

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
ПАРОВЫЕ И ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

|   |  |
|---|--|
| <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.05.04</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                                    | 6 семестр - 4;<br>7 семестр - 5;<br>всего - 9                          |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                                     | <b>324 часа</b>  |
| <b>Лекции</b>   | 6 семестр - 28 часа;<br>7 семестр - 32 часа;<br>всего - 60 часов       |
| <b>Практические занятия</b>   | 6 семестр - 14 часов;<br>7 семестр - 16 часов;<br>всего - 30 часов     |
| <b>Лабораторные работы</b>  | 6 семестр - 14 часов;  |
| <b>Консультации</b>   | 6 семестр - 2 часа;<br>7 семестр - 34 часа;<br>всего - 36 часа         |
| <b>Самостоятельная работа</b>   | 6 семестр - 85,5 часа;<br>7 семестр - 93,2 часа;<br>всего - 178,7 часа |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | 7 семестр - 35,7 часа;   |
| <b>Иная контактная работа</b>   | 7 семестр - 4 часа;  |
| <b>включая:</b><br>Тестирование<br>Контрольная работа<br>Перекрестный опрос |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>  |  |
| <b>Экзамен</b>  | 6 семестр - 0,5 часа;  |
| <b>Защита курсового проекта</b>   | 7 семестр - 0,3 часа;  |
| <b>Экзамен</b>  | 7 семестр - 0,5 часа;  |
|   | <b>всего - 1,3 часа</b>  |

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец   | Тищенко А.А.                    |
|  | Идентификатор                                      | Rf6ebae2e-TishchenkoAA-b3ff309f |

(подпись)

А.А. Тищенко

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец   | Тараторин А.А.                 |
|  | Идентификатор                                      | Ra801db72-TaratorinAA-0945af7f |

(подпись)

А.А. Тараторин

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Рогалев Н.Д.                 |
|  | Идентификатор                                      | R618dc98f-RogalevND-c9225577 |

(подпись)

Н.Д. Рогалев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение теории процессов в энергетических турбомашинах тепловых и атомных электростанций с приобретением практики их расчетов и проектирования, развитием понимания взаимосвязи работы паровых и газовых турбин с технологическими процессами в оборудовании тепловых схем энергоблоков разного назначения.

### Задачи дисциплины

- изучение физико-математические моделей тепловых, аэродинамических и механических процессов в проточной части паровых и газовых турбин ТЭС и АЭС;
- освоение методик расчета и проектирования энергетических турбин, а также приобретение навыков их выбора в соответствии с заданными условиями;
- освоение методик и правил оценки надежности основных элементов турбин;
- изучение переменных режимов при эксплуатации турбоустановок;
- изучение конструкций энергетических турбомашин.

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-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники | ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание принципов и режимов работы объектов профессиональной деятельности и закономерностей процессов, происходящих в них | знать:<br>- назначение и принцип работы основных элементов ПТУ;<br>- основные характеристики конденсаторов паровых турбин и их конструкцию;<br>- особенности работы системы регулирования мощности паровых турбин;<br>- методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин;<br>- методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части энергетических ГТУ.<br><br>уметь:<br>- проводить термодинамический анализ рабочих процессов в паровых турбинах для определения параметров их работы и тепловой эффективности. |
| ПК-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники | ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций элементов объектов профессиональной деятельности         | знать:<br>- типы и маркировки энергетических турбин, особенности тепловых схем и компоновки для современных энергоблоков ТЭС и АЭС;<br>- основные особенности конструкций паровых турбомашин.<br><br>уметь:<br>- проводить расчеты режимов работы ПТУ;<br>- выполнять оценки надежности и  |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|
|                                |  | экономичности турбинных ступеней.   |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Тепловые электрические станции (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

