

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ГТУ**

|  |   |
|--|---|
| <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.03</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>   | <b>1 семестр - 5;<br/>2 семестр - 2;<br/>всего - 7</b>                            |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>252 часа</b>   |
| <b>Лекции</b>  | <b>1 семестр - 32 часа;</b>   |
| <b>Практические занятия</b>  | <b>1 семестр - 32 часа;</b>   |
| <b>Лабораторные работы</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>  |
| <b>Консультации</b>  | <b>1 семестр - 2 часа;<br/>2 семестр - 16 часов;<br/>всего - 18 часов</b>         |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>1 семестр - 113,5 часов;<br/>2 семестр - 51,7 часа;<br/>всего - 165,2 часа</b> |
| <b>в том числе на КП/КР</b>  | <b>2 семестр - 51,7 часа;</b>   |
| <b>Иная контактная работа</b>  | <b>2 семестр - 4 часа;</b>  |
| <b>включая:</b><br><b>Проверочная работа</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Контрольная работа</b><br><b>Реферат</b><br><b>Расчетно-графическая работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>   |   |
| <b>Экзамен</b><br><b>Защита курсового проекта</b>  | <b>1 семестр - 0,5 часа;<br/>2 семестр - 0,3 часа;<br/>всего - 0,8 часа</b>       |

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                               |
|   | Владелец  | Ремчуков С.С.                 |
|   | Идентификатор   | Rf7397161-RemchukovSS-d716397 |

(подпись)

С.С. Ремчуков

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                                |
|   | Владелец  | Митрохова О.М.                 |
|   | Идентификатор   | R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867 |

(подпись)

О.М.  
Митрохова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                             |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                             |
|   | Владелец  | Грибин В.Г.                 |
|   | Идентификатор   | R44612ca0-GribinVG-8231e2ff |

(подпись)

В.Г. Грибин

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение теории и методики расчетов процессов в энергетических газотурбинных установках, принципов их конструирования

### Задачи дисциплины

- овладение основами расчета установившихся режимов элементов газотурбинных установок;
- ознакомление с методами повышения экономичности и надежности элементов газотурбинных установок;
- овладение основами проектирования элементов газотурбинных установок;
- ознакомление с автоматизированными методами проектирования и расчета элементов газотурбинных 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 к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- особенности расчета и проектирования турбины, входящей в состав ГТУ;</li><li>- особенности определения основных параметров ГТУ с учетом охлаждения;</li><li>- конструкции современных газотурбинных установок;</li><li>- основные законы работы лопаточных машин;</li><li>- основные схемы газотурбинных установок и их технико-экономические показатели;</li><li>- особенности расчета и проектирования осевого компрессора.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- определять параметры тепловой схемы энергетической газотурбинной установки;</li><li>- рассчитывать и проектировать элементы энергетической газотурбинной установки;</li><li>- использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования.</li></ul> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 7 зачетных единиц, 252 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     | Основные схемы и циклы ГТУ                             | 16                    | 1       | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Основные схемы и циклы ГТУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br/>Изучение материалов по разделу Основные схемы и циклы ГТУ и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные схемы и циклы ГТУ" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Основные схемы и циклы ГТУ"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение</p> |
| 1.1   | Основные схемы и циклы ГТУ                             | 16                    |         | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |   |

|     |                              |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
|-----|------------------------------|----|----|---|----|---|---|---|---|---|---|----|--|--|
|     |                              |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |    | дополнительного материала по разделу "Основные схемы и циклы ГТУ"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], стр. 372-399 |  |
| 2   | Воздушные осевые компрессоры | 52 | 10 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 28 | -  | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Воздушные осевые компрессоры"  |
| 2.1 | Воздушные осевые компрессоры | 52 | 10 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 28 | -  | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Воздушные осевые компрессоры" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br>Изучение материалов по разделу Воздушные осевые компрессоры и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Воздушные осевые компрессоры" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Воздушные осевые компрессоры"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 7-67 |
| 3   | Газовые турбины              | 28 | 8  | - | 8  | - | - | - | - | - | - | 12 | -  | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>  |
| 3.1 | Газовые турбины              | 28 | 8  | - | 8  | - | - | - | - | - | - | 12 | -  | Изучение материала по разделу "Газовые турбины" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях   |



