

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич  
Должность: проректор по научной работе  
Дата подписания: 01.11.2023 11:53:52  
Уникальный программный ключ:  
1a3df673e07fcd54440aeced8bb7e29f4817bf0a

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета машиностроения

  
/Е. В. Сафонов /  
“ 01 ” \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Математические методы статистической обработки экспериментальных  
данных**

Направления подготовки:  
**15.06.01 «Машиностроение»**

Профиль подготовки  
**Сварка, родственные процессы и технологии**

Квалификация выпускника  
**Исследователь. Преподаватель-исследователь.**

Форма обучения  
**Очная**

Москва, 2021

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению и профилю подготовки **15.06.01 «Машиностроение», «Сварка, родственные процессы и технологии».**

Программу составил

к.т.н., доц.



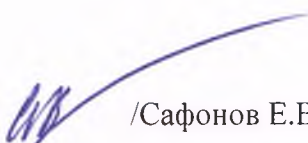
/Латыпова Г.Р./

Программа утверждена на заседании кафедры «Оборудование и технологии сварочного производства»

30 июня 2021 г., протокол № 13

Заведующий кафедрой «ОиТСП»,

доц., к.т.н.



/Сафонов Е.В./

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

«01.» 07 2021 г., протокол № Б-21

Председатель комиссии



/Васильев А.Н./

Присвоен регистрационный номер:

15.06.01/05.02.10.01.2021. Б.1.1.ДВ.1

### 1. Цели освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» является изучение методик обработки экспериментальных данных с построением математических моделей; приобретение практических навыков обработки экспериментальных данных для получения математического описания систем;

Ознакомление с математическим обеспечением анализа проектных решений на макроуровне и микроуровне и постановки задачи параметрического синтеза как задачи оптимизации, критериев оптимизации и поисковых методов ее решения.

#### Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление о современном уровне математических и статистических методов исследования;
- разъяснить возможности использования различных математических и статистических методов с целью выполнения исследований на высоком научном уровне;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний для решения проблем, возникающих при разработках новых технологических процессов.

Изучение курса «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» способствует расширению кругозора в области технических наук, дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых будущий аспирант сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных». Дисциплина реализуется на Машиностроительном факультете кафедрой «ОиТСП».

Дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций выпускника, сформулированных в ФГОС.

Изучение курса основывается на знаниях, полученных при изучении базовых дисциплин и дисциплин профессионального цикла

#### В базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:

- инновационные технологии в машиностроении.

#### В дисциплинах по выбору студента части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:

- прогнозирование и управление свойствами сварных соединений;
- способы оценки структуры и свойств сварных соединений.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Согласно ФГОС по направлению «Машиностроение» применительно к дисциплине «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» выпускник должен обладать профессиональными компетенциями:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных	<b>знать:</b> основные научные теории и методы научно-исследовательской деятельности, в том числе выдвижения и формулировки гипотез <b>уметь:</b> выделять и систематизировать основ-

	областях	ные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач <b>владеть:</b> навыками отбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования
ОПК-2	Способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники	<b>знать:</b> основные закономерности проектирования, изготовления и эксплуатации машин, их узлов и приводов <b>уметь:</b> решать задачи математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов <b>владеть:</b> методами решения задач математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов

Аспирант должен **применять** полученные знания в практической деятельности.

Аспирант должен уметь решать следующие задачи – применять полученные знания для анализа при изготовлении конкретного изделия.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия – 12 ч., семинарские занятия – 12 ч., самостоятельная работа аспиранта - 156 ч. Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Структура и содержание дисциплины представлены в Приложении 3.

#### Содержание разделов дисциплины

**Тема 1. Роль планирования эксперимента в технологических и научных исследованиях.**

Цели, задачи и значение дисциплины «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» на современном этапе развития науки и техники.

Общие закономерности проведения эксперимента в различных областях знаний.

Основные типовые задачи, решаемые при проведении эксперимента.

