

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

11.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

М.1.2.2 Паротурбинные, газотурбинные и парогазовые установки

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
(специальность)

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация выпускника

Магистр

(бакалавр/магистр/специалист)

Программа магистратуры

Технология производства электрической и тепловой  
энергии

Курс 1  
Семестр 1

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	144 / 4	часов/зачетных единиц
Лекции	-	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	30	часов
Иная контактная работа	2	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	32	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	112	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	1	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Программу составили:

зав.кафедрой с ученой степенью кандидата наук и ученым званием "доцент"	ЭП	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра "Энергообеспечение предприятий"

(наименование кафедры)		
24.01.2024	протокол №	5
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Ю.А. Горинов, Начальник цеха Тепловых сетей МУП "Йошкар-Олинская ТЭЦ-1"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ДПК-3 Способность к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах	ДПК-3.1 Определяет потребности производства в топливно-энергетических ресурсах	<b>знания:</b> Знает теоретические основы определения потребностей производства в топливно-энергетических ресурсах <b>умения:</b> Умеет определять потребности производства в топливно-энергетических ресурсах <b>навыки:</b> Имеет навыки определения потребностей производства в топливно-энергетических ресурсах
	ДПК-3.2 Участвует в обосновании мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода	<b>знания:</b> Знает мероприятия по экономии энергоресурсов, разработке норм их расходов <b>умения:</b> Умеет обосновывать мероприятия по экономии энергоресурсов, разработке норм их расходов <b>навыки:</b> Имеет навыки обоснования мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расходов
	ДПК-3.3 Рассчитывает потребности производства в энергоресурсах	<b>знания:</b> Знает теоретические основы расчета потребностей производства в энергоресурсах <b>умения:</b> Умеет рассчитывать потребности производства в энергоресурсах <b>навыки:</b> Имеет навыки расчета потребностей производства в энергоресурсах

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является элективной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Проектирование паровых и газовых турбин (ДПК-3), Энергосбережение и ресурсосбережения в теплоэнергетике (ДПК-3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Водно-химические режимы теплоэнергетических установок (ДПК-3), Трансформаторное оборудование (ДПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ДПК-3)

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, практические занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, информационные

#### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 1 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Паротурбинные установки</b>	<b>71</b>	ДПК-3
Практическое занятие. Теоретические основы работы паротурбинных установок	5	
Практическое занятие. Конструкции паротурбинных установок	5	
Практическое занятие. Расчет термодинамического цикла паросиловой установки	2	
Практическое занятие. Показатели эффективности работы паротурбинных установок	3	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР		
Подготовка к занятиям, изучение теоретического материала, подготовка РГР	56	
<b>Газотурбинные установки, парогазовые установок</b>	<b>71</b>	ДПК-3
Практическое занятие. Теоретические основы работы газотурбинных установок	5	
Практическое занятие. Конструкции газотурбинных установок	5	
Практическое занятие. Расчет термодинамического цикла газотурбинной установки	2	
Практическое занятие. Показатели эффективности работы газотурбинной установки	3	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение РГР		
Подготовка к занятиям, изучение теоретического материала, подготовка РГР	56	
Иная контактная работа: дифференцированный зачет (БРК), зачет	2	

#### Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины (модуля) рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности. Подготовка к занятиям **семинарского типа** включает ознакомление с планом практического (лабораторного) занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины (модуля). Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины (модуля), оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины

(модуля), к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины (модуля) включает выполнение расчётно-графической работы, контрольной работы.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины (модуля).

Формой промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) является балльно-рейтинговый контроль.