|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | <p>"Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[3], стр. 25-60, 67-92</p> |
| 5   | Примеры конструкций ГТУ и ее элементов | 16 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | 10 | - | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Примеры конструкций ГТУ и ее элементов"</p>   |
| 5.1 | Примеры конструкций ГТУ и ее элементов | 16 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | 10 | - | <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>  |

|  |                      |              |   |           |   |           |           |   |          |   |            |      |  |
|--|----------------------|--------------|---|-----------|---|-----------|-----------|---|----------|---|------------|------|--|
|  |                      |              |   |           |   |           |           |   |          |   |            |      | "Примеры конструкций ГТУ и ее элементов"<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Примеры конструкций ГТУ и ее элементов"<br>подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], стр. 400-431 |
|  | Экзамен              | 36.0         |   | -         | - | -         | -         | 2 | -        | - | 0.5        | -    | 33.5   |
|  | Всего за семестр     | 180.0        |   | 32        | - | 32        | -         | 2 | -        | - | 0.5        | 80   | 33.5   |
|  | Итого за семестр     | 180.0        |   | 32        | - | 32        |           | 2 |          | - | 0.5        |      | 113.5  |
|  | Курсовой проект (КП) | 72.0         | 2 | -         | - | -         | 16        | - | 4        | - | 0.3        | 51.7 | -  |
|  | Всего за семестр     | 72.0         |   | -         | - | -         | 16        | - | 4        | - | 0.3        | 51.7 | -  |
|  | Итого за семестр     | 72.0         |   | -         | - | -         | 16        |   | 4        |   | 0.3        |      | 51.7   |
|  | <b>ИТОГО</b>         | <b>252.0</b> | - | <b>32</b> | - | <b>32</b> | <b>18</b> |   | <b>4</b> |   | <b>0.8</b> |      | <b>165.2</b>   |

**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. Основные схемы и циклы ГТУ

#### 1.1. Основные схемы и циклы ГТУ

Устройство и принцип действия простых газотурбинных установок (ГТУ). Краткая история развития ГТУ. Области применения ГТУ в различных отраслях промышленности. Перспективы применения ГТУ в энергетике. Сравнение ГТУ с другими типами тепловых двигателей. Простая одновальная ГТУ с циклом  $p = \text{const}$ . Сопоставление идеальной и реальной ГТУ, влияние потерь в турбине, компрессоре и камере сгорания на эффективность ГТУ. Зависимость коэффициента полезного действия (ГТУ), коэффициента полезной работы (ГТУ), удельной полезной работы (ГТУ) от степени сжатия, температуры перед газовой турбиной и температуры окружающей среды.

### 2. Воздушные осевые компрессоры

#### 2.1. Воздушные осевые компрессоры

Основные уравнения газового потока в осевых компрессорах: уравнение неразрывности, уравнение сохранения энергии, уравнение первого закона термодинамики, обобщенное уравнение Бернулли. Теория ступени осевого компрессора. Работа ступени осевого компрессора. Основные параметры ступени осевого компрессора: кинематические, термодинамические, геометрические параметры. Ступени с различной степенью реактивности. Усилия на лопатках и работа вращения колеса ступени. Условия работы ступеней, расположенных на различных радиусах: ступень осевого компрессора с постоянной циркуляцией, ступень с постоянной реактивностью. Основы аэродинамического расчета ступени осевого компрессора. Потери в лопаточном венце. Назначение, особенности и работа сверх- и трансзвуковых ступеней. Многоступенчатые осевые компрессоры. Связь между параметрами ступени и компрессора. Формы проточной части и изменение осевой скорости по тракту осевого компрессора. Распределение работы сжатия по ступеням компрессора.