**Тема 2. Основные понятия и принципы планирования эксперимента.**

Основные понятия теории планирования эксперимента: Объект исследования, виды входных и выходных переменных, факторы, факторное пространство.

Опыт. Эксперимент. План эксперимента как совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов.

Основные принципы планирования эксперимента.

### **Тема 3. Корреляционный и регрессионный анализ.**

Выборочный коэффициент корреляции. Линейная регрессия. Простейшие случаи нелинейной корреляции.

Метод наименьших квадратов. Расчет коэффициентов уравнения регрессии. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Проверка адекватности математической модели объекта исследования.

### **Тема 4. Выбор оптимального плана. Критерии оптимального плана.**

Разновидности планов эксперимента. Основы построения математических моделей планов экспериментов.

Критерии оптимальности, связанные с точностью оценок коэффициентов уравнения регрессии.

Критерии оптимальности, связанные с точностью получения оценок отклика.

### **Тема 5. Планы многофакторных экспериментов.**

Полный факторный план (ПФП) и его характеристика. Составление ПФП эксперимента. Организация проведения эксперимента по ПФП, обработка и анализ его результатов.

Дробный факторный план (ДФП). ДФП для моделей с взаимодействием. Организация проведения эксперимента по ДФП, обработка и анализ его результатов.

Ротатабельное планирование. Составление плана эксперимента второго порядка, обработка и анализ его результатов.

### **Тема 6. Планы поиска экстремума функции отклика.**

Постановка задачи оптимизации. Методы оптимизации однофакторных объектов.

Особенности планирования при оптимизации сложных объектов. Понятие о методах условной оптимизации.

### **Тема 7. Методы оптимизации многофакторных объектов.**

Последовательные методы поиска оптимальных решений. Метод Гаусса-Зейделя. Метод случайного поиска. Метод градиента. Метод крутого восхождения (метод Бокса-Уилсона).

Симплексный метод оптимизации объектов. Симплекс и его последовательное смещение в направлении к оптимуму. Критерии окончания процесса оптимизации.

### **Тема 8. Выделение существенных факторов.**

Планирование отсеивающих экспериментов. Организация, проведение и методы анализа результатов отсеивающих экспериментов.

Дисперсионный анализ. Однофакторная классификация. Дисперсионный анализ при трехфакторной и четырехфакторной классификации.

### **Тема 9. Методы построения моделей объектов в условиях дрейфа их характеристик.**

Метод проверки условий отсутствия дрейфа характеристик объекта.

Адаптивный метод построения математической модели в условиях неаддитивного случайного дрейфа.

### **Тема 10. Планирование при выборочном контроле.**

Планы выборочного контроля. Одноступенчатый, двухступенчатый и многоступенчатый планы выборочного контроля. Параметры планов выборочного контроля, правила принятия решения.

Адаптация планов выборочного контроля к динамике производства. Ослабленный и усиленный планы выборочного контроля.

Усеченный выборочный контроль.

Способы и правила корректировки планов выборочного контроля.

## **Тема 11. Состояние и перспективы развития теории планирования эксперимента.**

Направления дальнейшей работы над углублением и расширением полученных знаний в области организации и планирования эксперимента.

Практическое использование полученных знаний в учебной и производственной деятельности.

### **5. Образовательные технологии.**

Методика преподавания дисциплины «Математическое моделирование и аттестация сварочного производства» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- чтение лекций сопровождается раздаточным материалом, показом слайдов с помощью компьютерной и проекторной техники и иллюстрируется наглядными пособиями;
- обсуждение и защита докладов по дисциплине;
- проведение контрольных работ;
- использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет – тестирования.

### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.**

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация.

#### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
ОПК-2	Способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

<b>УК-1 - Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</b>				
<p><b>знать:</b> основные научные теории и методы научно-исследовательской деятельности, в том числе выдвижения и формулировки гипотез</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующим знаниям: основные научные теории и методы научно-исследовательской деятельности, в том числе выдвижения и формулировки гипотез.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим знаниям: основные научные теории и методы исследовательской деятельности, в том числе выдвижения и формулировки гипотез. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим знаниям: основные научные теории и методы научно-исследовательской деятельности, в том числе выдвижения и формулировки гипотез, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим знаниям: основные научные теории и методы научно-исследовательской деятельности, в том числе выдвижения и формулировки гипотез, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p><b>уметь:</b> выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим умениям: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает зна-</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим умениям: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. Умения освоены, но допускаются незначительные</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим умениям: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. Свободно оперирует приобретенными умениями, приме-</p>

		чительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	няет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> навыками отбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками отбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования	Обучающийся владеет навыками отбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками отбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками отбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

**ОПК-2 - Способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники**

<b>знать:</b> основные закономерности проектирования, изготовления и эксплуатации машин, их узлов и приводов	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные закономерности проектирования, изготовления и эксплуатации машин, их узлов и приводов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные закономерности проектирования, изготовления и эксплуатации машин, их узлов и приводов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные закономерности проектирования, изготовления и эксплуатации машин, их узлов и приводов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные закономерности проектирования, изготовления и эксплуатации машин, их узлов и приводов, свободно оперирует приобретенными знаниями.
<b>уметь:</b> решать задачи математического, физического, конструкторского характера при проек-	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет решать задачи математического,	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: решать задачи математического, физи-	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: решать	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: решать задачи ма-



тировании машин, их узлов и приводов	физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов.	ческого, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов.	задачи математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	тематического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> методами решения задач математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами решения задач математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов.	Обучающийся владеет методами решения задач математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами решения задач математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов я, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами решения задач математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

### Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание

Текущий контроль аспиранта осуществляется следующим образом:

- аспирант предоставляет преподавателю конспект лекций по данной дисциплине.
- темы конспекта прописаны в данной рабочей программе, см. содержание структуры дисциплин.
- написание реферата по данной дисциплине.
- тематику реферата назначает преподаватель, который читает данный курс лекций.
- темы рефератов берутся преподавателем из содержания структуры дисциплины данной рабочей программы и направлена на углубление профессиональных компетенций.

До экзамена аспирант должен предоставить преподавателю:

- конспект лекций
- реферат по выделенной теме с оценкой преподавателя «зачтено».

**В случае не предоставления реферата аспирант не допускается к экзамену.**

**Форма итоговой аттестации: экзамен**

Итоговая аттестация по дисциплине осуществляется в форме устного экзамена. Аспиранту предоставляется билет с двумя вопросами.

*Критерий оценки:*

оценка "отлично" выставляется аспиранту, если даны исчерпывающие ответы на все два вопроса; - оценка "хорошо" выставляется аспиранту, если даны неполные ответы на два вопроса; - оценка "удовлетворительно" выставляется аспиранту, если дан исчерпывающий ответ на один вопрос и частично на другой; - оценка "неудовлетворительно" выставляется аспиранту, если не даны ответы на два вопроса.

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Отлично	Выполнены все виды учебной работы. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

**Самостоятельная работа аспиранта**

Метод множественной корреляции. (УК-1, ОПК-2)

Метод линеаризации. (УК-1, ОПК-2)

Ортогонализация планов экспериментов. Построение планов близких к оптимальному по нескольким критериям. (УК-1, ОПК-2)