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 9 зачетных единиц, 324 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     | Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС | 16                    | 6       | 4  | 2   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br/>Выполнение п.1 расчетного задания</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br/>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 9-42<br/>[5], 9-42</p> |  |
| 1.1   | Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС | 16                    |         | 4  | 2   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |  |  |
| 2     | Турбинные ступени, их расчет и проектирование                                      | 38                    |         | 10   | 6   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 16                | -                                 |  | <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br/>Выполнение п.2 расчетного задания</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br/>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 43-142<br/>[5], 43-142</p> |
| 2.1   | Турбинные ступени, их расчет и проектирование                                      | 38                    |         | 10   | 6   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 16                | -                                 |  |  |
| 3     | Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин                 | 20                    |         | 6  | 2   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |  | <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br/>Выполнение п.2 расчетного задания</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br/>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>                                 |
| 3.1   | Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин                 | 20                    |         | 6  | 2   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |  |  |

|     |   |       |   |    |    |    |   |   |   |   |     |      |   |   |
|-----|---|-------|---|----|----|----|---|---|---|---|-----|------|---|---|
|     |   |       |   |    |    |    |   |   |   |   |     |      | [1], 143-189<br>[3], 1-55<br>[5], 143-189 |   |
| 4   | Переменные режимы работы паровых турбин                               | 22    |   | 4  | 2  | 2  | - | - | - | - | -   | 14   | -   | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br>Выполнение п.3 расчетного задания  |
| 4.1 | Переменные режимы работы паровых турбин                               | 22    |   | 4  | 2  | 2  | - | - | - | - | -   | 14   | -   | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 190-199, 216-224<br>[5], 190-199, 216-224 |
| 5   | Системы парораспределения паровых турбин                              | 12    |   | 4  | 2  | 2  | - | - | - | - | -   | 4    | -   | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b><br>выполнение п.4 расчетного задания  |
| 5.1 | Системы парораспределения паровых турбин                              | 12    |   | 4  | 2  | 2  | - | - | - | - | -   | 4    | -   | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 201-215<br>[5], 201-215                   |
|     | Экзамен   | 36.0  |   | -  | -  | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -    | 33.5                                      |   |
|     | Всего за семестр  | 144.0 |   | 28 | 14 | 14 | - | 2 | - | - | 0.5 | 52   | 33.5                                      |   |
|     | Итого за семестр  | 144.0 |   | 28 | 14 | 14 | 2 |   | - |   | 0.5 | 85.5 |   |   |
| 6   | Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии | 8     | 7 | 2  | -  | 2  | - | - | - | - | -   | 4    | -   | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>   |
| 6.1 | Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии | 8     |   | 2  | -  | 2  | - | - | - | - | -   | 4    | -   | [1], 225-238<br>[2], 313-328<br>[5], 225-238  |
| 7   | Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора               | 14    |   | 6  | -  | 4  | - | - | - | - | -   | 4    | -   | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см.  |

|      |  |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|--|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7.1  | Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора                                    | 14 | 6  | - | 4 | - | - | - | - | - | 4 | - | Методические указания РПД)<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 355-380<br>[2], 190-228<br>[5], 355-380  |
| 8    | Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов              | 10 | 4  | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> |
| 8.1  | Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов              | 10 | 4  | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | [1], 381-408<br>[2], 145-190<br>[5], 381-408  |
| 9    | Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов                   | 22 | 12 | - | 6 | - | - | - | - | - | 4 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)   |
| 9.1  | Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов                   | 22 | 12 | - | 6 | - | - | - | - | - | 4 | - | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 597-674<br>[3], 62-71<br>[5], 597-674  |
| 10   | Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике | 12 | 6  | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> |
| 10.1 | Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике | 12 | 6  | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | [4], 24-36<br>[6], 24-36  |

|      |  |              |          |           |           |           |           |          |            |          |              |             |   |
|------|--|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|----------|--------------|-------------|---|
| 11   | Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации | 6            |          | 2         | -         | -         | -         | -        | -          | -        | 4            | -           | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 49-108, 421-483<br>[6], 49-108, 421-483 |
| 11.1 | Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации | 6            |          | 2         | -         | -         | -         | -        | -          | -        | 4            | -           |   |
|      | Экзамен  | 36.0         |          | -         | -         | -         | -         | 2        | -          | -        | 0.5          | -           | 33.5  |
|      | Курсовой проект (КП)   | 72.0         |          | -         | -         | -         | 32        | -        | 4          | -        | 0.3          | 35.7        | -   |
|      | <b>Всего за семестр</b>  | <b>180.0</b> |          | <b>32</b> | <b>-</b>  | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>2</b> | <b>4</b>   | <b>-</b> | <b>0.8</b>   | <b>59.7</b> | <b>33.5</b>   |
|      | <b>Итого за семестр</b>  | <b>180.0</b> |          | <b>32</b> | <b>-</b>  | <b>16</b> | <b>34</b> | <b>4</b> | <b>0.8</b> |          | <b>93.2</b>  |             |   |
|      | <b>ИТОГО</b>   | <b>324.0</b> | <b>-</b> | <b>60</b> | <b>14</b> | <b>30</b> | <b>36</b> | <b>4</b> | <b>1.3</b> |          | <b>178.7</b> |             |   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС

#### 1.1. Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС

Классификация электрических станций и место турбомашин в них: маркировки паровых турбин ТЭС и АЭС и основные сведения об их конструкциях; историческая справка о развитии теплоэнергетики и турбостроения. Особенности тепловых схем паротурбинных установок ТЭС и АЭС: место паровой турбины в термодинамическом цикле; показатели экономичности паровых турбин и турбоустановок; особенности тепловых схем турбоустановок ТЭС и АЭС и влияние основных параметров пара на их эффективность; реализация промежуточного перегрева пара и регенеративного подогрева питательной воды в турбоагрегатах..

### 2. Турбинные ступени, их расчет и проектирование

#### 2.1. Турбинные ступени, их расчет и проектирование

Конструкция ступени осевого типа: система уравнений для расчетов термо- и газодинамических процессов в проточной части турбинной ступени; тепловая диаграмма процессов преобразования энергии в турбинных решетках; степень реактивности турбинной ступени; треугольники скоростей и методика их расчета. Мощность и экономичность турбинных ступеней: уравнения для расчетов усилий и мощности ступени; относительный лопаточный КПД; двухвенечные ступени скорости. Выбор турбинных решеток для турбинных ступеней: геометрические, газодинамические и режимные характеристики турбинных решеток; выбор типа лопаток для решеток ступеней; определение экономичности сопловой и рабочей решеток. Виды потерь в турбинной ступени и ее относительный внутренний КПД; зависимость относительного внутреннего КПД ступени от параметра  $u/cф$ . Методика расчета турбинной ступени: выбор исходных характеристик и параметров турбинной ступени; методика расчета турбинной ступени с  $d/l \square 10 \dots 13$ ; особенности расчета и проектирования ступеней с длинными лопатками; законы закрутки турбинных лопаток. Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин: особенности конструкций турбинных ступеней для цилиндров паровых турбин; правила их проектирования и нормативные документы..

### 3. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин

#### 3.1. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин

Компоновки паровых турбин различного назначения: предельная мощность однопоточной конденсационной турбины; способы повышения предельной мощности; определение размеров последней ступени; компоновочные решения, показатели надежности и экономичности паровых турбин. Основные расчеты при проектировании многоцилиндровой паровой турбины: построение процесса расширения пара в проточной части турбины и оценки его расхода для реализации требуемой мощности турбоагрегата; расчет числа ступеней и распределение теплоперепадов; выбор частоты вращения валопровода турбоагрегатов, числа ЦНД и их компоновок. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин: расчет осевых усилий в валопроводе турбоагрегата и способы их компенсации; статическая прочность рабочих лопаток ступеней; выбор конструкции роторов ЦВД, ЦСД и ЦНД турбин и их уплотнений; требования ГОСТ к конструкциям турбин; примеры исполнения турбин ТЭС и АЭС..

#### 4. Переменные режимы работы паровых турбин

##### 4.1. Переменные режимы работы паровых турбин

Общая характеристика переменных режимов: переменный режим турбинных решеток и турбинной ступени; особенности переменного режима турбинной ступени с  $\sigma_2 = d_2/l_2 \leq 10$ ; переменный режим работы группы ступеней; закон Стодолы–Флюгеля; маневренность и программы регулирования энергоблоков; холостой ход турбоагрегата; моторный режим; режим горячего вращающегося резерва. Влияние отклонения начальных параметров водяного пара, параметров промперегрева и давления в конденсаторе на мощность турбин..

#### 5. Системы парораспределения паровых турбин

##### 5.1. Системы парораспределения паровых турбин

Способы парораспределения паровых турбин: дроссельное парораспределение; сопловое парораспределение; обводное парораспределение; выбор системы парораспределения; регулирование мощности турбоагрегатов способом скользящего давления..

#### 6. Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии

##### 6.1. Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии

Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии: турбины с противодавлением; турбины с промежуточным регулируемым отбором пара (тип Т) и их диаграммы режимов; турбины с двумя регулируемыми отборами пара (тип ПТ) и их диаграммы режимов; турбины с двухступенчатым отопительным отбором пара; энергетические характеристики теплофикационных паровых турбин..

