



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



УТВЕРЖДАЮ

Профессор по учебной работе  
по техн. наук, проф.

Н.В. Лобов

2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

«Паротурбинные установки»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Программа академического бакалавриата

Направление 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль программы бакалавриата

Газотурбинные, паротурбинные  
установки и двигатели

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы

Форма обучения:

очная

Курс: 3

Семестр(ы): 6

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

3

Часов по рабочему учебному плану:

108

Виды контроля:

Экзамен: —

Дифф. зачет: 6

Курсовой проект: —

Курсовая работа: —

Пермь, 2017 г.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Паротурбинные установки» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «1» октября 2015 г. номер приказа «1083» по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели», утверждённой 24 июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели», утвержденного 28 апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Механика жидкости и газа», «Термодинамика», «Энергетические машины и установки», «Теория тепломассообмена и пограничного слоя», «Динамика и прочность турбомашин», «Автоматическое регулирование энергоустановок», «Газогидродинамика энергоустановок», «Газотурбинные установки», «Теоретические основы вибродиагностики», «Системы обеспечения теплового режима газотурбинных установок», «Компрессоры газотурбинных установок», участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

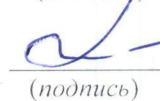
канд. техн. наук  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

Е.Н. Петрова  
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень, звание)

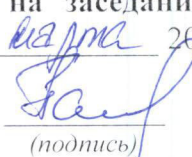
  
(подпись)

А.Ф. Сальников  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «22» января 2017 г., протокол № 14

Заведующий кафедрой  
«Ракетно-космическая техника  
и энергетические системы»,  
ведущей дисциплину

д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

М.И. Соколовский  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «3» 04 2017 г., протокол № 7

Председатель учебно-методической комиссии  
аэрокосмического факультета

канд. техн. наук, доц.  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

Н.Е. Чигодаев  
(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей  
кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

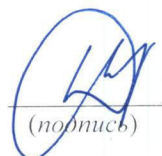
д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

М.И. Соколовский  
(инициалы, фамилия)

Начальник управления  
образовательных программ

канд. техн. наук, доц.  
(ученая степень, звание)

  
(подпись)

Д.С. Репецкий  
(инициалы, фамилия)

## **1 Общие положения**

### **1.1 Цели учебной дисциплины**

Целью дисциплины является формирование теоретических основ рабочих процессов в паротурбинных установках и способность использовать фундаментальные знания для анализа рабочих процессов, протекающих в паротурбинных установках и двигателях.

В процессе освоения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующие общепрофессиональные и профильно-специализированные компетенции:

- способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках (ОПК-3);
- способность использовать специализированные знания фундаментальных разделов математического, естественнонаучного и профессионального циклов для освоения рабочих процессов, протекающих в газотурбинных, паротурбинных установках и двигателях (ПСК-1).

### **1.2 Задачи учебной дисциплины:**

- **ознакомление** с современными конструкциями паротурбинных установок;
- **изучение** различных схем паротурбинных установок;
- **формирование умения** работы с чертежами и схемами реальных конструкций;
- **формирование навыков** определения рабочих процессов паротурбинных двигателей и работы с чертежами изделий паротурбинной отрасли.

### **1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:**

- конструкции и схемы паротурбинных установок;
- физические процессы в газотурбинных двигателях.

### **1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Паротурбинные установки» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана и является обязательной при освоении ОПОП по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилю «Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели»

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

#### **• знать:**

- основные параметры физических процессов в паротурбинных установках и конструктивные особенности основных элементов паротурбинных установок;
- основные законы термодинамики для определения параметров в паротурбинных установках;
- основные элементы проточной части паротурбинной установки.

#### **• уметь:**

- выполнять расчеты по определению основных характеристик паротурбинных установок и проводить анализ полученных результатов;
- применять теоретические основы термодинамики для определения параметров в паротурбинных установках;
- проводить проектировочный расчет конструктивной схемы паротурбинной установки.

