериментальные данные, представленные в задании, рассчитать характеристики дисперсионного анализа.

2. Проанализировать выполненную работу и сделать выводы о значимости влияния исследуемого фактора  $x$  на функцию отклика  $y$ .

3. Предоставить отчет.

Домашнее задание No 5. Построение математической модели по результатам полного факторного двухуровневого эксперимента

1. Используя экспериментальные данные одного из вариантов, представленных в задании, сформировать матрицу полного факторного двухуровневого эксперимента.

2. Определить основные уровни и интервалы варьирования факторов.

3. Произвести нормирование факторного пространства и представить матрицу полного факторного двухуровневого эксперимента в нормированном виде.

4. Построить уравнение математической модели и сформировать на основе нормированной матрицы эксперимента нормированную матрицу планирования.

5. Рассчитать коэффициенты уравнения математической модели.

6. Вычислить дисперсию воспроизводимости результатов эксперимента.

7. Проверить статистическую значимость коэффициентов модели. Исключив незначимые коэффициенты, упростить уравнение математической модели.

8. Определить дисперсию адекватности модели и рассчитать значение критерия Фишера. Проверить адекватность расчетной модели.

9. Проанализировать выполненную работу и сделать выводы о значимости коэффициентов регрессии и адекватности расчетной модели экспериментальным данным.

10. Предоставить отчет.

Отчет по домашнему заданию должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.32. Домашнее задание считается принятым, если верно проведены все расчеты и сделаны соответствующие выводы.

#### Вопросы для текущего контроля

1. Сколько значащих цифр в числе?
2. Где правильно записано приближенное число с известным допуском отклонения?
3. Что называют абсолютной ошибкой приближенного значения некоторой величины?
4. Что называют относительной ошибкой приближенного значения некоторой величины?

5. Можно ли вычислить абсолютные и относительные ошибки результата измерений?
6. Систематические ошибки измерений?
7. Случайные ошибки измерений?
8. Грубые ошибки измерений?
9. Укажите свойства случайных ошибок при равнооточных многократных измерениях одной величины.
10. Абсолютная ошибка суммы двух приближенных чисел равна:
11. Абсолютная ошибка разности двух приближенных чисел равна:
12. Относительная ошибка произведения двух приближенных чисел равна:
13. Относительная ошибка частного двух приближенных чисел равна:
14. По какой формуле определяют абсолютную ошибку функции ?
15. По какой формуле определяют относительную ошибку функции ?
16. По какой формуле определяют предельную относительную ошибку функции ?
17. По какой формуле определяют предельную абсолютную ошибку функции ?
18. По какой формуле определяют предельную относительную ошибку функции нескольких переменных?
19. По какой формуле определяют предельную абсолютную ошибку функции нескольких переменных?
20. Среднее арифметическое результатов измерений определяют по формуле:
21. Смещенную дисперсию результатов измерений определяют по формуле:
22. Несмещенную дисперсию результатов измерений определяют по формуле:
23. Среднеквадратичное отклонение результатов измерений определяют по формуле:
24. Коэффициент асимметрии характеризует:
25. Коэффициент эксцесса характеризует:
26. Доверительная вероятность характеризует:
27. Для определения доверительного интервала используют коэффициент:
28. Доверительная вероятность – это ...
29. От чего зависит критическое значение коэффициента Стьюдента?
30. От чего зависит критическое значение коэффициента корреляции?
31. Коэффициент корреляции может изменяться в интервале ....
32. Если коэффициент корреляции равен нулю, то (введите правильные ответы)
33. Если коэффициент корреляции равен – 1 или + 1, то (введите правильные ответы)
34. Что означает знак «минус» у значения коэффициента корреляции?
35. Что означает знак «плюс» у значения коэффициента корреляции?
36. По какому критерию оценивают значимость фактора при проведении однофакторного дисперсионного анализа?
37. Критическое значение критерия Фишера зависит от ...
38. Дисперсионный анализ позволяет ....
39. Регрессионный анализ сводится к ...
40. При статистической оценке степени адекватности модели экспериментальным результатам используют методы:
41. Какой метод получения математической модели и оценки степени ее адекватности наиболее точный?
42. Основное положение метода наименьших квадратов:
43. Основное положение метода средних:
44. Адекватность линейной модели оценивают с помощью критерия ...
45. Если экспериментальное значение критерия Фишера меньше табличного ( ), то ...
46. Механические свойства металлической детали, полученной обработкой давлением, зависят от механических свойств исходной заготовки, величины деформации на последней вытяжке и режима термообработки. Определить зависимость между механическими свойствами детали и названными факторами. Какого типа эксперимент необходимо провести?
47. Надежность изделия зависит от ряда технологических факторов. Необходимо так подобрать значения этих факторов, чтобы надежность повысилась. Какого типа эксперимент необходимо провести?
48. При нормировании факторов верхнему уровню варьирования присваивается значение ..
49. При нормировании факторов нижнему уровню варьирования присваивается значение ..
50. Нулевой уровень фактора – это ...
51. Сколько независимых опытов необходимо провести в полном факторном эксперименте для двух факторов?
52. Сколько независимых опытов необходимо провести в полном факторном эксперименте для трех факторов?
53. Какая матрица является планом полного двухфакторного эксперимента?
54. Какой эксперимент называют полным факторным?
55. Полный факторный эксперимент обладает некоторыми свойствами. Какое свойство из нижеперечисленных называется симметричностью относительно центра эксперимента?
56. Полный факторный эксперимент обладает некоторыми свойствами. Какое свойство из нижеперечисленных называется ротатбельностью?
57. Полный факторный эксперимент обладает некоторыми свойствами. Какое свойство из нижеперечисленных называется ортогональностью матрицы планирования?
58. Полный факторный эксперимент обладает некоторыми свойствами. Какое свойство из нижеперечисленных называется условием нормировки?
59. Какое уравнение регрессии получают в результате полного двухфакторного эксперимента?
60. Какое уравнение регрессии получают в результате полного трехфакторного эксперимента?
61. Какие из приведенных слагаемых уравнения регрессии называют линейными эффектами?
62. Какой из приведенных слагаемых уравнения регрессии называют эффектом взаимодействия?