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий: [учеб. пособие для студентов специальности "Пром. теплоэнергетика" / Ф. Р. Габитов и др.]. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010 г. - 23 с.	46
2.	Тепломассообменное оборудование предприятий: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальности "Пром. теплоэнергетика", бакалавров и магистрантов направления "Теплоэнергетика и теплотехника" / ФГБОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т". - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012 г. - 46 с.	66 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Marjashev_Teplomassobmennoe_oborudovanie_predpriyatij.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Marjashev_Teplomassobmennoe_oborudovanie_predpriyatij.pdf</a>
3.	Цанев, Стефан Васильевич. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 650800 "Теплоэнергетика", специальности 100500 "Тепловые электр. станции" по дисциплинам "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" и "Тепловые и атомные электр. станции" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; под ред. С. В. Цанева. М.: Изд-во МЭИ, 2002. - 573 с. ISBN 5-7046-0739-X. Экземпляры: всего 10.	10
4.	Тепловые электрические станции [Текст] : [учеб. для студентов вузов по специальности "Тепловые электр. станции" направления "Теплоэнергетика"] / [В. Д. Буров [и др.] ; под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева. 3-е изд., стер. М.: МЭИ, 2009. - 464, [1] с. ISBN 978-5-383-00404-3. Экземпляры: всего 19.	19
5.	Турбины тепловых и атомных электрических станций [Текст] : учебник для вузов по специальности "Тепловые электр. станции" / [Костюк А. Г., Фролов В. В., Булкин А. Е., Трухний А. Д.] ; под ред. А. Г. Костюка, В. В. Фролова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МЭИ, 2001. - 487 с. ISBN 5-7046-0844-2. Экземпляры: всего 19.	19

6.	Дерюгин, В. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Дерюгин В. В., Васильев В. Ф., Уляшева В. М.; Дерюгин В. В., Уляшева В. М. 6-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 240 с. ISBN 978-5-507-46436-4.	<a href="https://e.lanbook.com/book/310160">https://e.lanbook.com/book/310160</a>
<b>ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ</b>		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	<a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>
<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ</b>		
1.	Справочно-правовая система Консультант+	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>
2.	Информационно-правовой портал Гарант	<a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>
3.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	<a href="http://www.cntd.ru">http://www.cntd.ru</a>

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	125 (I)	Дискретный выход с ШИМ 8каналов (1), Клапан ДУ 50 (1), КОМПЛЕКС Д/ИЗМ ДАВЛ (1), Модуль аналогового ввода 16разрядный 16каналов (1), Накладные датчики КУРСВ-010М (1), ПЕЧЬ МУФЕЛЬНАЯ (1), Соединительный узел с FP-СВ-11/778618-11 (1), Типовой комплект учебного оборудования "Автоматика систем теплоснабжения и вентиляции" АТГСВ-16-11ЛР-01 (1)	Microsoft Windows Enterprise, Агент Dr. Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, Microsoft Office Standard

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может	удовлетворительно

	допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

#### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

#### 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. Для характеристики работы системы регулирования целесообразно пользоваться зависимостью изменения числа оборотов от мощности  $n=f(W)$ , так называемой

А) статической характеристикой регулирования турбины.

В) обратной связью.

С) степенью неравномерности.

Д) степенью нечувствительности.

Е) нет правильного ответа.

2. Более чувствительными, чем механические регуляторы, являются

- A) регуляторы с гидродинамическими датчиками.
- B) сервомоторы.
- C) автоматический стопорный клапан.
- D) поршень сервомотора.
- E) шток регулирующего клапана.

3. В современных паровых турбинах предусмотрена система защиты:

- A) от повышения частоты вращения (числа оборотов).
- B) от понижения давления масла.
- C) от осевого сдвига ротора.
- D) A) B) C).
- E) нет правильного ответа.

4. Защита от увеличения числа оборотов прекращает подачу пара в турбину при повышении частоты вращения сверх номинальной на ...

- A) 11-12%.
- B) 15-18%.
- C) 3-5%.
- D) 7-8%.
- E) 8-10%.

5. Схема какой турбины представлена на рисунке?

- A) Турбина с одним регулируемым отбором пара
- B) Турбина с двумя регулируемыми отборами пара
- C) Конденсационная турбина с нерегулируемыми отборами
- D) Турбина с промежуточным подводом пара
- E) Турбин с противодавлением

6. Коэффициентом возврата теплоты определяет ...

- A) долю потерь, которая не может быть использована в последующих ступенях турбины.
- B) долю потерь, которая может быть использована в последующих ступенях турбины.
- C) долю потерь, которая снижает КПД ступени.



Д) дополнительные потери.

Е) увеличение теплоперепарда.

7. Для предотвращения появления избыточного давления в системе смазки устанавливается специальный ...

А) автоматический стопорный клапан.

В) масляный турбонасос.

С) дроссельный клапан.

Д) предохранительный клапан.

Е) золотниковая втулка.

