

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 04.10.2023 14:12:59  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета машиностроения  
  
/Е. В. Сафонов /  
“13” *Сентября* 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Математическое моделирование и оптимизация эксперимента**

**Направления подготовки:**

**15.04.01 «Машиностроение»**

Профиль подготовки  
**Гибридные технологии в сварочном производстве  
и родственных процессах**

Квалификация выпускника  
**магистр**  
(прием 2022)

Форма обучения  
**Очная**

Москва, 2022

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению и профилю подготовки **15.04.01 «Машиностроение», «Гибридные технологии в сварочном производстве и родственных процессах».**

**Программу составил**  
проф., д.т.н. кафедры «Оборудование  
и технологии сварочного производства»

/Латыпов Р.А./

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

29 августа 2022 г., протокол № 13

Заведующий кафедрой «ОиТСП»,  
доц., к.т.н.

/Сафонов Е.В./

Программа согласована с руководителем  
образовательной программы, к.т.н., доц.

/Латыпова Г.Р./

Программа утверждена на заседании  
учебно-методической комиссии  
факультета машиностроения

«13» 09 2022 г., протокол № 14-22

Председатель комиссии

/ Васильев А.Н./

|                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| Присвоен регистрационный номер: | 15.04.01.01/02.2022. Б1.1.11 |
|---------------------------------|------------------------------|

### **1. Цели освоения дисциплины:**

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» является: формирование представлений о роли математических методов в различных областях науки и экономики, изучение студентами теоретических основ и формализма математического моделирования и оптимизации, практических методов построения моделей процессов и явлений, а также решения оптимизационных задач.

Задачи курса – это изучение и знакомство студентов с основными понятиями и аппаратом учебной дисциплины, изучение принципов построения математических моделей различных математического моделирования и методов оптимизации в практической деятельности.

Изучение курса «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» способствует расширению научного кругозора в области технических наук, дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Дисциплина «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» является частью профессионального цикла дисциплин подготовки студентов по направлению «Машиностроение». Дисциплина реализуется на факультете машиностроения, кафедрой «ОиТСП».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением технологий и оборудования для восстановления и упрочнения деталей сварочными методами и родственными технологиями.

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

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

- компьютерные технологии и моделирование в машиностроении;
- методы, алгоритмы и средства исследования для решения изобретательских задач;

#### **В части, формируемой участниками образовательных отношений части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:**

- конструирование и расчет сварочных приспособлений
- роботизированные технологические комплексы в сварочном производстве

#### **В элективных дисциплинах Блока 1 «Дисциплины (модули)»:**

- металлургические процессы при сварке и пайке.
- технологические особенности контактной сварки
- сварка композиционных материалов
- особенности получения сварных конструкций из однородных и разнородных материалов с учетом областей их применения
- технология металлизации сварочными методами

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

Согласно ФГОС по направлению «Машиностроение», применительно к дисциплине «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента», выпускник должен обладать профессиональными компетенциями:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать   | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  |
|-----------------|---|--|
| ОПК-5           | Способность разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов | ОПК-5.1 Способен разрабатывать аналитические и численные методы для решения профессиональных задач<br>ОПК-5.2 Способен создавать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении |

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

Студент должен уметь решать следующие задачи – оценить целесообразность применения полученных знаний для применения при изготовлении конкретного изделия.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет – 4 зач. ед. (144 ак. ч.),

Программой дисциплины предусмотрены лекции – 14 ч., практические занятия - 16 ч., самостоятельная работа студента – 114 ч.

Аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

#### Содержание разделов дисциплины

##### Часть 1.

Введение

#### 1. Основы математического моделирования и математического программирования

1.1. Основы математического моделирования

1.2. Задачи математического программирования (оптимизации) и математическое моделирование с применением оптимизационных моделей

#### 2. Задачи линейного программирования и методы их решения

2.1. Графический метод решения задач линейного программирования

2.2. Симплекс-метод решения задач линейного программирования

2.3. Взаимно двойственные задачи линейного программирования и их применение для определения интервалов устойчивости двойственных оценок

#### 3. Задачи дискретного (целочисленного) программирования и методы их решения

#### 4. Задачи нелинейного программирования и методы их решения

4.1. Классификация методов решения задач нелинейного программирования

4.2. Методы для решения задач безусловной нелинейной оптимизации

4.2.1. Метод Нелдера-Мида

4.2.2. Метод наискорейшего спуска

4.2.3. Популяционные методы

4.3. Методы для решения задач условной нелинейной оптимизации

4.3.1. Метод штрафных функций

4.3.2. Методы для непосредственного решения условной задачи не-линейного программирования

### **5. Задачи многокритериальной оптимизации и методы их решения**

5.1. Системный анализ и задачи оптимального проектирования конструкций

5.2. Основные особенности задач оптимального проектирования конструкций

5.3. Основные подходы к решению задач многокритериальной оптимизации.

5.4. Многокритериальная оптимизация строительных конструкций

## **Часть 2.**

### **Введение**

#### **1. Основные сведения о теории вероятностей и математической статистике**

- Основные определения теории вероятностей и математической статистики
- Функции распределения случайной величины
- Моменты функции распределения
- Нормальный закон распределения
- Вариационный ряд и его характеристики
- Законы распределения
- Надежность оценки математического ожидания и среднеквадратичного отклонения
- Первичная обработка результатов эксперимента
- Табличное представление данных
- Графическое представление эмпирических распределений
- Критерии значимости
- Критерии согласия

#### **2. Корреляционный и регрессионный анализ**

- Основные понятия
- Основные допущения регрессионного анализа
- Определение коэффициентов уравнения регрессии
- Основные допущения корреляционного анализа
- Определение выборочного коэффициента корреляции
- Интерпретация коэффициента корреляции
- Надежность определения коэффициента корреляции
- Использование коэффициента корреляции для расчета коэффициентов линейного урав-

нения вида  $y = ax + b$

- Множественная корреляция

#### **3. Основы теории ошибок**

- Основные сведения о единицах физических величин
- Виды измерений и погрешностей
- Закон сложения случайных погрешностей
- Погрешности косвенных измерений
- Учет систематических и случайных погрешностей

#### **4. Математическое планирование эксперимента**

- Поиск оптимальных условий
- Факторы и параметры оптимизации
- Постановка задачи при планировании эксперимента
- Построение таблицы условий проведения экспериментов
- Полный факторный эксперимент (ПФЭ)
- Основные свойства матрицы планирования ПФЭ
- Таблица условий проведения эксперимента
- Определение коэффициентов модели в ПФЭ
- Дробный факторный эксперимент

- Оптимизация объектов исследования поисковыми методами
- Оптимизация многофакторных объектов
- Особенности оптимизации объектов при наличии нескольких экстремумов
- Общие представления о планах второго порядка
- Симметричные композиционные ортогональные планы

### **Часть 3.**

#### **Введение**

#### **1. Основные понятия о науке и научных исследованиях**

- 1.1. Определение и основные функции науки
- 1.2. Классификация научно-исследовательских работ (НИР)
- 1.3. Деление научно-исследовательских работ по степени сложности и взаимосвязи

#### **2. Выбор темы научного исследования**

- 2.1. Основные требования к теме научного исследования
- 2.2. Основные этапы выполнения научно-исследовательской темы
- 2.3. Основные этапы выполнения опытно-конструкторской работы

#### **3. Эксперимент**

- 3.1. Задачи эксперимента.
- 3.2. Классификация экспериментов
- 3.3. Методология эксперимента