#### **• владеть:**

- навыками конструктивного исполнения паротурбинных установок с использованием САПР КОМПАС;
- навыками определения рабочих процессов в паротурбинной установке;
- навыком определения основных параметров цикла паротурбинных установок.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

| Код                                             | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                        | Предшествующие дисциплины                                                      | Последующие дисциплины (группы дисциплин)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>         |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ОПК-3                                           | Способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках.                                                                                                                      | Механика жидкости и газа<br>Термодинамика<br>Энергетические машины и установки | Теория теплообмена и пограничного слоя,<br>Механика жидкости и газа,<br>Динамика и прочность турбомашин,<br>Автоматическое регулирование энергоустановок,<br>Газогидродинамика энергоустановок,<br>Газотурбинные установки,<br>Теоретические основы вибродиагностики,<br>Системы обеспечения теплового режима газотурбинных установок,<br>Компрессоры газотурбинных установок. |
| <b>Профильно-специализированные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ПСК-1                                           | Способность использовать специализированные знания фундаментальных разделов математического, естественнонаучного и профессионального циклов для освоения рабочих процессов, протекающих в газотурбинных, паротурбинных установках и двигателях. | —                                                                              | Газотурбинные установки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-3 и ПСК-1.

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

| Код          | Формулировка компетенции                                                                                                   |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-3</b> | Способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках. |

| Код                  | Формулировка дисциплинарной части компетенции                                                        |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-3.Б1.В.08</b> | Способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в паротурбинных установках. |

### Требования к компонентному составу части компетенции

| Перечень компонентов                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Виды учебной работы                                                                                                    | Средства оценки                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>В результате освоения компетенции студент:</b><br><b>Знает:</b><br>– основные параметры физических процессов в паротурбинных установках и конструктивные особенности основных элементов паротурбинных установок;<br>– основные законы термодинамики для определения параметров в паротурбинных установках. | Лекции с использованием мультимедиа-технологий, Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля.                                                                |
| <b>Умеет:</b><br>– выполнять расчеты по определению основных характеристик паротурбинных установок и проводить анализ полученных результатов;<br>– применять теоретические основы термодинамики для определения параметров в паротурбинных установках.                                                        | Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач.            | Практические задания к тестам рубежного контроля. Задания к практическим занятиям. Отчёты по лабораторным работам. |
| <b>Владеет:</b><br>– навыками конструктивного исполнения паротурбинных установок с использованием САПР КОМПАС;<br>– навыками определения рабочих процессов в паротурбинной установке.                                                                                                                         | Самостоятельная работа.                                                                                                | Отчёты по лабораторным работам, исследовательская работа.                                                          |

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПСК-1

| Код          | Формулировка компетенции                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПСК-1</b> | Способность использовать специализированные знания фундаментальных разделов математического, естественнонаучного и профессионального циклов для освоения рабочих процессов, протекающих в газотурбинных, паротурбинных установках и двигателях. |

| Код                  | Формулировка дисциплинарной части компетенции:                                                                                                                              |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПСК-1.Б1.В.08</b> | Способность использовать специализированные знания фундаментальных разделов профессионального цикла для освоения рабочих процессов, протекающих в паротурбинных установках. |

### Требования к компонентному составу части компетенции

| Перечень компонентов                                                                                                               | Виды учебной работы                                                                                                    | Средства оценки                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>В результате освоения компетенции студент:</b><br><b>Знает:</b><br>– основные элементы проточной части паротурбинной установки. | Лекции с использованием мультимедиа-технологий, Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Тестовые вопросы для текущего контроля.                                                                                                               |
| <b>Умеет:</b><br>– проводить проектировочный расчет конструктивной схемы паротурбинной установки.                                  | Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач.            | Практические задания к тестам рубежного контроля. Задания к практическим занятиям. Отчёты по лабораторным работам. Отчёт по исследовательской работе. |
| <b>Владеет:</b><br>– навыком определения основных параметров цикла паротурбинных установок.                                        | Лабораторные занятия в форме решения ситуационных задач.                                                               | Отчёты по исследовательской работе. Отчеты по лабораторным работам.                                                                                   |