- Характеристики математических моделей планов экспериментов. (УК-1, ОПК-2)
- Составление ПФП эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
- СоставлениеДФП эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
- Сравнительная оценка дробных реплик. Разрешающая способность реплики. (УК-1, ОПК-2)
- Многоуровневые факторные планы. (УК-1, ОПК-2)
- Поиск экстремума функции отклика на основании использования метода золотого сечения и чисел Фибоначчи. (УК-1, ОПК-2)
- Особенности оптимизации при наличии нескольких экстремумов. (УК-1, ОПК-2)
- Особенности планирования и организации эксперимента при использовании различных методов оптимизации. (УК-1, ОПК-2)
- Принцип последовательного планирования при оптимизации объектов исследования. (УК-1, ОПК-2)
- Последовательные методы поиска оптимальных решений. Метод кругого восхождения (метод Бокса-Уилсона). (УК-1, ОПК-2)
- Методы выделения существенных факторов. (УК-1, ОПК-2)
- Построение математических моделей в условиях аддитивного дрейфа. (УК-1, ОПК-2)
- Практическая работа аспиранта**
- Основы математической статистики. Случайная величина, плотность вероятности, среднеквадратичное отклонение, распределение случайной величины, основные распределения. Статистические функции EXCEL, их синтаксис, возможности. (УК-1, ОПК-2)
  - Регрессионный анализ экспериментальных данных. (УК-1, ОПК-2)
  - Предикторы, отклики, ошибки. Надстройка chemometrics для MS EXCEL. Её функции, возможности, синтаксис. (УК-1, ОПК-2)
  - Оптимизация многофакторных объектов. (УК-1, ОПК-2)
  - Многофакторный эксперимент. Оптимизация. (УК-1, ОПК-2)
- Вопросы для подготовки к экзамену**
1. Планирование эксперимента - основные термины и определения. (УК-1, ОПК-2)
  2. Методы планирования эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
  3. Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции. (УК-1, ОПК-2)
  4. Дисперсионный анализ. Критерий Фишера. (УК-1, ОПК-2)
  5. Применение критериев согласия для проверки статистических гипотез. (УК-1, ОПК-2)
  6. Задачи, решаемые с помощью дисперсионного анализа. (УК-1, ОПК-2)
  7. Оперативная характеристика. Порядок построения оперативной характеристики. (УК-1, ОПК-2)
  8. Задача оптимизации эксперимента. Выбор обобщенного параметра оптимизации. (УК-1, ОПК-2)
  9. Функция желательности. (УК-1, ОПК-2)
  10. Воздействующие факторы. Требования к факторам при планировании эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
  11. Функция отклика. Модель «чёрного ящика». (УК-1, ОПК-2)
  12. Выбор математической модели функции отклика. (УК-1, ОПК-2)
  13. Способы поиска оптимума функции отклика. Шаговый принцип. (УК-1, ОПК-2)
  14. Принятие решений перед планированием эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
  15. Полный факторный эксперимент. (УК-1, ОПК-2)
  16. Эксперимент типа 2к. Матрица планирования эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
  17. Свойства полного факторного эксперимента типа 2к. Математическая модель. (УК-1, ОПК-2)
  18. Дробный факторный эксперимент. (УК-1, ОПК-2)

19. Рандомизация. (УК-1, ОПК-2)
20. Обработка результатов эксперимента. Методы регрессионного анализа. (УК-1, ОПК-2)
21. Проверка адекватности полученной математической модели. (УК-1, ОПК-2)
22. Метод наименьших квадратов. (УК-1, ОПК-2)
23. Проверка значимости коэффициентов регрессии. (УК-1, ОПК-2)
24. Принятие решений после построения модели процесса. (УК-1, ОПК-2)
25. Методы восхождения по поверхности отклика. (УК-1, ОПК-2)
26. Классификация экспериментальных планов. (УК-1, ОПК-2)

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **Основная литература**

1. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций учеб. для вузов. / Куркин С.А., Ховов В.М., Аксенов Ю.Н. и др.; под. ред. С.А. Куркина, В.М. Ховова. -М.: Изд-во МГТУ им.Баумана, 2002. – 464 с. **Гриф УМО.**
2. Ластовирия В.Н. Оптимизация в автоматизированном проектировании сварочных технологий учеб. пособие для вузов. / Гладков Э.А., Коновалов А.В.; отв. ред. - М.: МГИУ, 2008. – 184 с. **Гриф УМО.**
3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования учеб. для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 336 с.
4. Введение в теорию планирования эксперимента [Текст] : учеб. пособие / Н. И. Сидняев, Н. Т. Вилюсова. - М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2011. - 463 с. : табл., схем. - Библиогр.: с. 444-445.