#### **3.4. Примеры по определению класса точности прибора для выполнения измерения с требуемой точностью**

#### **4. Обработка результатов эксперимента**

- 4.1. Понятие случайных величин и основы теории случайных ошибок
- 4.2. Функция распределения и плотность распределения вероятностей случайных величин
- 4.3. Совокупности случайных величин и их основные числовые характеристики
- 4.4. Нормальный закон распределения случайных величин
- 4.5. Исключение из выборки членов, содержащих грубые ошибки
- 4.6. Проверка экспериментов на равноточность
- 4.7. Проверка результатов эксперимента на значимость различия
- 4.8. Основы планирования эксперимента
- 4.9. Графическое изображение результатов эксперимента
- 4.10. Представление экспериментальных результатов эмпирическими формулами
- 4.11. Определение закона распределения выборки

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

Методика преподавания дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» и реализация компетентностного 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 и показом слайдов с помощью компьютерной и проекторной техники и иллюстрируется наглядными пособиями;
- обсуждение и защита докладов по дисциплине;
- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов лабораторных работ;
- 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 студентов**

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. Организация и порядок проведения текущего контроля.**

#### **6.1.1. Формы проведения контроля.**

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: рефераты, ответы на вопросы в системе ЛМС.

#### **6.1.2. Содержание текущего контроля.**

Рефераты.

Студент – магистр должен самостоятельно выбрать тему, согласовать ее с преподавателем и подготовить реферат или презентацию по выбранной теме и защитить его во время семинарских и практических работ, а так же выложить реферат или презентацию в систему ЛМС.

Ответы на контрольные вопросы в системе ЛМС по темам данной дисциплины.

Студенты скачивают лист с вопросами и письменно, от руки, переписывая вопрос отвечают на все вопросы, которые указаны в файле и подписанный файл прикрепляют в ЛМС в элемент «задание». Ответить нужно на все вопросы по всем темам данной дисциплины, которые есть в системе ЛМС.

#### **Примеры тем для рефератов:**

1. Современные технологии реновации деталей сварочными методами без расплавления соединяемых материалов.
2. Особенности восстановления и упрочнения деталей электроконтактной приваркой.
3. Технология и оборудование восстановления и упрочнения деталей электродуговой наплавкой под флюсом.
4. Технология и оборудование восстановления и упрочнения деталей плазменной наплавкой порошковых материалов.
5. Технология и оборудование восстановления и упрочнения деталей электродуговой наплавкой в среде защитного газа.

#### **6.1.3. Сроки выполнения текущего контроля, шкалы и критерии оценивания результатов**

Сроки сдачи и сроки выкладывания материала для оценивания в лмс:

- реферат или презентация – за неделю до зачетно-экзаменационной сессии студентов.
- ответы на вопросы по данной дисциплине презентация – за неделю до зачетно-экзаменационной сессии студентов.

### **6.2. Промежуточная аттестация. Организация и порядок проведения.**

#### **6.2.1. Форма проведения промежуточной аттестации экзамен.**

Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачетно-экзаменационной сессии.

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице:

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Вид работы*                     | Форма отчетности и текущего контроля   |
| Реферат или презентация         | Оформленные рефераты или презентации, предусмотренные рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы.   |
| Ответы на вопросы в системе ЛМС | Студенты скачивают лист с вопросами и письменно, от руки, переписывая вопрос отвечают на все вопросы, которые указаны в файле и подписанный файл прикрепляют в ЛМС в элемент «задание». Ответить нужно на все вопросы по всем темам данной дисциплины, которые есть в системе ЛМС. |

\*Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

## 6.2.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

| Шкала оценивания | Описание  |
|------------------|---|
| Зачтено          | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует 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. |
| Не зачтено       | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой. 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.                       |

### 6.2.3. Организация и порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация – зачет, экзамен может проводиться:

- по билетам в устной форме
- с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий – тесты

Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответа на вопросы по билетам (не более 40 мин.);
- время на выполнение задания. Тест проводится в течении 30 минут, 20 вопросов;
- время на ответ по билету – не более 10 минут.