### 3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 3 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

| <b>№ п.п.</b> | <b>Виды учебной работы</b>                                                                      | <b>Трудоемкость, час.</b> |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1             | 2                                                                                               | 3                         |
| <b>1</b>      | <b>Аудиторная (контактная) работа</b>                                                           | <b>45</b>                 |
|               | – лекции (Л)                                                                                    | 14                        |
|               | – практические занятия (ПЗ)                                                                     | 18                        |
|               | – лабораторные работы (ЛР)                                                                      | 9                         |
|               | <b>Контроль самостоятельной работы (КСР)</b>                                                    | <b>4</b>                  |
| <b>2</b>      | <b>Самостоятельная работа</b>                                                                   | <b>63</b>                 |
|               | – изучение теоретического материала                                                             | 18                        |
|               | – исследовательская работа                                                                      | 18                        |
|               | – подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам                                     | 27                        |
| <b>3</b>      | <b>Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине</b>                   | <b>Дифф. зачет</b>        |
| <b>4</b>      | <b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b><br><b>в часах (ч)</b><br><b>в зачётных единицах (ЗЕ)</b> | <b>108</b><br><b>3</b>    |

## 4 Содержание учебной дисциплины

### 4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

| Номер<br>учеб-<br>ного<br>модуля | Номер<br>раздела<br>дисциплины | Номер<br>темы<br>дисциплины | Количество часов и виды занятости (очная форма обучения) |    |    |    |     |                      |                                | Трудо-<br>ёмкость<br>АЧ/ ЗЕТ |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|----|----|----|-----|----------------------|--------------------------------|------------------------------|
|                                  |                                |                             | Аудиторная работа                                        |    |    |    |     | Итоговый<br>контроль | Самостоя-<br>тельная<br>работа |                              |
|                                  |                                |                             | Всего                                                    | Л  | ПЗ | ЛР | КСР |                      |                                |                              |
| 1                                | 2                              | 3                           | 4                                                        | 5  | 6  | 7  | 8   | 9                    | 10                             | 11                           |
| 1                                | Раздел 1                       | Введение                    | 1                                                        | 1  |    |    |     |                      |                                | 1                            |
|                                  |                                | Тема 1                      | 2                                                        | 2  |    |    |     |                      | 9                              | 11                           |
|                                  |                                | Тема 2                      | 7                                                        | 2  | 4  |    | 1   |                      | 9                              | 16                           |
| Всего по модулю:                 |                                |                             | 10                                                       | 5  | 4  |    | 1   |                      | 18                             | 28/0.77                      |
| 2                                | Раздел 2                       | Тема 3                      | 10                                                       | 2  | 4  | 4  |     |                      | 9                              | 19                           |
|                                  |                                | Тема 4                      | 7                                                        | 2  | 4  |    | 1   |                      | 9                              | 16                           |
| Всего по модулю:                 |                                |                             | 17                                                       | 4  | 8  | 4  | 1   |                      | 18                             | 35/0.97                      |
| 3                                | Раздел 3                       | Тема 5                      | 10                                                       | 2  | 4  | 4  |     |                      | 9                              | 19                           |
|                                  |                                | Тема 6                      | 8                                                        | 3  | 2  | 1  | 2   |                      | 18                             | 26                           |
| Всего по модулю:                 |                                |                             | 18                                                       | 5  | 6  | 5  | 2   |                      | 27                             | 45/1.25                      |
| Промежуточная аттестация         |                                |                             |                                                          |    |    |    |     | Дифф. зачёт          |                                |                              |
| Итого:                           |                                |                             | 45                                                       | 14 | 18 | 9  | 4   | -                    | 63                             | 108/3                        |

### 4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

#### Модуль 1. Устройство паровой турбины

##### Раздел 1. Устройство паровой турбины

Л – 5 ч, ПЗ – 4 ч, КРС – 18 ч.