#### 7. Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора

##### 7.1. Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора

Конденсационные установки паровых турбин: схема конденсационной установки и устройство конденсатора; тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; компоновки и конструкции конденсаторов паровых турбин; методика расчета конденсатора. Основы эксплуатации конденсационных установок: характеристика конденсатора и переменный режим его работы; воздухоотсасывающие устройства; особенности эксплуатации конденсационной установки..

#### 8. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов

##### 8.1. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов

Системы автоматического регулирования: основные задачи САР и принципиальная схема САР турбоагрегата; статическое и астатическое регулирование; параллельная работа турбоагрегатов в сети; схемы САР конденсационных и теплофикационных турбин. Системы аварийной защиты турбоагрегатов: основные системы защиты паровых турбин; особенности систем защиты для конденсационных и теплофикационных турбин; требования ГОСТ к системам регулирования и защиты турбоагрегатов. Системы маслоснабжения паровых турбин: схемы маслоснабжения; аварийная смазка турбин; эксплуатация турбинных масел; конструкции подшипников..

#### 9. Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов

### 9.1. Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов

Вибрационная надежность турбоагрегатов: низкочастотная вибрация; вибрация оборотной частоты; высокочастотная вибрация; контроль и нормы вибрации; предупреждение повышенной вибрации валопровода; системы вибромониторинга и диагностики. Колебания лопаточного аппарата турбин: формы колебаний рабочих лопаток; расчет частот колебаний пакетов лопаток; вибрационная диаграмма лопаточного аппарата; правила отстройки от резонансных состояний. Конструкции и оценки надежности элементов валопровода турбоагрегата: оценка надежности ротора паровой турбины; расчеты критических частот вращения ротора; напряжения и деформации во вращающемся диске; расчет напряжений в диске; определение натяга и освобождающей частоты вращения; требования к надежности и ресурсным характеристикам роторов паровых турбин. Расчеты на прочность основных деталей статора турбины: конструкции и расчеты толщины корпусов турбин; напряженное состояние фланцевого разъема корпуса; оценки надежности диафрагм; материалы, применяемые для изготовления паровых турбин..

## 10. Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике

### 10.1. Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике

Энергетические газотурбинные установки: общие сведения об энергетических ГТУ и примеры их исполнения; термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения; применение ГТУ в тепловых электростанциях; ГТУ-ТЭЦ; применение ГТУ на базе авиационных двигателей. Газовые турбины: процесс расширения в газовой турбине и выбор числа ее ступеней; особенности турбинных ступеней газовой турбины; методика расчета проточной части; системы охлаждения газовых турбин. Компрессоры ГТУ: конструкция осевого компрессора; процессы в проточной части компрессорных ступеней и оценки их числа; режимы работы и характеристики осевых компрессоров ГТУ; явление помпажа; конструкции камер сгорания. Переменные режимы эксплуатации ГТУ: переменные режимы ГТУ; пуск газотурбинных установок; системы защиты и автоматического регулирования ГТУ..

## 11. Турбомашинные парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации

### 11.1. Турбомашинные парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации

Парогазовые установки: тепловые схемы, состав и показатели экономичности ПГУ; Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами. Паровые турбины для ПГУ: особенности расчета и проектирования паровых турбин для ПГУ; конструкции турбин для ПГУ утилизационного типа; конструкции турбин для теплофикационных парогазовых установок. Основы эксплуатации турбоагрегатов: задачи эксплуатации и критерии надежности в работе турбин; особенности пусков и останова турбин..

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

1. Вибрация роторов и оценки критических частот их вращения (2 часа);
2. Вибрационная надежность лопаточного аппарата турбин (2 часа);
3. Системы автоматического регулирования паровых турбин. Параллельная работа турбоагрегатов в сети (2 часа);
4. Тепловой расчет конденсатора и обзор их конструкций (4 часа);
5. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (2 часа);

6. Выбор системы парораспределения (2 часа);
7. Расчет переменного режима турбинной ступени и отсека турбины. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность турбины (2 часа);
8. Предельная мощность паровых турбин. Расчет числа ступеней и размеров последней ступени ЦВД. Определение числа ЦВД. Расчеты статической прочности рабочих лопаток и осевых нагрузок (2 часа);
9. Методика теплового расчета турбинной ступени (2 часа);
10. Расчет дополнительных потерь ступени. Внутренний относительный КПД (2 часа);
11. Турбинная ступень и ее параметры. Процесс расширения в турбинной ступени. Расчет треугольников скоростей (2 часа);
12. Показатели тепловой экономичности турбоустановок ТЭС и АЭС (2 часа);
13. Расчеты на прочность основных элементов турбины (2 часа);
14. Газотурбинные установки и их конструкции. Турбомашины парогазовых установок (2 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. №1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ (4 часа);
2. №2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины (6 часов);
3. №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки (4 часа).