Содержание экзаменационного задания:

Количество вопросов в билете 2. Экзаменационные билеты хранятся на кафедре и в материалах РПД не размещаются. Но обязательно в помощь студентам для подготовки к аттестации в РПД размещается перечень вопросов, выносимых преподавателем на аттестацию по дисциплине, из которых формируются экзаменационные билеты.

Для проведения текущего контроля успеваемости по отдельным разделам (темам) дисциплины могут применяться тестовые задания или контрольные задания с ответами «верно – неверно» или соответствия на ввод численного значения.

Раздел дисциплины (тема) зачитывается студенту как освоенная «зачтено», если количество правильных ответов 60% и более. Если правильных ответов меньше 60% ставится «незачтено» и назначается повторное тестирование.

Итоговая аттестация Экзамен может проходить в формате Теста.

Студент набравший от 81 балла и выше - **оценка - отлично.**

Студент набравший от 71 до 80 - **оценка - хорошо.**

Студент набравший от 60 до 70 - **оценка - удовлетворительно**

Студент набравший до 60 баллов - **оценка - неудовлетворительно**

### 6.3. Описание показателей и критериев оценивания степени освоения компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

В процессе освоения образовательной программы компетенции, их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса. Данная рабочая программа направлена на формирование следующих компетенций указанных ниже.

#### 6.3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции, указанные в таблице:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать   |
|-----------------|---|
| ОПК-5           | Способность разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов |

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.

### 6.3.2. Показатели и критерии оценивания степени освоения компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

Показатели оценивания степени освоения компетенций сформированных в результате обучения по дисциплине представлены в таблице:

| <b>ОПК-5 Способность разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов</b> |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
| <b>Показатель</b>  | <b>Критерии оценивания</b>   |  |  |   |
|  | <b>2</b>   | <b>3</b>   | <b>4</b>   | <b>5</b>  |
| <b>знать:</b><br>разрабатывать аналитические и численные методы для решения профессиональных задач   | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующим знаниям: разрабатывать аналитические и численные методы для решения профессиональных задач. | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим знаниям: разрабатывать аналитические и численные методы для решения профессиональных задач, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.                                     | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим знаниям: разрабатывать аналитические и численные методы для решения профессиональных задач, но допускаются незначительные ошибки, затруднения при аналитических операциях.  | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим знаниям: разрабатывать аналитические и численные методы для решения профессиональных задач, свободно оперирует приобретенными знаниями.   |
| <b>уметь:</b><br>создавать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.  | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет создавать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.        | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим умениям: создавать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим умениям: создавать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим умениям: создавать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет |

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
|   |   | тывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.  | операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.  | их в ситуациях повышенной сложности.   |
| <b>владеть:</b><br>разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов. | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами разработки аналитических и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов. | Обучающийся владеет методами разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | Обучающийся частично владеет методами разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся в полном объеме владеет методами разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

### Самостоятельная работа студента

1. Понятие фактора. Требования к факторам. (ОПК-5)
2. Опыт и эксперимент. Факторное пространство. Отклик. (ОПК-5)
3. План эксперимента. Его свойства. (ОПК-5)
4. Виды отклика. Оценка отклика. (ОПК-5)
5. Оценка при случайной функции отклика. (ОПК-5)
6. Этапы предпланирования эксперимента. Понятие модели. (ОПК-5)
7. Априорное ранжирование факторов как метод уменьшения размерности факторного пространства. (ОПК-5)
8. Виды математических моделей. (ОПК-5)
9. Статистическая проверка гипотез – основные понятия. (ОПК-5)
10. Проверка равенства заданной величины ожидаемой, равенства средних значений. (ОПК-5)
11. Проверка равенства дисперсий и отсутствия дрейфа величины отклика. (ОПК-5)
12. Определение количества опытов в каждой точке плана. (ОПК-5)
13. Дисперсионный анализ - основные понятия и область использования. Однофакторный дисперсионный анализ. (ОПК-5)
14. Двухфакторный дисперсионный анализ. (ОПК-5)
15. Планирование эксперимента при дисперсионном анализе. (ОПК-5)