##### Введение

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста. Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

##### Тема 1. Проточная часть и принцип действия турбины

Технологические требования к изготовлению, материалам, монтажу турбины. Сопловые и рабочие решетки паровых турбин. Течение потока в каналах турбины. Течение пара в последовательно расположенных решетках турбины. Лабиринтное уплотнение для валов турбин. Установка зазоров в проточной части турбины. Маслоохладители.

##### Тема 2. Типы паровых турбин и области их использования

Стационарные и транспортные паровые турбины. Классификация турбин по назначению: энергетические, промышленные и вспомогательные. По виду энергии, получаемой от паровой турбины: конденсационные и теплофикационные. По используемым начальным параметрам пара паровые турбины: докритического и сверхкритического начального давления; перегретого и насыщенного пара; без промежуточного перегрева и с промежуточным перегревом пара. По зоне использования турбин в графике электрической нагрузки: базовые и полупиковые паровые турбины. Одновальные и многовальные турбины.

## **Модуль 2. Парогазовые энергетические технологии**

### **Раздел 2. Парогазовые энергетические технологии**

Л – 4 ч; ПЗ – 8 ч; ЛР – 4 ч; СРС – 18 ч.

#### **Тема 3. Виды паровых турбин**

Принципиальная схема простейшей паротурбинной установки (ПТУ) утилизационного типа. Котел утилизатор. Устройство горизонтального котла-утилизатора. По назначению ПТУ: конденсационные и теплофикационные. По количеству рабочих тел в ПТУ: бинарные и молярные.

#### **Тема 4. Бинарные ПТУ**

ПТУ со сбросом выходных газов ГТУ в энергетический котел. ПТУ с «вытеснением» регенерации. Схема ПГУ с высоконапорным парогенератором (котлом).

## **Модуль 3. Преимущества и недостатки ПТУ**

### **Раздел 3. Преимущества и недостатки ПТУ**

Л – 5 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 5 ч; СРС – 27 ч.

#### **Тема 5. Требования к паротурбинным установкам**

Экономичность, маневренность, экологичность паротурбинной установки, нормативные показатели экономичности основного и вспомогательного оборудования. Надежность работы оборудования. Комплекс мероприятий организационного и технического характера: разработка необходимого комплекта должностных инструкций; правила технической эксплуатации и других нормативных документов.

#### **Тема 6. Тепловые схемы котельных установок**

Двухконтурный барабанный котел-утилизатор вертикального (башенного) типа. Система рециркуляции конденсата. Система многократной принудительной циркуляции воды в испарителях котла. Система деаэрации конденсата в деаэрационной установке.

### **4.3 Перечень тем практических занятий**

Таблица 4.3 – Темы практических занятий

| <b>№ п/п</b> | <b>Номер темы дисциплины</b> | <b>Наименование темы практического занятия</b>                          |
|--------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Тема 2                       | Определение основных параметров цикла паротурбинных установок – 4 часа. |
| 2            | Тема 3                       | Изучение основных элементов проточной части ПТУ – 4 часа.               |
| 3            | Тема 4                       | Проведение анализа работы различных ПТУ (видео занятие) – 4 часа.       |
| 4            | Тема 5                       | Проектировочный расчет конструктивной схемы ПТУ – 4 часа.               |
| 5            | Тема 6                       | Определение тепловой схемы котельной установки – 2 часа.                |

#### 4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных занятий

| № п/п | Номер темы дисциплины | Наименование темы лабораторной работы                                              |
|-------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Тема 3                | Изучение особенностей конструкций паровых турбин – 4 часа.                         |
| 2     | Тема 5                | Изучение конструкции котла утилизатора паротурбинных установок – 4 час.            |
| 3     | Тема 6                | Изучение конструкции конденсационной установки и конструкции конденсатора – 1 час. |