Вопросы для текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы разрабатываются (обновляются) ежегодно в соответствии с материалами, изученными обучающимися.

#### **Вопросы к дифференцированному зачету**

Вопросы для приема дифференцированного зачета:

1. Классификация ошибок измерений.
2. Определение абсолютной и относительной ошибок измерения.

3. Правила записи приближенных чисел.
4. Правила округления приближенных чисел.
5. Вычисление суммы (разности) двух приближенных чисел.
6. Вычисление произведения (частного) двух приближенных чисел.
7. Вычисление абсолютной ошибки функции одной переменной.
8. Вычисление относительной ошибки функции одной переменной.
9. Вычисление абсолютной ошибки функции нескольких независимых переменных.
10. Вычисление относительной ошибки функции нескольких независимых переменных.
11. Перечислите основные статистические характеристики выборки.
12. С какой целью определяют интервал необходимого числа опытов?
13. Что показывает доверительный интервал?
14. Какими характеристиками можно оценивать близость закона распределения к нормальному?
15. Назначение корреляционного анализа.
16. Что характеризует коэффициент парной корреляции?
17. Приведите последовательность действий при корреляционном анализе.
18. От чего зависит критическое значение коэффициента корреляции?
19. Каким образом строят граф корреляционных связей?
20. Назначение дисперсионного анализа.
21. С какой целью производят нормирование факторного пространства?
22. Что показывает «шум» на гистограмме распределения факторов по уровню значимости?
23. По какому критерию оценивают значимость фактора при проведении дисперсионного анализа?
24. Перечислите варианты дублирования при проведении экспериментальных исследований.
25. Назначение матрицы эксперимента и матрицы планирования.
26. С какой целью проводят нормирование факторного пространства?
27. Как зависит число опытов в полном факторном эксперименте от количества факторов и числа уровней их варьирования?
28. Какие меры следует принять для получения математической модели, адекватной экспериментальным данным?

#### **Дифференцированный зачет**

Выставление оценки возможна путём оценки текущей успеваемости обучающегося в соответствии с регламентом балльно-рейтинговой системы и технологической картой дисциплины, размещённой в СДО Moodle.

Регламент балльно-рейтинговой системы для составления технологической карты и выставления оценки устанавливают приказом ректора.

Обучающийся может пройти итоговый контроль в виде стандартного зачёта с оценкой с ответом на вопросы согласно списку (3 вопроса; и более при спорной отметке) при условии выполнения всех домашних заданий.