16. Латинский квадрат, греко-латинский квадрат. Квадрат Юдена. Обработка результатов эксперимента при дисперсионном анализе. (ОПК-5)
17. Понятие корреляционной зависимости. Парная корреляция. (ОПК-5)

### **Темы для рефератов**

1. Корреляционная таблица. Обработка данных корреляционной таблицы. (ОПК-5)
2. Многомерная корреляция. Типы корреляционных коэффициентов. (ОПК-5)
3. Корреляционные уравнения. (ОПК-5)
4. Регрессионный анализ. Основные понятия и принципы планирования эксперимента.
5. Типы планов при регрессионном анализе. (ОПК-5)
6. Расчет коэффициентов натуральной и кодовой модели. Значимость коэффициентов модели. (ОПК-5)
7. Виды регрессионных моделей. Определение размерности модели. (ОПК-5)
8. Применение полиномиальных моделей Чебышева. (ОПК-5)
9. Методика проведения эксперимента для однофакторного регрессионного анализа. (ОПК-5)
10. Проверка адекватности регрессионных моделей. (ОПК-5)
11. Методика проведения эксперимента для многофакторного регрессионного анализа без учета взаимодействия факторов. (ОПК-5)
12. Методика проведения эксперимента для многофакторного регрессионного анализа с взаимодействием факторов. (ОПК-5)
13. Построение нелинейных регрессионных моделей. (ОПК-5)
14. Оптимизационный эксперимент - основные понятия. (ОПК-5)
15. Этапы решения оптимизационной задачи. (ОПК-5)
16. Методы однофакторного поиска. (ОПК-5)
17. Этапы многофакторного поиска. (ОПК-5)

### **Вопросы для зачета, экзамена**

1. Общая формулировка оптимизационной задачи. Глобальный и локальный экстремумы. (ОПК-5)
2. Целевая функция. Примеры целевых функций. Оптимизируемые параметры. (ОПК-5)
3. Ограничения. Классификация задач и методов оптимизации. (ОПК-5)
4. Общая схема безусловной оптимизации. (ОПК-5)
5. Метод перебора. (ОПК-5)
6. Метод дихотомии (первый метод деления отрезка пополам). (ОПК-5)
7. Метод «золотого» сечения. (ОПК-5)
8. Метод Фибоначчи. (ОПК-5)
9. Метод средней точки. (ОПК-5)
10. Метод наискорейшего спуска. Графическая иллюстрация метода. (ОПК-5)
11. Формулирование общей задачи математического программирования. Виды ограничений. (ОПК-5)
12. Теорема о представлении и о существовании оптимальной точки. (ОПК-5)
13. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. (ОПК-5)
14. Условие оптимальности для задачи линейного программирования. (ОПК-5)
15. Прямой симплекс-метод. (ОПК-5)
16. Геометрическая интерпретация симплекс-метода. (ОПК-5)
17. Транспортная задача. (ОПК-5)
18. Построение оптимального плана методом потенциалов. (ОПК-5)
19. Теорема о потенциалах. (ОПК-5)

20. Алгоритм метода потенциалов. (ОПК-5)
21. Порождающие деревья. Задача о минимальном порождающем дереве. (ОПК-5)
22. Алгоритм построения минимального остова. (ОПК-5)
23. Задача о кратчайшем маршруте между выбранными вершинами. (ОПК-5)
24. Задача о максимальном потоке. (ОПК-5)
25. Реализация сетей в трехмерном пространстве. (ОПК-5)
26. Основы метода динамического программирования. (ОПК-5)
27. Геометрическая интерпретация методов динамического программирования и алгоритмы расчета. (ОПК-5)
28. Использование методов целочисленного программирования в задачах сетевого планирования. (ОПК-5)
29. Метод динамического программирования. (ОПК-5)
30. Применение метода динамического программирования в задачах оптимизации. (ОПК-5)