#### 5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

#### 5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

| Номер темы дисциплины | Вид самостоятельной работы студентов (СРС) | Трудоемкость, час. |
|-----------------------|--------------------------------------------|--------------------|
| 1                     | 2                                          | 3                  |
| 1                     | Изучение теоретического материала          | 9                  |
| 2                     | Изучение теоретического материала          | 7                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию         | 2                  |
| 3                     | Подготовка к практическому занятию         | 4                  |
|                       | Подготовка к лабораторному занятию         | 4                  |
|                       | Выполнение исследовательской работе        | 1                  |
| 4                     | Изучение теоретического материала          | 2                  |
|                       | Выполнение исследовательской работы        | 5                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию         | 2                  |
| 5                     | Подготовка к практическому занятию         | 5                  |
|                       | Подготовка к лабораторному занятию         | 4                  |
| 6                     | Выполнение исследовательской работы        | 12                 |
|                       | Подготовка к практическому занятию         | 3                  |
|                       | Подготовка к лабораторному занятию         | 3                  |
|                       | Итого АЧ/ ЗЕТ                              | 63/1.75            |

### **5.1.1 Изучение теоретического материала**

#### **Тема 1. Проточная часть и принцип действия турбины**

Технологические требования к изготовлению, материалам, монтажу турбины. Сопловые и рабочие решетки паровых турбин. Течение потока в каналах турбины. Течение пара в последовательно расположенных решетках турбины. Лабиринтное уплотнение для валов турбин. Установка зазоров в проточной части турбины. Маслоохладители.

#### **Тема 2. Типы паровых турбин и области их использования**

Стационарные и транспортные паровые турбины. Классификация турбин по назначению: энергетические, промышленные и вспомогательные. По виду энергии, получаемой от паровой турбины: конденсационные и теплофикационные. По используемым начальным параметрам пара паровые турбины: докритического и сверхкритического начального давления; перегретого и насыщенного пара; без промежуточного перегрева и с промежуточным перегревом пара. По зоне использования турбин в графике электрической нагрузки: базовые и полупиковые паровые турбины. Одновальные и многовальные турбины.

#### **Тема 3. Виды паровых турбин**

Принципиальная схема простейшей паротурбинной установки (ПТУ) утилизационного типа. Котел-утилизатор. Устройство горизонтального котла-утилизатора. По назначению ПТУ: конденсационные и теплофикационные. По количеству рабочих тел в ПТУ: бинарные и монарные.

#### **Тема 4. Бинарные ПТУ**

ПТУ со сбросом выходных газов ГТУ в энергетический котел. ПТУ с «вытеснением» регенерации. Схема ПТУ с высоконапорным парогенератором (котлом).

#### **Тема 5. Требования к паротурбинным установкам**

Экономичность, маневренность, экологичность паротурбинной установки, нормативные показатели экономичности основного и вспомогательного оборудования. Надежность работы оборудования. Комплекс мероприятий организационного и технического характера: разработка необходимого комплекта должностных инструкций; правила технической эксплуатации и других нормативных документов.

#### **Тема 6. Тепловые схемы котельных установок**

Двухконтурный барабанный котел-утилизатор вертикального (башенного) типа. Система рециркуляции конденсата. Система многократной принудительной циркуляции воды в испарителях котла. Система деаэрации конденсата в деаэрационной установке.

### **5.1.2 Перечень тем исследовательских работ**

Целью исследовательских работ является проведение анализа конструктивных схем различных видов паротурбинных установок, поиск аналогичных реальных изделий и изучение найденных конструкций.

1. Конструкция паровой турбины.
2. Тепловая схема котельной установки.
3. Конструкция котла-утилизатора.
4. Конденсационная установка.
5. Конструкция конденсатора.

### **5.1.3 Курсовой проект (курсовая работа)**

Не предусмотрены.

### **5.1.4 Реферат**

Реферат не предусмотрен

### **5.1.5 Расчетно-графические работы**

Расчетно-графические работы не предусмотрены

## **5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем; отработка командных навыков взаимодействия; развитие творческих навыков по управлению инновациями через разработку и реализацию проектов.