### 3.5 Консультации

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 7 Семестр

Курсовой проект (КП)

#### График выполнения курсового проекта

| Неделя                                  | 1 - 4 | 5 - 6 | 7 - 9 | 10 - 11 | 12 - 15 | 16  | Зачетная                 |
|---|-------|-------|-------|---------|---------|-----|--------------------------|
| Раздел курсового проекта                | 1     | 2     | 3     | 4       | 5       | 6   | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %                        | 15    | 10    | 15    | 10      | 45      | 5   | -                        |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 15    | 25    | 40    | 50      | 95      | 100 | -                        |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта  |
|---------------|---|
| 1             | Расчет числа ступеней ЦВД и выбор компоновки его проточной части  |
| 2             | Расчет последней ступени ЦВД  |
| 3             | Эскиз ротора ЦВД. Определение критических частот вращения ротора ЦВД турбины.   |
| 4             | Оценка вибрационной надежности пакета рабочих лопаток последней ступени ЦВД по возмущающим силам I рода (с построением вибрационной диаграммы) и II рода. |
| 5             | Проектирование ЦВД паровой турбины с вычерчиванием в масштабе 1:10 совмещенного чертежа продольного разреза (верхняя часть) и                             |

|   |   |
|---|---|
|   | внешнего вида (нижняя часть). Подготовка чертежей узлов и элементов паровой турбины. Выбор материалов основных элементов паровой турбины. |
| 6 | Подготовка пояснительной записки.   |

### 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 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |   | 11 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |  |
| методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части энергетических ГТУ | ИД-3ПК-1         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | +                                       | +  | Тестирование/Тест № 6. Оценки прочности основных элементов статора и ротора. Термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения.  |
| методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин     | ИД-3ПК-1         |   | + | + |   |   |   |   |   |   |    |   |    | Тестирование/Тест № 2. Методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин, конструкции их основных элементов, основы проектирования паровых турбин и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности<br><br>Тестирование/Тест № 3. Основы проектирования паровых турбин. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин. Особенности переменных режимов работы паровой турбины. Системы парораспределения. |
| особенности работы системы регулирования мощности паровых турбин                   | ИД-3ПК-1         |   |   |   |   |   |   | + |   | + |    |   |    | Тестирование/Тест № 5. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов.   |
| основные характеристики конденсаторов паровых турбин и их конструкцию              | ИД-3ПК-1         |   |   |   |   |   |   |   | + |   |    |   |    | Тестирование/Тест № 5. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и  |

|   |          |  |  |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|----------|--|--|--|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
|   |          |  |  |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  | маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов.   |
| назначение и принцип работы основных элементов ПТУ  | ИД-3ПК-1 |  |  |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  | Тестирование/Тест № 4. Контроль остаточных знаний по курсу «Паровые и газовые турбины электростанций». Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов.                         |
| основные особенности конструкций паровых турбомашин   | ИД-4ПК-1 |  |  |  | + |  | + |  |  |  |  |  |  |  | Тестирование/Защита лабораторной работы № 2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины<br>Тестирование/Защита лабораторной работы №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки.       |
| типы и маркировки энергетических турбин, особенности тепловых схем и компоновки для современных энергоблоков ТЭС и АЭС                | ИД-4ПК-1 |  |  |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  | Тестирование/Защита лабораторной работы № 1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ<br>Тестирование/Тест № 1.Классификация электрических станций. Маркировка паровых турбин ТЭС и АЭС. Особенности тепловых схем и влияние основных параметров пара на их эффективность. |
| <b>Уметь:</b>   |          |  |  |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| проводить термодинамический анализ рабочих процессов в паровых турбинах для определения параметров их работы и тепловой эффективности | ИД-3ПК-1 |  |  |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  | Перекрестный опрос/Защита расчетного задания<br>Контрольная работа/Контрольная работа. Тепловой цикл паротурбинной установки и показатели ее экономичности. Тепловой и   |