### **Дополнительная литература**

- Аттков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 440 с.
2. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. в 2-х томах / Под общ. Ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышева. – М.: Машиностроение, 2004. Т.1/ Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышев, Э.А. Гладков и др. –624 с.
  3. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров и др. Под ред. В.М. Неровного. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. –752 с.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- Система поиска природно-ресурсной информации - <http://list.priroda.ru>
- Открытая справочно-информационная служба «Ecoline» - <http://www.ecoline.ru>
  - «Зелёный шлюз» - путеводитель по экологическим информационным ресурсам - <http://zelenyshluz.narod.ru/>
  - European Environment Agency (EEA) - <http://www.eea.europa.eu/>
  - The Global Environmental Information Exchange Network - <http://www.unep.org/infoterra/>
  - Актуальным разделам экологии - книги, статьи, учебники, методические материалы - <http://www.ecoline.ru/>
  - Библиотека учебников по экологии - <http://window.edu.ru/window/library>
  - Всероссийский экологический портал - <http://ecoportal.ru/>
  - Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов - <http://school-collection.edu.ru/catalog/>
  - Международный портал по экологии и окружающей среде - <http://www.greenwaves.com/russian/indexrus.html>
  - Микроорганизмы - <http://microorganizmy.naukadv.ru/>

- Национальный портал «Природа России» - <http://www.priroda.ru/>
- Природа и экология - <http://www.priroda.su/>
- Проблемы эволюции - <http://macroevolution.narod.ru>
- Проблемы эволюции биосферы - <http://macroevolution.narod.ru/>
- Российские зеленые страницы - <http://rgp.agava.ru/>
- Официальный сайт журнала «Экология производства» <http://www.ecoindustry.ru>
- Google Scholar [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://scholar.google.com>, свободный. – Загл. с экрана. (поисковая система, разработанная специально для студентов, 17 ученых и исследователей, предназначена для поиска информации в онлайн-академических журналах и материалах, прошедших экспертную оценку).
- РИБК [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.ribk.net>, свободный. – Загл. с экрана. (портал "Российского информационно-библиотечного консорциума" предоставляет возможность расширенного поиска библиографических данных и полнотекстовых ресурсов в электронных каталогах пяти крупнейших библиотек России: Всероссийской государственной библиотеке иностранной литературы им. М.И. Рудомино, Научной библиотеке МГУ им. Ломоносова, Парламентской библиотеке, Российской государственной библиотеке, Российской национальной библиотеке).
- Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.cir.ru>, доступ по общеуниверситетской сети. – Загл. с экрана. (включает нормативные документы федерального уровня, научные издания МГУ, аналитические издания (журнал "Эксперт"), доклады, публикации и статистические массивы исследовательских центров и др.).
- SCIRUS [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.scirus.com>, свободный. – Загл. с экрана. (поисковая система, нацеленная на поиск исключительно научной информации, позволяет находить информацию в научных журналах, персональных страницах ученых, университетов и исследовательских центров. Доступ к полным текстам статей из журналов возможен только для подписчиков).
- ScienceResearch.com [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.scienceresearch.com>, свободный. – Загл. с экрана. (поисковая система предоставляет возможность одновременного поиска в научных журналах крупнейших издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor and Francis и др. А также в открытых базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News. Поиск в журналах возможен по 12 отдельным предметным рубрикам. Полные тексты статей из журналов доступны только для подписчиков).
- NIST Chemistry WebBook [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://webbook.nist.gov/chemistry/>, свободный. – Загл. с экрана. (справочная книга Института Стандартов и Технологии США содержит термодимические, спектральные данные, потенциалы ионизации, сродство к электрону и пр. для свыше 10000 органических и неорганических соединений).
- American Chemical Society (ACS) [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.pubs.acs.org/>, доступ по общеуниверситетской сети. – Загл. с экрана. (полные тексты журналов издательства Американского химического общества (The Journal of Organic Chemistry, Journal of the American Chemical Society, Organic Letters, Chemical Reviews, Bioconjugate Chemistry, Biochemistry и др.) с 1996 г. по настоящее время).
- ScienceDirect [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>, доступ по общеуниверситетской сети. – Загл. с экрана. (доступ к 108 журналам по химии с 2002 г. по настоящее время, издаваемых компанией Elsevier Science и рядом других престижных научных издательств, позволяет проводить поиск в ведущих научных библиографических базах данных (около 30 миллионов записей)).

