

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Научоемкие технологии и управление инновациями в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**

|   |   |
|---|---|
| <b>Блок:</b>  | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                             | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                              | <b>Б1.Ч.11.02.01</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                            | <b>3 семестр - 2;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                             | <b>72 часа</b>  |
| <b>Лекции</b>   | <b>3 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Практические занятия</b>   | <b>3 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Лабораторные работы</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Консультации</b>   | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                       | <b>3 семестр - 39,7 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>                                       | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Контрольная работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                    |   |
| <b>Зачет с оценкой</b>  | <b>3 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|  | Владелец   | Киндра В.О.                 |
|  | Идентификатор                                      | R429f7b35-KindraVO-2c9422f7 |

В.О. Киндра

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Бурмакина А.В.                |
|  | Идентификатор                                      | Ree6ce9d4-BurmakinaAV-003bbda |

А.В. Бурмакина

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Рогалев А.Н.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b |

А.Н. Рогалев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов оптимизации, используемых в инженерной практике при проектировании, изготовлении и анализе функционирования технических систем, и освоение инструментов проведения оптимизационных исследований в современных программных комплексах

### Задачи дисциплины

- изучение оптимизационных методов, позволяющих осуществить выбор наилучшего варианта без непосредственной проверки всех возможных вариантов решения инженерных задач, возникающих на различных стадиях жизненного цикла технических систем или их составных частей;
- ознакомление с особенностями определения конечно-целевых функций оптимизации технических систем и особенностями подготовки численных моделей для проведения оптимизационных исследований;
- изучение методов определения критериев оптимизации технической системы или ее части;
- освоение инструментов специализированных программных комплексов конечно-элементного анализа для проведения параметрической оптимизации конструкции деталей энергетических установок.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения  |
|---|---|--|
| ПК-2 Способен применять информационные технологии на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты | знать:<br>- методы оптимизации технических систем;<br>- основы оптимизации при проектировании технических систем.<br><br>уметь:<br>- использовать методы корреляционного и регрессионного анализа при оптимизации технических систем;<br>- проводить оптимизацию с помощью методов программирования. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Наукоемкие технологии и управление инновациями в теплоэнергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации              | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
|       |   |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |
|       |   |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |
| КПР   | ГК  | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |
| 1     | 2   | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |
| 1     | Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем | 10                    | 3       | 3  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 3                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 63-107</p> |
| 1.1   | Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем | 10                    |         | 3  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 3                 | -                                 |  |
| 2     | Теория оптимальности  | 16                    |         | 5  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 7                 | -                                 |  |
| 2.1   | Теория оптимальности  | 16                    |         | 5  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 7                 | -                                 |  |
|       |   |                       |         |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория оптимальности"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Теория оптимальности"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 107-182</p>  |

|     |   |             |           |          |           |          |          |          |          |            |           |             |  |
|-----|---|-------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|-----------|-------------|--|
|     |   |             |           |          |           |          |          |          |          |            |           |             | [2], 107-132   |
| 3   | Методы построения математических моделей технических систем | 16          | 5         | -        | 4         | -        | -        | -        | -        | -          | 7         | -           | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы построения математических моделей технических систем"   |
| 3.1 | Методы построения математических моделей технических систем | 16          | 5         | -        | 4         | -        | -        | -        | -        | -          | 7         | -           | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Методы построения математических моделей технических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы построения математических моделей технических систем"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>            |
| 4   | Оптимизация при моделировании технических систем            | 12          | 3         | -        | 4         | -        | -        | -        | -        | -          | 5         | -           | [2], 151-175<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Оптимизация при моделировании технических систем"   |
| 4.1 | Оптимизация при моделировании технических систем            | 12          | 3         | -        | 4         | -        | -        | -        | -        | -          | 5         | -           | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптимизация при моделировании технических систем"<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Оптимизация при моделировании технических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> |
|     | Зачет с оценкой   | 18.0        | -         | -        | -         | -        | -        | -        | -        | 0.3        | -         | 17.7        | [3], 176-228   |
|     | <b>Всего за семестр</b>                                     | <b>72.0</b> | <b>16</b> | <b>-</b> | <b>16</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>22</b> | <b>17.7</b> |  |

|  |                  |      |  |    |   |    |   |   |     |      |  |
|--|------------------|------|--|----|---|----|---|---|-----|------|--|
|  | Итого за семестр | 72.0 |  | 16 | - | 16 | - | - | 0.3 | 39.7 |  |
|--|------------------|------|--|----|---|----|---|---|-----|------|--|

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем

1.1. Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем

Переход к конечно-разностным уравнениям. Операция формального интегрирования. Источниковые члены уравнения. Особенности разностных гидродинамических уравнений. Вычислительный алгоритм.