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

1. Баркалов Сергей Алексеевич, Моисеев Сергей Игоревич, Порядина Вера Леонидовна, Математические методы и модели в управлении и их реализация в MS EXCEL»: учебное пособие - Воронеж, 2015-263 с.
2. Гасилов Валентин Васильевич, Околелова Элла Юрьевна, «Экономико-математические методы и модели»: учеб. пособие: рек. ВГАСУ. - Воронеж: 2010 - 150 с.
3. Головинский П.А., Мищенко В.Я., Михайлов Е.М., «Математические методы принятия управленческих решений в строительстве», 2008 г. - 91 с.
4. Шапкин А.С., Мазаева Н.П., «Математические методы и модели исследования операций», 2007 г. - 396 с.

#### **электронная**

5. Мастяева И. Н., Семенихина О. Н., «Методы оптимизации. Линейные и нелинейные методы и модели в экономике»: Учебное пособие. - Москва: Евразийский открытый институт, 2011 г. - 424 с., <http://www.iprbookshop.ru/10783>
6. Ефименко А. З., «Системы управления предприятиями стройиндустрии и модели оптимизации»: Учебное пособие. - Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2011 г. - 304 с., <http://www.iprbookshop.ru/19264>

#### **Дополнительная литература (печатная)**

1. Полунин И.Ф., «Курс математического программирования», 2008 г. – 463 с.

#### **Электронная**

2. Аттетков А. В., Зарубин В. С., Канатников А. Н., «Введение в методы оптимизации»: Учебное пособие. - Москва: Финансы и статистика, 2014 г. - 272 с., <http://www.iprbookshop.ru/18794>
3. Розова В. Н., Максимова И. С., «Методы оптимизации»: Учебное пособие. - Москва: Российский университет дружбы народов, 2010 г.- 112 с., <http://www.iprbookshop.ru/11536>

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

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

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

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 студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

**Задачи самостоятельной работы студента:**

- 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 «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» следует уделять на формирование базовых знаний студентов:

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста по направлению;
- освоение методов выбора технологий и материалов, используемых в ремонтном производстве и машиностроении;
- изучение механических, технологических и эксплуатационных свойств металлов и сплавов;
- формирование умения практического применения методологии выбора материалов, технологий восстановления и упрочнения деталей сварочными методами и родственными технологиями.

При изучении раздела «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» 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 «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» 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  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 15.04.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

ОП (профиль): «Гибридные технологии в сварочном производстве и родственных процессах»

Форма обучения: очная

Кафедра: Оборудование и технологии сварочного производства

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Математическое моделирование и оптимизация эксперимента**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:  
примерный перечень вопросов для зачета  
примерный перечень тем для рефератов

**Составители:**

д.т.н., проф. Латыпов Р.А.

Москва, 2022 год

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Таблица 1

| <b>Математическое моделирование и оптимизация эксперимента</b>  |   |  |   |                                    |   |
|---|---|--|---|------------------------------------|---|
| <b>ФГОС ВО 15.04.01 «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>   |  |   |                                    |   |
| ОПК-5   | Способность разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов | <p><b>знать:</b><br/>разрабатывать аналитические и численные методы для решения профессиональных задач</p> <p><b>уметь:</b><br/>создавать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.</p> <p><b>владеть:</b><br/>разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.</p> | лекция, самостоятельная работа, реферат, тест | З<br>Р<br>Т                        | <p><b>Базовый уровень:</b><br/>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><br/>практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ и курсовой работы; 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  
«Прогрессивные методы реновации и упрочнения деталей сваркой,  
наплавкой и родственными процессами»**