• Электронные реферативные журналы ВИНТИ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/cgi-bin/viniti/zgate?Init+viniti.xml,viniti.xsl+rus>, доступ по общеуниверситетской сети. – Загл. с экрана. (информационные сообщения о научных документах по естественным и техническим наукам, в базе данных представлено содержание выпусков РЖ, выпускаемых библиотекой в электронном виде с 2005 года).

• Swetsnet Navigator [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.swetswise.com/public/login.do>, свободный. – Загл. с экрана. (база данных иностранных журналов по физике, химии, географии, истории, языкознанию, философии, религии, науковедению, социальным и другим наукам,. полнотекстовый доступ возможен к более чем 2 500 журналов.).

• SPRINGER [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.springerlink.com//home/main/mpx>, <http://www.springerlink.de/reference-works>, 18 доступ по общеуниверситетской сети. – Загл. с экрана. (доступны около 470 журналов и книги издательства, включая 34 полнотекстовые энциклопедии).

• Blackwell [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.blackwell-synergy.com>, доступ по общеуниверситетской сети. – Загл. с экрана. (полнотекстовые электронные научные журналы, охватывающие все области естественных и общественных наук).

• Научная электронная библиотека [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://elibrary.ru>, доступ по общеуниверситетской сети. – Загл. с экрана. (доступ к полным текстам периодических изданий по всем направлениям научных дисциплин).

• WORLD SCIENTIFIC Publ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.worldscinet.com>, свободный. – Загл с экрана. (коллекции журналов по нескольким тематикам, в том числе по химии).

• SCIENCE [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.sciencemag.org>, свободный. – Загл. с экрана.

• Bulletin of the Chemical Society of Japan [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.csj.jp/journals/bcsj/index.html>, свободный. – Загл. с экрана.

• Central European Journal of Chemistry [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/1644-3624/>, свободный. – Загл. с экрана.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Специализированные учебные аудитории АВ2502, АВ2503, АВ2505 и лаборатория кафедры АВ2101 «Оборудование и технология сварочного производства».

1. Раздаточные материалы по разделам курса;
2. Плакаты, слайды, демонстрационные материалы и учебные фильмы по разделам курса.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы аспирантов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов метрологии, стандартизации и сертификации, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется аспирантом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

### **Задачи самостоятельной работы аспиранта:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету и экзамену.

#### **Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- выполнение домашних заданий по решению типичных задач и упражнений;
- составление и оформление докладов и рефератов по отдельным темам программы;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, олимпиадах.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

#### **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» следует уделять на формирование базовых знаний студентов о понятиях и принципах проектирования технологических процессов и технических устройств; о видах обеспечения и функционировании автоматизированных систем проектирования; о математических моделях для описания процессов и технических объектов.

При изучении раздела «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» необходимо сформировать навыки изучения математического обеспечения анализа проектных решений на макроуровне и микроуровне и постановки задачи параметрического синтеза как задачи оптимизации, критериев оптимизации и поисковых методов ее решения.

При изучении раздела «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» основное внимание необходимо уделять основным понятиям в области оценки соответствия, терминам и определениям.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций семинарских занятий и практических работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация.

**Фонды оценочных средств представлены в Приложении 1 к рабочей программе.**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕ-  
ГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 15.06.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ  
ОП (профиль): «Сварка, родственные процессы и технологии»  
Форма обучения: очная

Кафедра: Оборудование и технология сварочного производства

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Математические методы статистической обработки экспериментальных данных**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:  
примерный перечень вопросов для экзамена

**Составители:**

к.т.н., доц. Латыпова Г.Р.