Проведение лабораторных работ основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

## **6 Фонд оценочных средств дисциплины**

### **6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных, лабораторных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

### **6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- тестирование (модуль 1, 2, 3);
- защита лабораторных работ (модуль 2, 3);
- защита исследовательской работы (модуль 3).

### **6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

#### **Зачёт**

Зачет по дисциплине выставляется по итогам проведенного промежуточного контроля и при выполнении заданий всех практических занятий, самостоятельной работы и исследовательской работы.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

## 6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

| Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)                                                                                                                   | Вид контроля |    |    |    |    |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|----|----|----|-------------|
|                                                                                                                                                                        | ТК           | РК | ПЗ | ЛР | ИР | Дифф. зачет |
| <b>Усвоенные знания</b>                                                                                                                                                |              |    |    |    |    |             |
| <b>Знает:</b><br>– основные параметры физических процессов в паротурбинных установках и конструктивные особенности основных элементов паротурбинных установок (ОПК-3); | +            |    |    |    |    | +           |
| – основные законы термодинамики для определения параметров в паротурбинных установках (ОПК-3);                                                                         | +            |    |    |    |    | +           |
| – основные элементы проточной части паротурбинной установки (ПСК-1).                                                                                                   | +            |    |    |    |    | +           |
| <b>Освоенные умения</b>                                                                                                                                                |              |    |    |    |    |             |
| <b>Умеет:</b><br>– выполнять расчеты по определению основных характеристик паротурбинных установок и проводить анализ полученных результатов (ОПК-3);                  |              | +  | +  | +  | +  | +           |
| – применять теоретические основы термодинамики для определения параметров в паротурбинных установках (ОПК-3);                                                          |              | +  | +  | +  | +  | +           |
| – проводить проектировочный расчет конструктивной схемы паротурбинной установки (ПСК-1).                                                                               |              |    | +  | +  | +  | +           |
| <b>Приобретенные владения</b>                                                                                                                                          |              |    |    |    |    |             |
| <b>Владеет:</b><br>– навыками конструктивного исполнения паротурбинных установок с использованием САПР Компас (ОПК-3);                                                 |              | +  | +  | +  | +  | +           |
| – навыками определения рабочих процессов в паротурбинной установке (ОПК-3);                                                                                            |              |    | +  | +  | +  | +           |
| – навыками навыком определения основных параметров цикла паротурбинных установок (ПСК-1).                                                                              |              |    | +  | +  | +  | +           |

ТК – текущий контроль в форме контрольных работ (оценка знаний);

РК – промежуточный (рубежный) контроль по модулю в форме контрольных работ (оценка знаний и умений);

ИР – исследовательская работа (оценка умений и владений);

ПЗ – выполнение практических занятий с подготовкой отчёта (оценка умений и владений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и владений).

## 7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

| Виды работ                         | Распределение часов по учебным неделям |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | Итого,<br>ч |
|------------------------------------|----------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-------------|
|                                    | 24                                     | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 |   |             |
| Разделы                            | Р1                                     |    |    |    | Р2 |    |    |    |    |    | Р3 |    |    |    |    |    |    |    |   |             |
| Лекции                             | 1                                      | 1  | 1  | 2  |    | 2  |    | 2  |    |    | 2  |    | 2  |    | 1  |    |    |    |   | 14          |
| Практические занятия               |                                        |    |    |    | 4  |    | 4  |    | 4  |    |    | 4  |    | 2  |    |    |    |    |   | 18          |
| Лабораторные работы                |                                        |    |    |    |    |    |    |    |    | 4  |    |    | 4  |    | 1  |    |    |    |   | 9           |
| КСР                                |                                        |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    | 2 | 4           |
| Подготовка к практическим занятиям |                                        | 2  |    |    |    |    | 2  | 2  | 1  |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  |   | 16          |
| Подготовка к лабораторным работам  |                                        |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    | 2  |    | 3  |    | 2  |    | 2  |   | 11          |
| Изучение теоретического материала  | 4                                      | 3  | 3  | 4  |    |    |    |    | 2  | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |   | 18          |
| Исследователь. работа              |                                        |    |    |    |    | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  |   | 18          |
| Курсовая работа                    |                                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |             |
| Модули                             | М1                                     |    |    |    | М2 |    |    |    |    |    | М3 |    |    |    |    |    |    |    |   |             |
| Контрольное тестирование           |                                        |    |    | +  |    |    |    |    |    | +  |    |    |    |    |    |    |    | +  |   |             |
| Дисциплинар-ный контроль           |                                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | Дифф. зачет |