Оценка «зачтено-отлично» выставляется студенту, прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающему, в ответе которого тесно увязывается теория с практикой. При этом студент не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с литературой, правильно обосновывает принятые решения.

Оценка «зачтено-хорошо» выставляется студенту, знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «зачтено-удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и испытывает затруднения при выполнении практических задач.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия			
4	7	Раздел 1. Приближенные значения величин и их ошибки.	17	1	1	16	5	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание, Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 2. Основные арифметические действия с приближенными значениями чисел.	13	1	1	12	10	Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету, Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 3. Погрешности приближенных значений функций и общая теория ошибок (погрешностей).	12.5	0.5	0.5	12	20	Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету, Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 4. Вероятностная оценка случайных погрешностей измерений.	17	1	1	16	20	Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету, Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 5. Графический анализ результатов эксперимента.	12.5	0.5	0.5	12	5	Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету, Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 6. Представление результатов эксперимента с помощью математических моделей.	15	1	1	14	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание, Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 7. Статистические методы планирования эксперимента.	21	1	1	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание, Вопросы для текущего контроля
Всего за 7 семестр			108	6	6	102	100	
Всего по дисциплине			108	6	6	102	100	



## Критерии оценивания

### ПСК-1/24.2

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Абсолютная ошибка суммы двух приближенных чисел  $99 \pm 1$  и  $43,3 \pm 0,2$  равна  $\pm$  \_\_\_\_
- № 2 Относительная ошибка частного двух приближенных чисел  $2750 \pm 1$  ( $\delta = 0,036\%$ ) и  $430,3 \pm 0,2$  ( $\delta = 0,046\%$ ) равна \_\_\_\_%
- № 3 Коэффициент, характеризующий скошенность рассматриваемой функции плотности распределения вероятностей по сравнению с нормальным законом распределения – коэффициент ...
- № 4 Коэффициент, характеризующий степень остроты пика рассматриваемой кривой по сравнению с кривой нормального распределения – коэффициент ...
- № 5 Для определения доверительного интервала используют коэффициент ...
- № 6 Укажите максимальное значение коэффициента парной корреляции
- № 7 Укажите минимальное значение коэффициента парной корреляции
- № 8 Если связь между исследуемыми параметрами не существует или является нелинейной, то коэффициент парной корреляции равен .....
- № 9 По какому критерию оценивают значимость фактора при проведении однофакторного дисперсионного анализа?
- № 10 Какой анализ позволяет оценить значимость влияния фактора на функцию отклика?
- № 11 Механические свойства металлической детали, полученной обработкой давлением, зависят от механических свойств исходной заготовки, величины деформации на последней вытяжке и режима термообработки. Определить зависимость между механическими свойствами детали и названными факторами. Какого типа эксперимент необходимо провести?
- № 12 При нормировании факторов нижнему уровню варьирования присваивается значение .....

*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Где правильно записано приближенное число с известным допуском отклонением?
  - 1.  $460,4 \pm 0,18$
  - 2.  $460,402 \pm 0,18$
  - 3.  $460 \pm 0,18$
  - 4.  $460,40 \pm 0,18$
- № 2 Абсолютной ошибкой приближенного значения некоторой величины называют
  - 1. погрешность измерения
  - 2. разность между точным и приближенным значениями этой величины
  - 3. цену деления на шкале применяемого инструмента или прибора
  - 4. половину цены деления на шкале применяемого инструмента или прибора
- № 3 Относительной ошибкой приближенного значения некоторой величины называют
  - 1. отношение цены деления на шкале применяемого инструмента или прибора к результату измерения
  - 2. отношение погрешности измерения к результату измерения
  - 3. отношение его абсолютной ошибки к точному значению величины
  - 4. разность между точным и приближенным значениями этой величины
- № 4 Систематические ошибки измерений
  - 1. связаны с неправильными показаниями приборов, ошибочностью метода измерения или постоянным внешним воздействием
  - 2. являются следствием тех незначительных неточностей, которые неизбежны при установке приборов и отсчете их показаний
  - 3. связаны с проявлением разовых внешних воздействий на приборы или экспериментатора
  - 4. объясняются невнимательностью экспериментатора или незнанием им методик проведения измерений
- № 5 Случайные ошибки измерений
  - 1. связаны с неправильными показаниями приборов, ошибочностью метода измерения или постоянным внешним воздействием
  - 2. являются следствием тех незначительных неточностей, которые неизбежны при установке приборов и отсчете их показаний
  - 3. связаны с проявлением разовых внешних воздействий на приборы или экспериментатора
  - 4. объясняются невнимательностью экспериментатора или незнанием им методик проведения измерений
- № 6

По какой формуле определяют абсолютную ошибку функции  $f(x)$ ?

