



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры ТиЭС, д-р. техн. наук

 С.В. Картавец

Рецензент:  
зам.начальника ЦЭСТ ПАО "ММК" , канд. техн.наук

 В.Н. Михайловский



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры ТиЭС, д-р техн. наук \_\_\_\_\_ С.В.  
Картавцев

Рецензент:  
зам. нач. ЦЭСТ ПАО "ММК" , канд. техн. наук \_\_\_\_\_ В.Н.  
Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение законов сохранения и превращения энергии, применительно к системам пе-редачи и трансформации теплоты, в том числе при химических превращениях;
- знакомство будущих бакалавров с типовыми конструкциями, принципами работы, современным состоянием и перспективами развития, особенности эксплуатации тепловых двигателей и нагнетателей.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Тепловые двигатели входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Тепломассообмен  
Гидрогазодинамика  
Техническая термодинамика  
Математика  
Физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная-технологическая практика  
Надежность и испытания теплоэнергетического оборудования  
Тепловые электрические станции  
Теплоэнергетические системы промышленных предприятий  
Источники и системы теплоснабжения

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Тепловые двигатели» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 72 акад. часов;
- аудиторная – 68 акад. часов;
- внеаудиторная – 4 акад. часов
- самостоятельная работа – 0,3 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Раздел. Газовые турбины								
1.1 Введение. Общие сведения о тепловых двигателях и нагнетателях в промышленной энергетике. Теоретические основы по-строения нагнетателей тепловых двигателей.	6	4		4	0,3	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 1 (1 - 3).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
1.2 Тепловые схемы простейших ГТУ. ГТУ с регенерацией. ГТУ со ступенчатым сжатием и ступенчатым сгоранием. Сложные и многовальные ГТУ. Замкнутые ГТУ. Основы расчета ГТУ. Области применения		4		4		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 1 (4 - 6).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
1.3 Компрессоры ГТУ. Камеры сгорания ГТУ. Типы и конструктивные схемы камер сгорания. Особенности сжигания топлива. Теплообменные аппараты ГТУ.		4		4		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 1 (7 - 9).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
1.4 Газовые турбины ГТУ. Конструктивные схемы и начальные параметры газов. Проточная часть и элементы конструкции		4		4		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П.6.1 Раздел 1 (10-13).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		16		16	0,3			
2. 2. Раздел. Паровые турбины								

2.1 Тепловой процесс турбинной ступени. Расширение пара в сопловых и направляющих каналах. Преобразование энергии потока пара на рабочих лопатках. Потери в ступенях турбины.	6	2		2		Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, ката-логами, словарями, энциклопедиями ). Приложение 1. П.6.1 Раздел 2 (1 - 13).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
2.2 Многоступенчатые паровые турбины. Тепловой процесс многоступенчатой турбины. Предельные и единичные мощности турбин. Тепловая регенерация.		2		2		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 2 (14-25).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
2.3 Конденсационные турбины с регулируемыми отборами пара. Турбины с противодавлением и регулируемыми отборами		2		2		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 2 (26-35).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
2.4 Конденсационные устройства паровых турбин. Элементы конструкции конденсатора. Конструкции конденсаторов поверхностного типа. Тепловой расчет конденсатора.		2		2		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 2 (36-50). Задачи п. 6.2.	Наличие конспектов лекций, наличие решенных задач	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		8		8				
3. 3. Раздел. Двигатели внутреннего сгорания.								
3.1 Основные сведения о ДВС. Принципиальные схемы. Термодинамические циклы ДВС. Действительные циклы ДВС. Сжатие, сгорание и расширение в двигателе. Тепловой баланс двигателя.	6	4		4		Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, ката-логами, словарями, энциклопедиями ). Приложение 1. П. 6.1 Раздел 3 (1 -8).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
3.2 Общие принципы и устройство ДВС. Конструкции ДВС. Топливо и термохимия процессов сгорания. Физико-химические свойства топлива. Термохимия процессов сгорания.		2		2		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П.6.1 Раздел 3 (9 - 18).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2

3.3 Дизельные двигатели. Термодинамические циклы. Конструкции.		2		2		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 3 (19-24).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
3.4 Роторные двигатели. Двигатели внешнего сгорания. Реактивные двигатели.		2		2		Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 3 (25-30).	Наличие конспектов лекций. Сдача лабораторных работ (устный опрос).	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		10		10				
Итого за семестр		34		34	0,3		экзамен	
Итого по дисциплине		34		34	0,3		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. При организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии курса лекций, лабораторного практикума.