## 8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                 |                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Б1.В.08</b><br><b>Паротурбинные установки</b><br><small>(индекс и полное название дисциплины)</small> | <b>Блок 1. Дисциплины (модули)</b><br><small>(блок)</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                 |                                                                                                             |
|                                                                                                          | <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> обязательная<br/> <input type="checkbox"/> по выбору студента             </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <input type="checkbox"/> базовая часть блока<br/> <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть блока             </td> </tr> </table> | <input checked="" type="checkbox"/> обязательная<br><input type="checkbox"/> по выбору студента | <input type="checkbox"/> базовая часть блока<br><input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть блока |
| <input checked="" type="checkbox"/> обязательная<br><input type="checkbox"/> по выбору студента          | <input type="checkbox"/> базовая часть блока<br><input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть блока                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                 |                                                                                                             |

|                                                     |                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>13.03.03</b><br><small>(код направления)</small> | <b>Энергетическое машиностроение,<br/>профиль «Газотурбинные и паротурбинные<br/>установки и двигатели»</b><br><small>(полное название направления подготовки)</small> |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                  |                       |                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |            |                                     |          |                          |         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |       |                          |         |                          |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------------------------------|----------|--------------------------|---------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|---------|--------------------------|--------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>ЭМ/ГПУД</b><br/> <small>(аббревиатура направления)</small> </div> | Уровень<br>подготовки | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>специалист</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>бакалавр</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>магистр</td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> | специалист | <input checked="" type="checkbox"/> | бакалавр | <input type="checkbox"/> | магистр | Форма<br>обучения | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>очная</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>заочная</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>очно-заочная</td></tr> </table> | <input checked="" type="checkbox"/> | очная | <input type="checkbox"/> | заочная | <input type="checkbox"/> | очно-заочная |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                         | специалист            |                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |            |                                     |          |                          |         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |       |                          |         |                          |              |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                              | бакалавр              |                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |            |                                     |          |                          |         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |       |                          |         |                          |              |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                         | магистр               |                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |            |                                     |          |                          |         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |       |                          |         |                          |              |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                              | очная                 |                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |            |                                     |          |                          |         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |       |                          |         |                          |              |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                         | заочная               |                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |            |                                     |          |                          |         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |       |                          |         |                          |              |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                         | очно-заочная          |                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |            |                                     |          |                          |         |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                     |       |                          |         |                          |              |

|                                                                        |            |          |                      |           |
|------------------------------------------------------------------------|------------|----------|----------------------|-----------|
| <u>2016</u><br><small>(год утверждения<br/>учебного плана ООП)</small> | Семестр(ы) | <u>6</u> | Количество групп     | <u>1</u>  |
|                                                                        |            |          | Количество студентов | <u>10</u> |

|                                                                                     |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <u>Петрова Елена Николаевна</u><br><small>(фамилия, инициалы преподавателя)</small> | <u>доцент</u><br><small>(должность)</small>                  |
| <u>Аэрокосмический</u><br><small>(факультет)</small>                                |                                                              |
| <u>РКТЭС</u><br><small>(кафедра)</small>                                            | <u>89128813739</u><br><small>(контактная информация)</small> |