8. С повышением температуры питательной воды в значительных пределах происходит:

А) ухудшение тепловой экономичности турбоустановки;

В) ухудшение тепловой экономичности энергоблока;

С) уменьшение расхода топлива;

Д) увеличение расхода топлива;

Е) снижение КПД.

9. По цели использования энергетические турбины служат:

А) для привода электрического генератора, включенного в энергетическую систему, и отпуска теплоты.

В) для обеспечения паром различных видов технологических процессов в металлургической, химической промышленности, при производстве бумаги, сахара, тканей.

С) для обеспечения технологического процесса производства электроэнергии, например, для привода питательных насосов, воздуходувок котла и т.д.

Д) для обеспечения электроэнергией вспомогательного оборудования ТЭС.

Е) для обеспечения пикового режима работы энергосистемы.

10. Устройство для изменения числа оборотов турбин называют

А) синхронизатор.

В) автоматическим стопорным клапаном.

С) асинхронизатор.

Д) сервомотором.

Е) золотником сервомотора.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Принципиальная схема ГТУ, изображение цикла ГТУ в T-S координатах.
  2. Применение I начала термодинамики при расчете параметров во входном устройстве, компрессоре, регенераторе, камере сгорания газовой турбины и выходном диффузоре.
  3. Термодинамический расчет входного устройства и компрессора.
  4. Термодинамический расчет камеры сгорания.
  5. Термодинамический расчет газовой турбины.
  6. Температура рабочего тела за компрессором при известном политропическом КПД.
  7. Температура рабочего тела за турбиной при известном политропическом КПД.
  8. Регенеративная ГТУ.
  9. ГТУ с промежуточным охлаждением в процессе сжатия.
  10. ГТУ с промежуточным подогревом в процессе расширения.
  11. ГТУ по циклу Зотикова.
  12. ГТУ по циклу Уварова.
  13. Парогазовые установки.
  14. Газопаровые установки
1. Принципиальная схема камеры сгорания.
  2. Основные параметры камер сгорания.
  3. Принципы организации рабочего тела в камере сгорания.
  4. Классификация камер сгорания.
  5. Уравнение материального баланса в камере сгорания.
  6. Уравнение теплового баланса в камере сгорания.
  7. Характеристики камер сгорания
  8. Параметры технического состояния камер сгорания
  9. Классификация теплообменных аппаратов
  10. Основные расчетные соотношения при проектировании теплообменных аппаратов
  11. Расчет регенератора

12. Расчет воздухоохладителя ГТУ
  13. Гидравлические потери в теплообменных аппаратах ГТУ
  14. Параметры технического состояния ГТУ по диспетчерским данным
  15. Работа ГТУ на режимах частичной мощности
1. Технологическая схема КС.
  2. Газотурбинный привод нагнетателей природного газа.
  3. Вспомогательное оборудование ГТУ.
  4. Эксплуатационные характеристики ГТУ на КС.
  5. Изменение параметров ГТУ при изменении параметров окружающей среды.
  6. Производительность газопровода.
  7. Влияние температурных параметров на особенности эксплуатации ГТУ.
  8. Конструктивные схемы и термодинамические параметры парогазовых установок.
  9. Комбинированные двигатели внутреннего сгорания.
  10. Перспективы развития тепловых двигателей.
1. История создания паровой турбины
  2. Одноступенчатые активные турбины
  3. Реактивные турбины
  4. Многоступенчатые активные турбины
  5. Радиальные турбины
  6. Краткие сведения о развитии турбостроения
  7. Классификация паровых турбин
  8. Маркировка паровых турбин
  9. Понятие о паротурбинной установке
  10. Изменение состояния водяного пара
  11. Тепловой процесс в ступени паровой турбины
  12. Классификация потерь в турбинах
  13. Тепловой процесс в паровой турбине на  $h-s$  диаграмме
  14. Коэффициент полезного действия паровой турбины
1. Требования к устройству паровой турбины
  2. Материалы деталей турбин
  3. Основные элементы (детали) паровой турбины
  4. Конденсационные устройства паровых турбин
  5. Система смазки

6. Система регулирования и управления турбиной
7. Система защиты турбины
8. Основы выбора конструкции турбины
9. Отечественные паровые турбины
10. Паровые турбины зарубежных фирм
11. Конструкции турбин для атомных электростанций