### 3. Газовые турбины

#### 3.1. Газовые турбины

Рабочий процесс в ступени газовой турбины. Охлаждение ступени турбины. Расчет ступени турбины с учетом охлаждения. Многоступенчатая газовая турбина. Рабочий процесс в многоступенчатой газовой турбине. Особенности проточной части многоступенчатой газовой турбины. Сопротивление выходного патрубка газовой турбины, определение числа ступеней газовой турбины и ее размеров. Характеристика газовой турбины.

### 4. Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения

#### 4.1. Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения

Выбор температуры газа за камерой сгорания. Определение глубины охлаждения сопловых и рабочих лопаток и расхода охлаждающего воздуха. Расчет скоростей потока и углов натекания потока на сопловые и рабочие лопатки с учетом распределения расходов охлаждающего воздуха по решеткам турбины. Расчет потерь в проточной части турбины с учетом охлаждения её элементов. Определение КПД, удельной полезной работы с учетом охлаждения корпуса и ротора газовой турбины.

### 5. Примеры конструкций ГТУ и ее элементов

### 5.1. Примеры конструкций ГТУ и ее элементов

Изучение конструкций ГТУ различных фирм с высоким КПД, а также предназначенных для работы в составе ПГУ. Изучение особенностей конструкций лопаточного аппарата компрессоров и турбин.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Расчет эффективности (КПД, удельная полезная работа, коэффициент полезной работы, оптимальные степени сжатия, удельный расход рабочего тела) ГТУ, работающих по разным схемам (2 часа);
2. Расчет ступени компрессора на среднем диаметре. Расчет ступени компрессора по высоте (10 часов);
3. Расчет многоступенчатого компрессора. Выбор оптимальной геометрии проточной части (4 часа);
4. Расчет ступени турбины, особенности расчета многоступенчатых газовых турбин (8 часов);
5. Особенности газодинамического расчета ступени турбины с охлаждения (6 часов);
6. Разбор основных узлов проточной части энергетической газотурбинной установки (2 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

2 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Энергетическая газотурбинная установка

#### График выполнения курсового проекта

| Неделя                                  | 1 - 3 | 4 - 7   | 8 - 10 | 11 | 12 - 15 | Зачетная                 |
|---|-------|---------|--------|----|---------|--------------------------|
| Раздел курсового проекта                | 1, 2  | 3, 4, 5 | 6, 7   | 8  | 9       | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %                        | 10    | 20      | 20     | 5  | 45      | -                        |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 10    | 30      | 50     | 55 | 100     | -                        |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта  |
|---------------|---|
| 1             | Расчет тепловой схемы ГТУ (без учета охлаждения) с целью определения расходов воздуха, газа, топлива, мощности турбины, компрессора и ГТУ |
| 2             | Уточнение расчета тепловой схемы с учетом охлаждения  |
| 3             | Расчет проточной части компрессора с целью определения диаметров ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, числа ступеней.         |
| 4             | Термогазодинамический расчет параметров газового потока на среднем диаметре проточной части компрессора.                                  |

|   |  |
|---|--|
| 5 | Расчет радиального распределения кинематических параметров первой ступени компрессора по 5-ти сечениям. Подбор профилей для полученных сечений первой ступени компрессора                          |
| 6 | Рассчитать проточную часть турбины. В результате расчета определить средние диаметры ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, число ступеней.  |
| 7 | Гидрогазодинамический расчет первой ступени турбины с учетом охлаждения. Расчет на изгиб и растяжение рабочей лопатки первой ступени газовой турбины и оценка долговечности работы данной лопатки. |
| 8 | Рассчитать основные геометрические размеры камеры сгорания.  |
| 9 | Графическая часть: продольный разрез ГТУ, поперечный разрез ГТУ по подшипнику и КС, выноска ступени газовой турбины и компрессора, чертеж профилей первой ступени компрессора и ступени турбины.   |