Москва, 2021 год



## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Таблица 1

<b>Математические методы статистической обработки экспериментальных данных</b>					
<b>ФГОС ВО 15.06.01 «Машиностроение»</b>					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие <b>профессиональные компетенции</b> :					
<b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>		<b>Перечень компонентов</b>	<b>Технология формирования компетенций</b>	<b>Форма оценочного средства**</b>	<b>Степени уровней освоения компетенций</b>
<b>ИНДЕКС</b>	<b>ФОРМУЛИРОВКА</b>				
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p><b>знать:</b> основные научные теории и методы научно-исследовательской деятельности, в том числе выдвижения и формулировки гипотез</p> <p><b>уметь:</b> выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач</p> <p><b>владеть:</b> навыками отбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования</p>	лекция, самостоятельная работа	Э	<p><b>Базовый уровень:</b> воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам</p> <p><b>Повышенный уровень:</b> практическое применение полученных знаний в процессе обучения; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении</p>
ОПК-2	Способность формулировать и решать нетиповые задачи	<b>знать:</b> основные закономерности проек-	лекция, самостоятельная	Э	<b>Базовый уровень:</b> воспроизводство полученных

	<p>математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники</p>	<p>тирования, изготовления и эксплуатации машин, их узлов и приводов  <b>уметь:</b>  решать задачи математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов  <b>владеть:</b>  методами решения задач математического, физического, конструкторского характера при проектировании машин, их узлов и приводов</p>	<p>работа</p>	<p>знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам  <b>Повышенный уровень:</b>  практическое применение полученных знаний в процессе обучения; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении</p>
--	--	---	---------------	--

\*\* - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к рабочей программе.

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
«Математические методы статистической обработки  
экспериментальных данных»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос (Э - экзамен)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Вопросы по экзамену

### **Самостоятельная работа аспиранта**

- Метод множественной корреляции. (УК-1, ОПК-2)
- Метод линеаризации. (УК-1, ОПК-2)
- Ортогонализация планов экспериментов. Построение планов близких к оптимальному по нескольким критериям. (УК-1, ОПК-2)
- Характеристики математических моделей планов экспериментов. (УК-1, ОПК-2)
- Составление ПФП эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
- СоставлениеДФП эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
- Сравнительная оценка дробных реплик. Разрешающая способность реплики. (УК-1, ОПК-2)
- Многоуровневые факторные планы. (УК-1, ОПК-2)
- Поиск экстремума функции отклика на основании использования метода золотого сечения и чисел Фибоначчи. (УК-1, ОПК-2)
- Особенности оптимизации при наличии нескольких экстремумов. (УК-1, ОПК-2)
- Особенности планирования и организации эксперимента при использовании различных методов оптимизации. (УК-1, ОПК-2)
- Принцип последовательного планирования при оптимизации объектов исследования. (УК-1, ОПК-2)
- Последовательные методы поиска оптимальных решений. Метод крутого восхождения (метод Бокса-Уилсона). (УК-1, ОПК-2)
- Методы выделения существенных факторов. (УК-1, ОПК-2)
- Построение математических моделей в условиях аддитивного дрейфа. (УК-1, ОПК-2)

### **Практическая работа аспиранта**

- Основы математической статистики. Случайная величина, плотность вероятности, среднее квадратичное отклонение, распределение случайной величины, основные распределения. Статистические функции EXCEL, их синтаксис, возможности. (УК-1, ОПК-2)
- Регрессионный анализ экспериментальных данных. (УК-1, ОПК-2)
- Предикторы, отклики, ошибки. Надстройка chemometrics для MS EXCEL. Её функции, возможности, синтаксис. (УК-1, ОПК-2)
- Оптимизация многофакторных объектов. (УК-1, ОПК-2)
- Многофакторный эксперимент. Оптимизация. (УК-1, ОПК-2)