|  |          |  |  |  |  |  |   |  |   |   |  |  |  |
|--|----------|--|--|--|--|--|---|--|---|---|--|--|--|
|  |          |  |  |  |  |  |   |  |   |   |  |  | аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени.   |
| выполнять оценки надежности и экономичности турбинных ступеней | ИД-4ПК-1 |  |  |  |  |  |   |  | + | + |  |  | Контрольная работа/Контрольная работа № 3. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. |
| проводить расчеты режимов работы ПТУ                           | ИД-4ПК-1 |  |  |  |  |  | + |  | + | + |  |  | Контрольная работа/Контрольная работа № 2. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов.                                       |



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

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

###### **6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы № 1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ (Тестирование)
2. Защита лабораторной работы № 2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины (Тестирование)
3. Защита лабораторной работы №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки. (Тестирование)
4. Контрольная работа. Тепловой цикл паротурбинной установки и показатели ее экономичности. Тепловой и аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени. (Контрольная работа)
5. Тест № 1.Классификация электрических станций. Маркировка паровых турбин ТЭС и АЭС. Особенности тепловых схем и влияние основных параметров пара на их эффективность. (Тестирование)
6. Тест № 2. Методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин, конструкции их основных элементов, основы проектирования паровых турбин и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности (Тестирование)
7. Тест № 3. Основы проектирования паровых турбин. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин. Особенности переменных режимов работы паровой турбины. Системы парораспределения. (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита расчетного задания (Перекрестный опрос)

###### **7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа № 2. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 3. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Контрольная работа)
3. Тест № 4. Контроль остаточных знаний по курсу «Паровые и газовые турбины электростанций». Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Тестирование)
4. Тест № 5. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Тестирование)
5. Тест № 6. Оценки прочности основных элементов статора и ротора. Термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения. (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.  
Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

##### Экзамен (Семестр №6)

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

##### Экзамен (Семестр №7)

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

##### Курсовой проект (КП) (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Костюк, А. Г. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций : учебник для вузов по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергетическое машиностроение" / А. Г. Костюк, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний ; ред. А. Д. Трухний . – М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 688 с. - ISBN 978-5-383-01057-0 .;
2. Трухний, А. Д. Стационарные паровые турбины / А. Д. Трухний . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 640 с. - ISBN 5-283-00069-9 .;
3. Трухний, А. Д. Атлас конструкций деталей турбин : Учебное пособие по направлениям "Энергомашинностроение" и "Теплоэнергетика" / А. Д. Трухний, Б. Н. Крупенников, С. В. Петрунин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – 2-е изд., стереотип . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 148 с. - ISBN 5-7046-0451-X .;
4. Трухний, А. Д. Парогазовые установки электростанций : учебное пособие для вузов по направлениям "Энергетическое машиностроение", "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Д. Трухний . – М. : Издательский дом МЭИ, 2013 . – 648 с. - ISBN 978-5-383-00721-1 .;
5. Трухний А.Д.- "Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>;
6. Трухний А. Д.- "Парогазовые установки электростанций", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2013 - (648 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72261](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72261).

#### **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. SmathStudio;
6. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

### 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 ВИНИТИ 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   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | А-404, Учебная аудитория "А"       | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран  |
|   | А-406, Учебная аудитория "А"       | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран  |
|   | Б-205, Учебная аудитория           | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки                                     |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ            | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Ж-120, Машинный зал ИВЦ            | сервер, кондиционер   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | Т-512, Компьютерный класс          | стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования  | П-38, Кабинет сотрудников каф. ПГТ |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | (доц. Медников А.Ф.)                     |  |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | П-05/1, Помещение для учебного инвентаря |  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Паровые и газовые турбины электростанций