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства  | Представление оценочного средства в ФОС  |
|------|----------------------------------|---|--|
| 1    | Устный опрос (З - зачет)         | Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуаль-  | Вопросы по зачету  |
| 2    | Реферат (Р)                      | Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно – исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее | Темы рефератов   |
| 3    | Тесты                            | Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.  | Фонд тестовых заданий<br><br>Ссылка в ЛМС на курс по данной дисциплине<br><a href="https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1125">https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1125</a>  |
|      | Ответы на контрольные вопросы    | Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как письменные ответы на вопросы.   | Вопросы по темам/разделам дисциплины<br><br>Ответы на контрольные вопросы в ЛМС и выкладывание ответов на вопросы в элемент «задание» по ссылке<br><a href="https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1125">https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1125</a> |

### **Самостоятельная работа студента**

1. Понятие фактора. Требования к факторам. (ОПК-5)
2. Опыт и эксперимент. Факторное пространство. Отклик. (ОПК-5)
3. План эксперимента. Его свойства. (ОПК-5)
4. Виды отклика. Оценка отклика. (ОПК-5)
5. Оценка при случайной функции отклика. (ОПК-5)
6. Этапы предпланирования эксперимента. Понятие модели. (ОПК-5)
7. Априорное ранжирование факторов как метод уменьшения размерности факторного пространства. (ОПК-5)
8. Виды математических моделей. (ОПК-5)
9. Статистическая проверка гипотез – основные понятия. (ОПК-5)
10. Проверка равенства заданной величины ожидаемой, равенства средних значений. (ОПК-5)
11. Проверка равенства дисперсий и отсутствия дрейфа величины отклика. (ОПК-5)
12. Определение количества опытов в каждой точке плана. (ОПК-5)
13. Дисперсионный анализ - основные понятия и область использования. Однофакторный дисперсионный анализ. (ОПК-5)
14. Двухфакторный дисперсионный анализ. (ОПК-5)
15. Планирование эксперимента при дисперсионном анализе. (ОПК-5)
16. Латинский квадрат, греко-латинский квадрат. Квадрат Юдена. Обработка результатов эксперимента при дисперсионном анализе. (ОПК-5)
17. Понятие корреляционной зависимости. Парная корреляция. (ОПК-5)

### **Темы для рефератов**

1. Корреляционная таблица. Обработка данных корреляционной таблицы. (ОПК-5)
2. Многомерная корреляция. Типы корреляционных коэффициентов. (ОПК-5)
3. Корреляционные уравнения. (ОПК-5)
4. Регрессионный анализ. Основные понятия и принципы планирования эксперимента. (ОПК-5)
5. Типы планов при регрессионном анализе. (ОПК-5)
6. Расчет коэффициентов натуральной и кодовой модели. Значимость коэффициентов модели. (ОПК-5)
7. Виды регрессионных моделей. Определение размерности модели. (ОПК-5)
8. Применение полиномиальных моделей Чебышева. (ОПК-5)
9. Методика проведения эксперимента для однофакторного регрессионного анализа. (ОПК-5)
10. Проверка адекватности регрессионных моделей. (ОПК-5)
11. Методика проведения эксперимента для многофакторного регрессионного анализа без учета взаимодействия факторов. (ОПК-5)
12. Методика проведения эксперимента для многофакторного регрессионного анализа с взаимодействием факторов. (ОПК-5)
13. Построение нелинейных регрессионных моделей. (ОПК-5)
14. Оптимизационный эксперимент - основные понятия. (ОПК-5)
15. Этапы решения оптимизационной задачи. (ОПК-5)
16. Методы однофакторного поиска. (ОПК-5)
17. Этапы многофакторного поиска. (ОПК-5)