### **Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Планирование эксперимента - основные термины и определения. (УК-1, ОПК-2)
2. Методы планирования эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
3. Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции. (УК-1, ОПК-2)
4. Дисперсионный анализ. Критерий Фишера. (УК-1, ОПК-2)
5. Применение критериев согласия для проверки статистических гипотез. (УК-1, ОПК-2)
6. Задачи, решаемые с помощью дисперсионного анализа. (УК-1, ОПК-2)
7. Оперативная характеристика. Порядок построения оперативной характеристики. (УК-1, ОПК-2)
8. Задача оптимизации эксперимента. Выбор обобщенного параметра оптимизации. (УК-1, ОПК-2)
9. Функция желательности. (УК-1, ОПК-2)
10. Воздействующие факторы. Требования к факторам при планировании эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
11. Функция отклика. Модель «чёрного ящика». (УК-1, ОПК-2)
12. Выбор математической модели функции отклика. (УК-1, ОПК-2)

13. Способы поиска оптимума функции отклика. Шаговый принцип. (УК-1, ОПК-2)
14. Принятие решений перед планированием эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
15. Полный факторный эксперимент. (УК-1, ОПК-2)
16. Эксперимент типа 2<sup>k</sup>. Матрица планирования эксперимента. (УК-1, ОПК-2)
17. Свойства полного факторного эксперимента типа 2<sup>k</sup>. Математическая модель. (УК-1, ОПК-2)
18. Дробный факторный эксперимент. (УК-1, ОПК-2)
19. Рандомизация. (УК-1, ОПК-2)
20. Обработка результатов эксперимента. Методы регрессионного анализа. (УК-1, ОПК-2)
21. Проверка адекватности полученной математической модели. (УК-1, ОПК-2)
22. Метод наименьших квадратов. (УК-1, ОПК-2)
23. Проверка значимости коэффициентов регрессии. (УК-1, ОПК-2)
24. Принятие решений после построения модели процесса. (УК-1, ОПК-2)
25. Методы восхождения по поверхности отклика. (УК-1, ОПК-2)
26. Классификация экспериментальных планов. (УК-1, ОПК-2)

Структура и содержание дисциплины «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных»

по направлениям подготовки **15.06.01 «Машиностроение»**

(Образовательная программа «Сварка, родственные процессы и технологии»)

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения

**Очная**

Раздел дисциплины	семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации		
			Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Рефер.	К.Р.	Э	З	
Тема 1. Роль планирования эксперимента в технологических и научных исследованиях. Тема 2. Основные понятия и принципы планирования эксперимента. Тема 3. Корреляционный и регрессионный анализ.	4	1	3	3		39									
Тема 4. Выбор оптимального плана. Критерии оптимального плана. Тема 5. Планы многофакторных экспериментов.	4	2	3	3		39									
Тема 6. Планы поиска экстремума функции отклика. Тема 7. Методы оптимизации многофакторных объектов. Тема 8. Выделение существенных факторов.	4	3	3	3		39									

Тема 9. Методы построения моделей объектов в условиях дрейфа их характеристик. Тема 10. Планирование при выборочном контроле. Тема 11. Состояние и перспективы развития теории планирования эксперимента.	4	4	3	3		39								
Итого			12	12		156							*	

Пример экзаменационного билета  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

Факультет Машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии сварочного производства»  
Образовательная программа 15.06.01 "Машиностроение",  
профиль: "Сварка, родственные процессы и технологии"  
Курс \_\_\_\_\_, семестр \_\_\_\_\_

Экзамен по дисциплине: «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных»

**Билет № 1**

1. Задачи, решаемые с помощью дисперсионного анализа.
2. Оперативная характеристика. Порядок построения оперативной характеристики.

Утверждено на заседании кафедры "ОиТСП"  
\_\_\_\_\_ 201\_\_ г., протокол №  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Е.В. Сафонов