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Тест № 1. Классификация электрических станций. Маркировка паровых турбин ТЭС и АЭС. Особенности тепловых схем и влияние основных параметров пара на их эффективность. (Тестирование)
- КМ-2 Защита лабораторной работы № 1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ (Тестирование)
- КМ-3 Тест № 2. Методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин, конструкции их основных элементов, основы проектирования паровых турбин и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности (Тестирование)
- КМ-4 Защита лабораторной работы № 2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины (Тестирование)
- КМ-5 Контрольная работа. Тепловой цикл паротурбинной установки и показатели ее экономичности. Тепловой и аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени. (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки. (Тестирование)
- КМ-7 Тест № 3. Основы проектирования паровых турбин. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин. Особенности переменных режимов работы паровой турбины. Системы парораспределения. (Тестирование)
- КМ-8 Защита расчетного задания (Перекрестный опрос)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 5    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 14   |
| 1             | Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС |            | +    | +    |      |      |      |      |      |      |
| 2             | Турбинные ступени, их расчет и проектирование                                      |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Турбинные ступени, их расчет и проектирование                                      |            |      |      | +    |      |      |      | +    |      |
| 3             | Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин                 |            |      |      |      |      |      |      |      |      |

|            |  |   |   |    |    |    |    |   |    |
|------------|--|---|---|----|----|----|----|---|----|
| 3.1        | Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин |   |   | +  | +  | +  | +  | + | +  |
| 4          | Переменные режимы работы паровых турбин                            |   |   |    |    |    |    |   |    |
| 4.1        | Переменные режимы работы паровых турбин                            |   |   |    |    | +  |    |   | +  |
| 5          | Системы парораспределения паровых турбин                           |   |   |    |    |    |    |   |    |
| 5.1        | Системы парораспределения паровых турбин                           |   |   |    | +  |    | +  |   |    |
| Вес КМ, %: |  | 5 | 5 | 15 | 10 | 15 | 10 | 5 | 35 |

### 7 семестр

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

- КМ-9 Тест № 4. Контроль остаточных знаний по курсу «Паровые и газовые турбины электростанций». Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Тестирование)
- КМ-10 Контрольная работа № 2. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Контрольная работа)
- КМ-11 Тест № 5. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Тестирование)
- КМ-12 Контрольная работа № 3. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Контрольная работа)
- КМ-13 Тест № 6. Оценки прочности основных элементов статора и ротора. Термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения. (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-9 | КМ-10 | КМ-11 | КМ-12 | КМ-13 |
|---------------|---|------------|------|-------|-------|-------|-------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8     | 12    | 14    | 15    |
| 1             | Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии         |            |      |       |       |       |       |
| 1.1           | Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии         |            | +    | +     | +     |       |       |
| 2             | Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора                       |            |      |       |       |       |       |
| 2.1           | Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора                       |            |      |       | +     |       |       |
| 3             | Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов |            |      |       |       |       |       |

|            |  |    |    |    |    |    |
|------------|--|----|----|----|----|----|
| 3.1        | Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов              |    | +  | +  | +  |    |
| 4          | Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов                   |    |    |    |    |    |
| 4.1        | Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов                   |    | +  |    | +  |    |
| 5          | Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике |    |    |    |    |    |
| 5.1        | Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике |    |    |    |    | +  |
| 6          | Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации                     |    |    |    |    |    |
| 6.1        | Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации                     |    |    |    |    | +  |
| Вес КМ, %: |  | 10 | 35 | 10 | 35 | 10 |

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

### Паровые и газовые турбины электростанций

(название дисциплины)

7 семестр

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

- КМ-1 Контроль выполнения разделов
- КМ-2 Контроль выполнения разделов
- КМ-3 Контроль выполнения разделов
- КМ-4 Контроль выполнения разделов
- КМ-5 Контроль выполнения разделов
- КМ-6 Контроль выполнения разделов

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 6    | 9    | 11   | 15   | 16   |
| 1             | Расчет числа ступеней ЦВД и выбор компоновки его проточной части  |            | +    |      |      |      |      |      |
| 2             | Расчет последней ступени ЦВД  |            |      | +    |      |      |      |      |
| 3             | Эскиз ротора ЦВД. Определение критических частот вращения ротора ЦВД турбины.   |            |      |      | +    |      |      |      |
| 4             | Оценка вибрационной надежности пакета рабочих лопаток последней ступени ЦВД по возмущающим силам I рода (с построением вибрационной диаграммы) и II рода.   |            |      |      |      | +    |      |      |
| 5             | Проектирование ЦВД паровой турбины с вычерчиванием в масштабе 1:10 совмещенного чертежа продольного разреза (верхняя часть) и внешнего вида (нижняя часть). Подготовка чертежей узлов и элементов паровой турбины. Выбор материалов основных элементов паровой турбины. |            |      |      |      |      | +    |      |
| 6             | Подготовка пояснительной записки.   |            |      |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 15   | 10   | 15   | 10   | 45   | 5    |