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Тепловые двигатели» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии:

1. Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, для чего при проведении отдельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии курса лекций и расчетно-графической работы.

2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на практических и лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

3. Case-study - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в соответствующей области профессиональной деятельности, и поиск вариантов лучших решений.

4. Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей и их группировка в контексте решаемой задачи.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Ляшков, В. И. Нагнетатели, тепловые двигатели и термотрансформаторы в системах энергообеспечения предприятий : учеб. пособие / В.И. Ляшков. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 218 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/22122](http://www.dx.doi.org/10.12737/22122). - ISBN 978-5-16-012314-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/942815> .

2. Трухний А.Д., Тихоходные паровые турбины атомных электрических станций : учебное пособие для вузов / Трухний А.Д. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01106-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011065.html> - Режим доступа : по подписке.

**б) Дополнительная литература:**

1. Костюк А.Г., Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов / Костюк А.Г. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01157-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html>

2. Костюк А.Г., Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций : учебник для вузов / А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01400-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>

3. Цанев С.В., Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. - 3-е изд., стереот. - М. : МЭИ, 2020. - ISBN 978-5-383-01424-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014240.html>

**в) Методические указания:**

1. Морозов А.П. Изучение конструкций паровых и газовых турбин по атласам и на натуральных образцах: методические указания. Магнитогорск: МГТУ, 2011. 12 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный концорциум» (НИ НЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ:

- лаборатория топлива и химводоподготовки:

- автоматическая насосная станция OASIS; дизельная электростанция ДХМ-30; макет газотурбинной установки; микроскоп; плакаты, каталоги и атласы по темам практических занятий «Конструкции паровых турбин», «Конструкции газовых турбин».

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: - доска, мел.

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся:

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### 6.1. Темы к лекционным разделам

#### Раздел 1

1. Какие потери имеют место в ГТУ и от чего они зависят? 1 Задача. Рассчитать базовые температуры цикла ГТУ для оптимальной степени сжатия и температуры ТЗ из интервала 1200 – 1500 С°.

2. Что такое степень регенерации, от чего зависит и как определяется ее величина в ГТУ?

2 Задача. Рассчитать количество подводимой теплоты в цикле и расход топлива. Топливо – природный газ.

3. Опишите схему и цикл ГТУ с двухступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением воздуха и двухступенчатым подогревом газа. 3 Задача. Рассчитать количество и состав рабочего тела в цикле ГТУ.

4. Что достигается путем ступенчатого сжатия воздуха с промежуточным его охлаждением? 4 Задача. Рассчитать мощность ГТУ и расход топлива в соответствии с потребляемой мощностью объекта энергоснабжения.

5. Чем лимитируется предельная единичная мощность ГТУ открытого типа?

5 Задача. Рассчитать основные параметры паротурбинного цикла после ГТУ при давлении 12,5 МПа и в зависимости от температуры отходящих газов ГТУ.

6. Что достигается путем промежуточного подогрева газа в ГТУ?

6 Задача. Определить общую энергетическую эффективность цикла ПТУ.

7. Укажите способы повышения экономичности ГТУ.

8. Опишите схему парогазовой установки с высоконапорным парогенератором. Укажите ее достоинства.

9. Почему парогазовая установка имеет более высокий к. п. д. по сравнению с паротурбинными и газотурбинными установками?

10. Чем определяется начальная температура газа перед газовой турбиной и какие существуют методы повышения ее?

11. Чем вызвана необходимость в сложных и многовальных ГТУ?

12. Опишите схему ГТУ закрытого типа. Укажите ее достоинства, недостатки, области применения и перспективы развития.

13. Какие основные особенности имеют газовые турбины по сравнению с паровыми.

14. Как осуществляется регулирование мощности ГТУ?

#### Раздел 2

1. В каких областях техники используются паровые турбины и какие они имеют преимущества, по сравнению с другими тепловыми двигателями?

2. В чем принципиальное различие турбин активного и реактивного типа?

3. Кто является изобретателем основных типов паровых турбин?

4. Что представляет собой паротурбинный агрегат?

5. В чем преимущества регенеративного цикла Ренкина (по КПД и экономичности)?

6. Приведите закономерности расширения пара в суживающихся и расширяющихся соплах.

7. Каковы особенности расширения пара в косом срезе сопла?