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

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (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 | 5 |   |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |
| особенности расчета и проектирования осевого компрессора                         | ИД-1ПК-2         |   | + |   |   |   | Тестирование/Осевые воздушные компрессоры   |
| основные схемы газотурбинных установок и их технико-экономические показатели     | ИД-1ПК-2         | +   |   |   |   |   | Проверочная работа/Тепловые схемы и термодинамические циклы ГТУ   |
| основные законы работы лопаточных машин  | ИД-1ПК-2         |   | + |   |   |   | Тестирование/Осевые воздушные компрессоры   |
| конструкции современных газотурбинных установок                                  | ИД-1ПК-2         |   |   |   |   | + | Реферат/Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ   |
| особенности определения основных параметров ГТУ с учетом охлаждения              | ИД-1ПК-2         |   |   |   | + |   | Реферат/Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ   |
| особенности расчета и проектирования турбины, входящей в состав ГТУ              | ИД-1ПК-2         |   |   | + |   |   | Тестирование/Осевые газовые турбины в составе ГТУ   |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |
| использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования | ИД-1ПК-2         |   |   |   | + | + | Реферат/Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ   |
| рассчитывать и проектировать элементы энергетической газотурбинной установки     | ИД-1ПК-2         |   | + |   |   |   | Контрольная работа/Воздушные осевые компрессора<br>Расчетно-графическая работа/Выполнение типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора"<br>Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" |

|  |          |   |  |  |  |  |  |
|--|----------|---|--|--|--|--|--|
| определять параметры тепловой<br>схемы энергетической газотурбинной<br>установки | ИД-1ПК-2 | + |  |  |  |  | Проверочная работа/Тепловые схемы и термодинамические<br>циклы ГТУ |
|--|----------|---|--|--|--|--|--|

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

### 4.1. Текущий контроль успеваемости

#### 1 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Защита типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Осевые воздушные компрессоры (Тестирование)
2. Осевые газовые турбины в составе ГТУ (Тестирование)

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Воздушные осевые компрессора (Контрольная работа)
2. Тепловые схемы и термодинамические циклы ГТУ (Проверочная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

### 4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

#### Экзамен (Семестр №1)

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

#### Курсовой проект (КП) (Семестр №2)

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. А. В. Кистойчев- "Проектирование лопаточного аппарата осевых компрессоров ГТУ", Издательство: "Издательство Уральского университета", Екатеринбург, 2014 - (121 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276263>;
2. Трухний А.Д.- "Парогазовые установки электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012772.html>;

3. Костюк А.Г.- "Тепловой расчет охлаждаемой ступени газовой турбины", Издательство: "МЭИ", Москва, 2016 - (116 с.)

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009352.html>;

4. Костюк А.Г. , Фролов В. В., Булкин А.Е. , Трухний А.Д. - "Паровые и газовые турбины для электростанций", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (557 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72260](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72260).

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

1. СДО "Прометей";

2. Office / Российский пакет офисных программ;

3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Майнд Видеоконференции;

5. Python;

6. SmathStudio;

7. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей);

8. Jupyter.

## **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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>

12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>

13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>

14. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» -

<https://uisrussia.msu.ru>

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

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование | Оснащение           |
|---|-------------------------------|---------------------|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ       | сервер, кондиционер |
|   | П-20, Учебная аудитория       |                     |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Ж-120, Машинный зал ИВЦ       | сервер, кондиционер |
|   | П-20, Учебная аудитория       |                     |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Ж-120, Машинный зал ИВЦ       | сервер, кондиционер |
|   | П-20, Учебная аудитория       |                     |
| Помещения для самостоятельной   | П-28, Комната для             |                     |

|  |  |  |
|--|--|--|
| работы   | самостоятельных занятий студентов        |  |
| Помещения для консультирования                           | П-03/1, Кабинет сотрудников              |  |
|  | П-27, Переговорная                       |  |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | П-42, Кафедральная библиотека            |  |
|  | П-05/1, Помещение для учебного инвентаря |  |
|  | П-03/3, Подсобное помещение              |  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Энергетические ГТУ