Карта книго-  
обеспеченности  
в библиотеку сдана

**8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы,  
необходимой для освоения дисциплины**

| №                                                                                                                         | Библиографическое описание<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, кол-во страниц)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Количество<br>экземпляров<br>в библиотеке |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>1. Основная литература</b>                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| 1                                                                                                                         | Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 579 с.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 11                                        |
| 2                                                                                                                         | Цанев С.В. Тепловые электрические станции. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 465 с.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 9                                         |
| <b>2. Дополнительная литература</b>                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| 1                                                                                                                         | Алхутов М.С. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы – М.: Изд-во МЭИ, 2000, 2007 – 527 с.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 12                                        |
| <b>2.2. Периодические издания</b>                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| Не предусмотрены                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| Не предусмотрены                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| <b>2.4. Официальные издания</b>                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| Не предусмотрены                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| <b>2.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети<br/>«Интернет», необходимых для освоения дисциплины</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
| 1                                                                                                                         | Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: <a href="http://elib.pstu.ru/">http://elib.pstu.ru/</a> . – Загл. с экрана.                                                           |                                           |
| 2                                                                                                                         | Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана. |                                           |
| 3                                                                                                                         | Консультант Плюс [Электронный ресурс: справочная правовая система: документы и комментарии: универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992. – Режим доступа: Компьютер. сеть Научн. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный                                                                                                                                                                |                                           |

Основные данные об обеспеченности на

22.03.2017

(дата одобрения рабочей программы на  
заседании кафедры)

Основная литература

☒

обеспечена

☐

не обеспечена

Дополнительная литература

☒

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата контроля литературы)

Основная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Дополнительная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

### 8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

#### 8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

| № п/п | Вид учебного занятия | Наименование программного продукта     | Рег. номер | Назначение                                              |
|-------|----------------------|----------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------|
| 1.    | Практические занятия | Microsoft Office, САПР КОМПАС, Mathcad |            | Проведение расчётов и оформление текстовой документации |
| 2.    | Лабораторные работы  |                                        |            |                                                         |

#### 8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

| Вид аудио-видео пособия |            |        |               | Наименование учебного пособия                                                     |
|-------------------------|------------|--------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| теле-фильм              | кино-фильм | слайды | аудио-пособие |                                                                                   |
|                         | +          | +      |               | Учебное видео по теплоэнергетике. Паровые турбины.<br>Конструкция паровых турбин. |

### 9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

#### 9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

| № п.п. | Помещения                                        |                          |                 | Площадь (м <sup>2</sup> ) | Количество посадочных мест |
|--------|--------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|
|        | Название                                         | Принадлежность (кафедра) | Номер аудитории |                           |                            |
| 1      | Аудитория оборудованная проектором и компьютером | РКТЭС                    | 304, к. Д       | 72                        | 42                         |
| 2      | Учебная лаборатория                              | АД                       | 111             | 108                       | 18                         |
| 3      | Компьютерный класс                               | РКТЭС                    | 314, к. Д       | 72                        | 12                         |

## 9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

| <b>№ п.п.</b> | <b>Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)</b> | <b>Кол-во, ед.</b> | <b>Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)</b> | <b>Номер аудитории</b> |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1             | Персональный компьютер IBM PC                                      | 15                 | оперативное управление                                                                    | 304, 314, к. АКФ       |
| 2             | Видеопроектор Medium 524 P                                         | 1                  | оперативное управление                                                                    | 304, к. АКФ            |
| 3             | Экран                                                              | 1                  | оперативное управление                                                                    | 304, к. АКФ            |

### Лист регистрации изменений

| №<br>п/п | Содержание изменения | Дата,<br>номер протокола<br>заседания кафедры.<br>Подпись заведующего<br>кафедрой |
|----------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                    | 3                                                                                 |
| 1        |                      |                                                                                   |
| 2        |                      |                                                                                   |
| 3        |                      |                                                                                   |
| 4        |                      |                                                                                   |
| 5        |                      |                                                                                   |
| 6        |                      |                                                                                   |