1.  $\pm \varepsilon_x f'(x)$
2.  $\pm f'(x)dx \pm f''(x) \frac{dx^2}{2!} \pm f'''(x) \frac{dx^3}{3!} \pm \dots$
3.  $\pm d[\ln f(x)]$
4.  $f'(x)$

№ 7

По какой формуле определяют относительную ошибку функции  $f(x)$ ?

1.  $\pm \varepsilon_x f'(x)$
2.  $\pm f'(x)dx \pm f''(x) \frac{dx^2}{2!} \pm f'''(x) \frac{dx^3}{3!} \pm \dots$
3.  $\pm d[\ln f(x)]$
4.  $f'(x)$

№ 8

По какой формуле определяют предельную относительную ошибку функции  $f(x_1, x_2)$ ?

1.  $f(x_1, x_2) \pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_1} dx_1 \pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_2} dx_2$
2.  $\pm \left\{ \left| \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_1} dx_1 \right| + \left| \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_2} dx_2 \right| \right\}$
3.  $\pm d[\ln f(x_1, x_2)]$
4.  $\pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_1} dx_1 \pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_2} dx_2$

№ 9

По какой формуле определяют предельную абсолютную ошибку функции  $f(x_1, x_2)$ ?

1.  $f(x_1, x_2) \pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_1} dx_1 \pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_2} dx_2$
2.  $\pm \left\{ \left| \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_1} dx_1 \right| + \left| \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_2} dx_2 \right| \right\}$
3.  $\pm d[\ln f(x_1, x_2)]$
4.  $\pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_1} dx_1 \pm \frac{\partial f(x_1, x_2)}{\partial x_2} dx_2$

Среднее арифметическое результатов измерений определяют по формуле:

1.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
2.  $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
3.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$
4.  $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n y_i$

Смещенную дисперсию результатов измерений определяют по формуле:

1.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
2.  $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
3.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$
4.  $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n y_i$

Несмещенную дисперсию результатов измерений определяют по формуле:

1.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
2.  $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
3.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$
4.  $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n y_i$

Среднеквадратичное отклонение результатов измерений определяют по формуле:

1.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
2.  $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2$
3.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$
4.  $\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2}$

№ 14 Дисперсионный анализ позволяет

1. оценить значимость влияния фактора на функцию отклика
2. оценить степень влияния фактора на функцию отклика
3. получить математическую модель
4. определить неучтенные факторы

№ 15 Регрессионный анализ сводится

1. к определению на основании экспериментальных данных коэффициентов модели
2. к определению на основании экспериментальных данных коэффициентов модели (коэффициентов регрессии), оценки значимости этих коэффициентов и степени адекватности модели
3. к оценке значимости коэффициентов модели
4. к оценке адекватности модели

№ 16 Какой метод получения математической модели и оценки степени ее адекватности наиболее точный?

1. графический метод
2. интерполяционный метод
3. метод средних
4. метод наименьших квадратов

№ 17 Надежность изделия зависит от ряда технологических факторов. Необходимо так подобрать значения этих факторов, чтобы надежность повысилась. Какого типа эксперимент необходимо провести?

1. Интерполяционный эксперимент
2. Пассивный эксперимент
3. Экстремальный эксперимент
4. Полный факторный эксперимент

№ 18 Какой эксперимент называют полным факторным?

1. Эксперимент, в котором все факторы имеют максимальное значение.
2. Эксперимент, в котором все факторы имеют все возможные значения из области определения.
3. Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней варьирования факторов.
4. Эксперимент, в котором все факторы имеют все возможные значения из области варьирования.

№ 19

Какое уравнение регрессии получают в результате полного двухфакторного эксперимента?

1.  $y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2$
  2.  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$
  3.  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2$
  4.  $y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$
- 

№ 20

Какое уравнение регрессии получают в результате полного трехфакторного эксперимента?

1.  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$
2.  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2$
3.  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$
4.  $y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$