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 Тепловые схемы и термодинамические циклы ГТУ (Проверочная работа)
- КМ-2 Осевые воздушные компрессоры (Тестирование)
- КМ-3 Воздушные осевые компрессора (Контрольная работа)
- КМ-4 Осевые газовые турбины в составе ГТУ (Тестирование)
- КМ-5 Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ (Реферат)
- КМ-6 Выполнение типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)
- КМ-7 Защита типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины                                       | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 3    | 7    | 11   | 11   | 12   | 14   | 15   |
| 1             | Основные схемы и циклы ГТУ                              |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Основные схемы и циклы ГТУ                              |            | +    |      |      |      |      |      |      |
| 2             | Воздушные осевые компрессоры                            |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Воздушные осевые компрессоры                            |            |      | +    | +    |      |      | +    | +    |
| 3             | Газовые турбины   |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Газовые турбины   |            |      |      |      | +    |      |      |      |
| 4             | Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения |            |      |      |      |      | +    |      |      |
| 5             | Примеры конструкций ГТУ и ее элементов                  |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Примеры конструкций ГТУ и ее элементов                  |            |      |      |      |      | +    |      |      |
| Вес КМ, %:    |   |            | 10   | 15   | 20   | 15   | 15   | 15   | 10   |

#### 2 семестр

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

**Вид промежуточной аттестации – .**

| Номер<br>раздела | Раздел дисциплины | Индекс<br>КМ: |
|------------------|-------------------|---------------|
|                  |                   | Неделя<br>КМ: |
|                  |                   | Вес КМ, %:    |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Энергетические ГТУ

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Выполнение разделов 1 и 2
- КМ-2 Выполнение разделов 3, 4, 5
- КМ-3 Выполнение разделов 6, 7
- КМ-4 Выполнение раздела 8
- КМ-5 Выполнение раздела 9

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 3    | 7    | 10   | 11   | 15   |
| 1             | Расчет тепловой схемы ГТУ (без учета охлаждения) с целью определения расходов воздуха, газа, топлива, мощности турбины, компрессора и ГТУ  |            | +    |      |      |      |      |
| 2             | Уточнение расчета тепловой схемы с учетом охлаждения   |            | +    |      |      |      |      |
| 3             | Расчет проточной части компрессора с целью определения диаметров ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, числа ступеней.  |            |      | +    |      |      |      |
| 4             | Термогазодинамический расчет параметров газового потока на среднем диаметре проточной части компрессора.   |            |      | +    |      |      |      |
| 5             | Расчет радиального распределения кинематических параметров первой ступени компрессора по 5-ти сечениям. Подбор профилей для полученных сечений первой ступени компрессора                          |            |      | +    |      |      |      |
| 6             | Рассчитать проточную часть турбины. В результате расчета определить средние диаметры ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, число ступеней.  |            |      |      | +    |      |      |
| 7             | Гидрогазодинамический расчет первой ступени турбины с учетом охлаждения. Расчет на изгиб и растяжение рабочей лопатки первой ступени газовой турбины и оценка долговечности работы данной лопатки. |            |      |      | +    |      |      |

|            |  |    |    |    |   |    |
|------------|--|----|----|----|---|----|
| 8          | Рассчитать основные геометрические размеры камеры сгорания.  |    |    |    | + |    |
| 9          | Графическая часть: продольный разрез ГТУ, поперечный разрез ГТУ по подшипнику и КС, выноска ступени газовой турбины и компрессора, чертеж профилей первой ступени компрессора и ступени турбины. |    |    |    |   | +  |
| Вес КМ, %: |  | 10 | 20 | 20 | 5 | 45 |