#### 2. Теория оптимальности

2.1. Теория оптимальности

Основы оптимизации при проектировании технических систем. Линейное программирование. Нелинейное программирование. Нелинейное программирование при наличии ограничений.

#### 3. Методы построения математических моделей технических систем

3.1. Методы построения математических моделей технических систем

Основные понятия корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов. Условия применимости статистического анализа. Оценка достоверности результатов анализа. Выбор параметров статистической модели.

#### 4. Оптимизация при моделировании технических систем

4.1. Оптимизация при моделировании технических систем

Критерии оптимизации в машиностроении. Классификация методов оптимизации. Оптимизация производственных процессов методом линейного программирования. Примеры оптимизации технических систем, решаемые методом линейного программирования.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Методы решения разностных уравнений;
2. Использование оптимизации при проектировании технических систем;
3. Линейное и нелинейное программирование в оптимизации;
4. Применение корреляционного и регрессионного анализа в оптимизации;
5. Оценка достоверности результатов анализа;
6. Оптимизация методом линейного программирования;
7. Оптимизация методом нелинейного программирования;
8. Методы дискретизации дифференциальных уравнений.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теория оптимальности"

3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы построения математических моделей технических систем"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптимизация при моделировании технических систем"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)              | Коды индикаторов     | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)                                     |
|---|----------------------|---|---|---|---|---|
|   |                      | 1   | 2 | 3 | 4 |   |
| <b>Знать:</b>   |                      |   |   |   |   |   |
| основы оптимизации при проектировании технических систем  | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> |   | + |   |   | Тестирование/КМ-2. Оптимизация при проектировании технических систем        |
| методы оптимизации технических систем   | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> | +   |   |   |   | Тестирование/КМ-1. Методы оптимизации                                       |
| <b>Уметь:</b>   |                      |   |   |   |   |   |
| проводить оптимизацию с помощью методов программирования  | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> |   |   |   | + | Контрольная работа/КМ-4. Оптимизация методом линейного программирования     |
| использовать методы корреляционного и регрессионного анализа при оптимизации технических систем | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> |   |   | + |   | Контрольная работа/КМ-3. Корреляционный, регрессионный анализ в оптимизации |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Методы оптимизации (Тестирование)
2. КМ-2. Оптимизация при проектировании технических систем (Тестирование)
3. КМ-3. Корреляционный, регрессионный анализ в оптимизации (Контрольная работа)
4. КМ-4. Оптимизация методом линейного программирования (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №3)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Авдюнин Е. Г. - "Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок", Издательство: "Инфра-Инженерия", Вологда, 2019 - (184 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/124637;>
2. А. А. Мицель, А. А. Шелестов, В. В. Романенко- "Методы оптимизации", Издательство: "ТУСУР", Томск, 2017 - (198 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481034;>
3. Аверченков В. И., Федоров В. П., Хейфец М. Л. - "Основы математического моделирования технических систем", (2-е изд.), Издательство: "ФЛИНТА", Москва, 2011 - (271 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=44652.](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44652.)

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
13. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
15. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>
16. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
17. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
18. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
19. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
20. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
21. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование  | Оснащение  |
|---|--------------------------------|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ш-206, Лекционная аудитория    |  |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Ш-205, Компьютерный класс      |  |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Ш-205, Компьютерный класс      |  |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | Ш-205, Компьютерный класс      |  |
| Помещения для консультирования  | Ш-206, Лекционная аудитория    |  |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | 3-318, Помещение не существует | стеллаж для хранения инвентаря, стол, стул, шкаф |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы оптимизации в теплоэнергетике

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 КМ-1. Методы оптимизации (Тестирование)

КМ-2 КМ-2. Оптимизация при проектировании технических систем (Тестирование)

КМ-3 КМ-3. Корреляционный, регрессионный анализ в оптимизации (Контрольная работа)

КМ-4 КМ-4. Оптимизация методом линейного программирования (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 16   |
| 1             | Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем |            | +    |      |      |      |
| 2             | Теория оптимальности  |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Теория оптимальности  |            |      | +    |      |      |
| 3             | Методы построения математических моделей технических систем         |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Методы построения математических моделей технических систем         |            |      |      | +    |      |
| 4             | Оптимизация при моделировании технических систем                    |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Оптимизация при моделировании технических систем                    |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 5    | 15   | 35   | 45   |