8. Опишите суживающиеся и расширяющиеся сопла с косым срезом и процесс расширения в них пара в  $h-s$ -диаграмме.
9. Как определяется расход пара через сопло?
10. Опишите турбины с реактивностью на рабочих лопатках и их тепловой процесс в  $h-s$ -диаграмме.
11. Какие требования предъявляются к конструкции проточной части турбин с реактивностью на рабочих лопатках?
12. Опишите реактивные турбины, особенности их конструкций и тепловой процесс на ее ступенях.
13. Приведите алгоритм построения треугольников скоростей.
14. Как определяются внутренние потери и наносятся на  $h-S$  – диаграмму процесса расширения пара?
15. Что такое относительный лопаточный КПД ступени?
16. Что такое относительный внутренний КПД ступени?
17. Из каких уравнений определяются размеры сопел и лопаток?
18. Как строится тепловой процесс многоступенчатой турбины в  $h-S$  диаграмме?
19. Что такое коэффициент возврата теплоты?
20. Предельные мощности турбины и обоснования их конструктивного выполнения.
21. С какой целью используются схемы канализации пара?
22. Опишите принципиальную тепловую схему турбоустановки с регенеративными отборами пара и деаэратором, и изобразите ее тепловой процесс в  $h-s$ -диаграмме.
23. В чем преимущество турбин с отборами пара на регенерацию?
24. Привести схему и алгоритм расчета ПТУ с регулируемым отбором пара.
25. Привести схему и алгоритм расчета ПТУ с противодавлением.
26. Какие применяются схемы парораспределения, их преимущества и недостатки?
27. Как распределяются давление и расход пара в ступенях турбины при переменном режиме работы?
28. Как изменяется давление пара в ступенях турбины при уменьшении расхода пара через нее?
29. Какие схемы регулирования применяются в турбинах? Их назначение?
30. Как осуществляется регулирование мощности турбин?
31. Что такое синхронизатор и для чего он используется?
32. Как строится статическая характеристика регулирования и ее показатели?
33. Что такое осевое давление в реактивной турбине? Способы уравновешивания осевого давления.
34. Какое значение имеют защитные устройства, применяемые в паровых турбинах.
35. Какие схемы автоматической защиты используются на турбинах?
36. В чем заключаются особенности параллельной работы турбин?
37. Для чего применяется система маслоснабжения турбин?
38. Перечислите турбостроительные заводы России, изготавливающие стационарные тепловые турбины.
39. Расшифруйте обозначение турбины ПТ-60/80-12,8/1,3-2.
40. Приведите алгоритм выбора паровой турбины.
41. Каково назначение и состав конденсационной установки?
42. Опишите конструкцию и принципиальные схемы конденсационных устройств. Какие типы конденсаторов вам известны? Дайте их краткую характеристику.
43. От чего зависит давление в конденсаторе?
44. Привести особенности конструкций конденсаторов.
45. Какое значение имеют анкерные распорные связи в конденсаторах поверхностного типа?
46. Укажите способы крепления конденсаторных трубок. Какими средствами добиваются их безупречной плотности?

47. Почему охлаждающие трубки в конденсаторах, в пределах пучка, располагаются по определенному способу и для чего это делается?

48. Опишите конденсаторы с встроенными теплофикационными пучками и принцип их работы.

49. Какие расчеты выполняются при проектировании конденсаторов?

50. Как и с помощью чего создается разрежение в паровом пространстве конденсатора?

### Раздел 3

1. Какие преимущества и недостатки у двигателей внутреннего сгорания?

2. По каким признакам классифицируются двигатели внутреннего сгорания?

3. Чем отличаются устройство и принцип работы двухтактных двигателей от четырехтактных?

4. Какие имеются способы повышения мощности двигателей внутреннего сгорания?

5. Какие сорта топлива применяются для дизелей и какие - для карбюраторных двигателей?

6. Что характеризует октановое число топлива?

7. Назовите существующие циклы двигателей внутреннего сгорания и укажите, какие типы двигателей работают по каждому из этих циклов.

8. Что такое детонация, и как она влияет на работу двигателя?

9. Какие процессы происходят с рабочим телом при работе двигателя?

10. Как определяется температура конца пламенного сгорания в цилиндре двигателя внутреннего сгорания?

11. Что называется средним индикаторным давлением, и как оно определяется?

12. Что называется индикаторной и эффективной мощностями двигателя, и как они определяются?

13. Какими коэффициентами полезного действия оценивается экономичность работы двигателя, и как они определяются?

14. Из каких составляющих складывается тепловой баланс двигателя внутреннего сгорания.

15. Из каких систем и узлов состоят двигатели внутреннего сгорания?