### **Вопросы для зачета, экзамена**

1. Общая формулировка оптимизационной задачи. Глобальный и локальный экстремумы. (ОПК-5)
2. Целевая функция. Примеры целевых функций. Оптимизируемые параметры. (ОПК-5)
3. Ограничения. Классификация задач и методов оптимизации. (ОПК-5)
4. Общая схема безусловной оптимизации. (ОПК-5)
5. Метод перебора. (ОПК-5)
6. Метод дихотомии (первый метод деления отрезка пополам). (ОПК-5)
7. Метод «золотого» сечения. (ОПК-5)
8. Метод Фибоначчи. (ОПК-5)
9. Метод средней точки. (ОПК-5)
10. Метод наискорейшего спуска. Графическая иллюстрация метода. (ОПК-5)
11. Формулирование общей задачи математического программирования. Виды ограничений. (ОПК-5)
12. Теорема о представлении и о существовании оптимальной точки. (ОПК-5)
13. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. (ОПК-5)
14. Условие оптимальности для задачи линейного программирования. (ОПК-5)
15. Прямой симплекс-метод. (ОПК-5)
16. Геометрическая интерпретация симплекс-метода. (ОПК-5)
17. Транспортная задача. (ОПК-5)
18. Построение оптимального плана методом потенциалов. (ОПК-5)
19. Теорема о потенциалах. (ОПК-5)
20. Алгоритм метода потенциалов. (ОПК-5)
21. Порождающие деревья. Задача о минимальном порождающем дереве. (ОПК-5)
22. Алгоритм построения минимального остова. (ОПК-5)
23. Задача о кратчайшем маршруте между выбранными вершинами. (ОПК-5)
24. Задача о максимальном потоке. (ОПК-5)
25. Реализация сетей в трехмерном пространстве. (ОПК-5)
26. Основы метода динамического программирования. (ОПК-5)
27. Геометрическая интерпретация методов динамического программирования и алгоритмы расчета. (ОПК-5)
28. Использование методов целочисленного программирования в задачах сетевого планирования. (ОПК-5)
29. Метод динамического программирования. (ОПК-5)
30. Применение метода динамического программирования в задачах оптимизации. (ОПК-5)

Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»  
по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение»  
(Образовательная программа «Гибридные технологии в сварочном производстве и родственных процессах»)

Квалификация выпускника

**магистр**

Форма обучения

**Очная**

| n/n | Раздел   | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах |     |     |         |         | Виды самостоятельной работы студентов |      |     |         |     | Формы аттестации |   |  |
|-----|--|---------|-----------------|---|-----|-----|---------|---------|---------------------------------------|------|-----|---------|-----|------------------|---|--|
|     |  |         |                 | Л   | П/С | Лаб | СР<br>С | КС<br>Р | К.Р.                                  | К.П. | РГР | Реферат | К/р | Э                | З |  |
| 1.  | <b>Часть 1.</b><br>Введение<br>Основы математического моделирования и математического программирования<br>Задачи линейного программирования и методы их решения                                  | 2       | 1-4             | 4   | 4   |     | 28      |         |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |
| 2.  | Задачи дискретного (целочисленного) программирования и методы их решения<br>Задачи нелинейного программирования и методы их решения<br>Задачи многокритериальной оптимизации и методы их решения | 2       | 5-8             | 4   | 4   |     | 28      |         |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |
| 3.  | <b>Часть 2.</b><br>Введение<br>Основные сведения о теории вероятностей и математической статистике   | 2       | 9-12            | 4   | 3   |     | 29      |         |                                       |      |     |         |     |                  |   |  |

|    |  |   |       |    |    |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |
|----|--|---|-------|----|----|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|
|    | Корреляционный и регрессионный анализ<br>Основы теории ошибок<br>Математическое планирование эксперимента  |   |       |    |    |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 4. | <b>Часть 3.</b><br>Введение<br>Основные понятия о науке и научных исследованиях<br>Выбор темы научного исследования<br>Эксперимент<br>Обработка результатов эксперимента | 2 | 13-15 | 3  | 4  |  | 29  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|    | Итого:   |   |       | 14 | 16 |  | 114 |  |  |  |  |  |  |  | + |