16. Опишите систему топливоподачи дизелей.

17. Как регулируется количество подаваемого топлива в камеру сгорания дизеля?

18. Чем отличается закрытая форсунка от открытой?

19. Как осуществляется смесеобразование в дизелях?

20. Опишите систему питания карбюраторных двигателей.

21. Опишите систему зажигания карбюраторных и газовых двигателей.

22. Опишите систему смазки двигателей.

23. Опишите систему охлаждения двигателей.

24. Опишите устройство воздушного фильтра.

25. Опишите работу газораспределительного механизма четырехтактного двигателя.

26. Как устроены турбопоршневые двигатели?

27. Назовите основные характеристики двигателей внутреннего сгорания. Что они выявляют?

28. Опишите скоростную характеристику двигателя при работе с предельным регулятором.

29. Опишите характеристику двигателя при работе с двухрежимным и всережимным регуляторами.

30. Каким образом получают характеристики двигателей?

## 6.2. Примеры задач для контрольных работ

Задача 1. В паропроводе перед турбиной протекает пар с давлением 3,4 МПа и температурой 350 °С. Какой пар по состоянию протекает по паропроводу?

Задача 2. Определить состояние пара в конце процесса расширения, располагаемый и использованный теплоперепады турбины, если параметры пара  $p_0 = 10$  МПа,  $t_0 = 510$  °С,  $p_k = 5$  кПа и  $\eta_{oi} = 0,85$ . Определить термический КПД турбоустановки.

## 7 Оценочные средства проведения промежуточной аттестации (экзамена)

## а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-1 – Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС</b>		
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов к экзамену</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация паровых турбин.</li> <li>2. Схемы, циклы и термический КПД паротурбинных установок.</li> <li>3. Особенности расширения пара в соплах паровых турбин.</li> <li>4. Особенности расширения пара в косом срезе сопла.</li> <li>5. Определение расхода пара через сопло.</li> <li>6. Закономерности преобразования энергии парового потока на рабочих лопатках.</li> <li>7. Потери в клапанах, соплах и на рабочих лопатках паровой турбины.</li> <li>8. Потери с выходной скоростью, на трение дисков, вентиляцию и выколачивание.</li> <li>9. Потери через внутренние зазоры, от влажности пара и в выпускном патрубке.</li> <li>10. Внутренние и внешние потери, КПД промежуточной ступени турбины.</li> <li>11. Определение размеров сопел и лопаток турбины.</li> <li>12. Особенности профилирования длинных лопаток.</li> <li>13. Тепловой процесс в многоступенчатой турбине.</li> <li>14. Тепловые схемы канализации пара и их применение.</li> <li>15. Особенности проектирования паровых турбин.</li> <li>16. Режимы работы паровых турбин.</li> <li>17. Параметры в ступенях турбин при переменном режиме.</li> <li>18. Регулирование паровых турбин (центробежный регулятор, синхронизатор).</li> <li>19. Статические характеристики регулирования паровых турбин.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		20. Особенности параллельной работы паровых турбин.
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования	<p><i>Перечень практических задач</i></p> <p>Задача 1. Определить удельный расход условного топлива в г/(кВт · ч) при КПД энергоблока, равном 38 %.</p> <p>Задача 2. Определить основные размеры проточной части промежуточной ступени турбины и построить для нее треугольники скоростей по следующим данным: <math>p_0 = 4</math> МПа; <math>t_0 = 410</math> °С; <math>p_2 = 3,37</math> МПа; <math>c_0 = 40</math> м/с; расход пара через ступень <math>G = 100</math> кг/с; частота вращения <math>n = 50</math> Гц.</p> <p>Задача 3. Найти предельную мощность однопоточной турбины конденсационного типа без отборов пара на регенерацию по следующим данным: <math>p_0 = 9,0</math> МПа; <math>T_0 = 808</math> К; <math>p_2 = 0,004</math> МПа и <math>n = 3000</math> об/мин. Принимаем <math>u = 330</math> м/с; <math>\xi_b = 2,5</math> %; <math>\vartheta = 2,8</math>; <math>\eta_{oi} = 0,82</math>; <math>\eta_m = 0,99</math>; <math>\eta_r = 0,98</math>. Из <i>i-S</i>-диаграммы находим <math>H_0 = 1429</math> кДж/кг и <math>v_2 = 31,0</math> м<sup>3</sup>/кг. Предельная мощность турбины по (79) <math>N_{3,пр} \approx 48</math> МВт.</p>

### б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

#### Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

