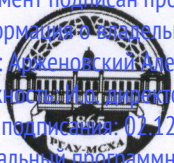


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Арженовский Алексей Григорьевич
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Дата подписания: 01.12.2025 14:52:48
Уникальный программный ключ:
3097683b38557e8e27027e8e64c5115ba3a6904



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина



_____ А.Г. Арженовский

« 06 » _____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01.02 ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И НАГНЕТАТЕЛИ

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность: Инжиниринг теплоэнергетических систем

Курс 3

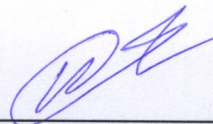
Семестр 6

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

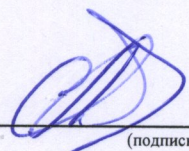
Москва, 2025

Разработчики: Канатников Ю.А., ст. преподаватель
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«16» июня 2025 г

Рецензент: Андреев С.А., д.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

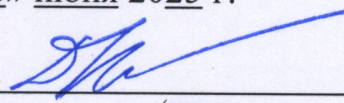

(подпись)

«16» июня 2025 г

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки: 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Программа обсуждена на заседании кафедры электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко, протокол № 17 от «16» июня 2025 г.

И.о. зав. кафедрой Нормов Д.А., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«16» июня 2025 г

Согласовано:

Председатель учебно-методической
комиссии института механики и энергетики
имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

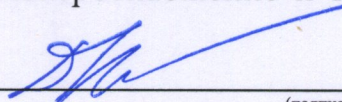
(подпись)

Протокол № 5 от «20» июня 2025 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой «Электроснабжение и теплоэнергетика имени академика И.А. Будзко»

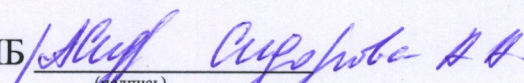
Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«16» июня 2025 г

Заведующий отделом комплектования ЦНБ


(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| АННОТАЦИЯ..... | 5 |
| 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 6 |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ..... | 6 |
| 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ..... | 6 |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 10 |
| 4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В 8 СЕМЕСТРЕ..... | 10 |
| 4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 10 |
| 4.3. ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | 13 |
| 4.4. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ | 19 |
| 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ | 19 |
| 6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 22 |
| 6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 22 |
| 6.1.1. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА (РГР)..... | 22 |
| 6.1.2. ТЕКУЩЕЕ ТЕСТИРОВАНИЕ | 23 |
| 6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ..... | 29 |
| 6.2.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕСТОВ:..... | 29 |
| 6.2.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ:..... | 29 |
| 6.2.3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ (РГР)..... | 30 |
| 6.2.4. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ | 31 |
| 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 32 |
| 7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА | 32 |
| 7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА | 32 |
| 7.3 ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ | 32 |
| 7.4 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ | 32 |
| 7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ | 32 |
| 9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)..... | 33 |
| 10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 33 |
| 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 34 |
| Виды и формы отработки пропущенных занятий..... | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ..... | 36 |
| 12.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ЧТЕНИЯ ЛЕКЦИЙ | 36 |
| 12.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ..... | 36 |
| 12.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ..... | 37 |
| 12.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО ТЕСТИРОВАНИЯ..... | 37 |

Аннотация
рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.01.02 «Тепловые двигатели и нагнетатели» для подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»», направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем»

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, позволяющих применять методы и технические средства испытаний и диагностики энергетического и тепло-технологического оборудования в области использования тепловых двигателей и нагнетателей с применением современных цифровых технологий и инструментов, официальных интернет-сайтов для выполнения производственно-технологического вида деятельности.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в часть формируемую участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профессиональный модуль Б1.В.01 дисциплина осваивается в 6 семестре.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ПКос-2 (ПКос-2.2).

Краткое содержание дисциплины:

Место тепловых двигателей и нагнетателей в системах энергоснабжения предприятий; классификация и область применения различных типов тепловых двигателей. Назначение, устройство, классификация поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Рабочий процесс поршневых ДВС. Основные параметры и характеристики ДВС. Основы теплового расчета ДВС. Идеальные и теоретические циклы ДВС, методы расчета теоретических циклов ДВС. Паровые турбины, принцип действия, основы устройства, классификация. Рабочий процесс и характеристики паротурбинной ТЭС на основе цикла Ренкина. Основы теплового расчета паровых турбин. Теплофикационные циклы паротурбинных установок. Газовые турбины, газотурбинные установки (ГТУ). Назначение, принцип действия и классификация ГТУ. Термодинамические циклы ГТУ. Пути повышения экономичности ГТУ. Расчет цикла газотурбинной установки. Назначение и общая характеристика нагнетателей, основные показатели работы нагнетателей (подача, конечное давление, потребляемая мощность), классификация нагнетателей. Принцип работы и область применения нагнетателей объемного и динамического действия. Индикаторные диаграммы поршневого компрессора, особенности конструкций поршневых компрессоров. Принцип работы, устройство и характеристики центробежных компрессоров (турбокомпрессоров) и осевых компрессоров. Область применения, рабочий процесс вентиляторов (центробежных и осевых), детандеров.

Общая трудоемкость дисциплины/в т.ч. практическая подготовка: 144 часа (4 зач. ед.)

Промежуточный контроль: экзамен, РГР.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» является формирование у обучающихся компетенций, позволяющих применять методы и технические средства испытаний и диагностики энергетического и тепло-технологического оборудования в области использования тепловых двигателей и нагнетателей с применением современных цифровых технологий и инструментов, официальных интернет-сайтов для выполнения производственно-технологического вида деятельности.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» включена в часть формируемую участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» являются дисциплины «Техническая термодинамика» (3 курс, 5 семестр), «Тепломассообмен» (3 курс, 6 семестр), «Гидрогазодинамика» (2 курс, 4 семестр), «Применение теплоты в АПК» (3 курс, 6 семестр).

Дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» является основой при подготовке студентами выпускных квалификационных работ, для активного участия в научных исследованиях и практической работе по профилю подготовки «Инжиниринг теплоэнергетических систем».

Рабочая программа дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся представлены в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

| № п/п | Код компе- тенции | Содержание компетенции (или её части) | Код и содержание индикатора достижения компетенции (или ее части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны: | | |
|----------|-------------------------|--|---|--|---|---|
| | | | | знать | уметь | владеть |
| 1 | ПКос-2 | Способен организовывать монтаж, наладку, эксплуатацию энергетического и теплотехнологического оборудования | ПКос-2.2 Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики энергетического и теплотехнологического оборудования с использованием цифровых технологий | - основные методы и технические средства испытаний и диагностики энергетического и теплотехнологического оборудования в области тепловых двигателей и нагнетателей с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru ; - методы и технические средства получения информации, методы и приемы систематизации информации с использованием информационных технологий, в том | - использовать методы и технические средства испытаний и диагностики при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, | - методикой выбора технических средств испытаний и диагностики при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube; - навыками работы с источниками информации, способностью систематизировать |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|---|
| | | | | <p>числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru;</p> <p>- возможности Интернет-ресурсов и программных продуктов при решении профессиональных задач с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru</p> | <p>обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube;</p> <p>- применять в коммуникационном процессе для ускорения процесса передачи, , в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point,</p> | <p>знания с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube;</p> <p>- навыками поиска информации посредством электронных ресурсов с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством</p> |
|--|--|--|--|---|---|---|

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|
| | | | | | Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube; - навыками визуализации данных с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube |
|--|--|--|--|--|---|--|

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 8 семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ в 6 семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в 6 семестре

| Вид учебной работы | Трудоёмкость | |
|--|--------------|----------------|
| | час. | семестр № 6 |
| Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану | 144 | 144 |
| 1. Контактная работа: | 68,4 | 68,4 |
| Аудиторная работа | 68,4 | 68,4 |
| <i>в том числе:</i> | | |
| <i>лекции (Л)</i> | 16 | 16 |
| <i>практические занятия (ПЗ)</i> | 16 | 34 |
| <i>лабораторные работы (ЛР)</i> | 34 | 34 |
| <i>консультации перед экзаменом</i> | 2 | 2 |
| <i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i> | 0,4 | 0,4 |
| 2. Самостоятельная работа (СРС) | 48,6 | 48,6 |
| <i>расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i> | 10 | 10 |
| <i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям и т.д.)</i> | 38,6 | 38,6 |
| <i>Подготовка к экзамену (контроль)</i> | 27 | 27 |
| Вид промежуточного контроля: | Экзамен | |

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

| Наименование разделов и тем дисциплин | Всего | Аудиторная работа | | | | Внеауд. работа (СР) |
|--|-------------|-------------------|-----------|-----------|------------|---------------------|
| | | Л | ПЗ/С | ЛР | ПКР | |
| Раздел 1. Двигатели внутреннего сгорания | 30 | 4 | 4 | 10 | | 12 |
| Раздел 2. Паровые турбины | 26 | 4 | 4 | 6 | | 12 |
| Раздел 3. Газовые турбины | 28 | 4 | 4 | 8 | | 12 |
| Раздел 4. Нагнетатели | 30,6 | 4 | 4 | 10 | | 12,6 |
| <i>Консультации перед экзаменом</i> | 2 | | | | 2 | |
| <i>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i> | 0,4 | | | | 0,4 | |
| <i>Контроль (подготовка к экзамену)</i> | 27 | | | | | 27 |
| Всего за 6 семестр | 144 | 16 | 16 | 34 | 2,4 | 75,6 |
| Итого по дисциплине | 144 | 16 | 16 | 34 | 2,4 | 75,6 |

Раздел 1. Двигатели внутреннего сгорания

Тема № 1. Назначение и общая характеристика тепловых двигателей и нагнетателей

Введение. Место и роль тепловых двигателей и нагнетателей в системах тепло-энергообеспечения предприятий АПК. История развития двигателестроения. Классификация тепловых двигателей в зависимости от способа преобразования теплоты в механическую работу: поршневые, роторные и реактивные двигатели.

Тема № 2. Рабочие циклы и устройство поршневых ДВС

Назначение, принцип работы и классификация ДВС по способу смесеобразования, по способу осуществления рабочего цикла; по роду используемого топлива; по способу смесеобразования; по способу воспламенения рабочей смеси; числу оборотов, быстроходности, конструктивным особенностям; по использованию теплоты выхлопных газов. Рабочий процесс четырехтактных и двухтактных ДВС. p , v -диаграмма реального цикла четырехтактного двигателя с воспламенением от сжатия. Основные показатели двигателей внутреннего сгорания. Среднее индикаторное давление, индикаторная, эффективная мощность двигателя; индикаторный и эффективный КПД; удельный расход топлива; литровая и весовая мощность двигателя; перспективность развития конструкции и т.д.

Экспериментальные характеристики ДВС. Скоростные характеристики двигателя. Нагрузочная характеристика ДВС. Регуляторные и регулировочные характеристики ДВС.

Конструктивное устройство ДВС. Основные механизмы и системы ДВС. Кривошипно-шатунный механизм. Цилиндро-поршневая группа. Газораспределительный механизм. Система питания. Система смазки. Система охлаждения. Система зажигания. Электрооборудование. Современные разработки. Энергетические установки на основе двигателей внутреннего сгорания.

Тема. 3. Основы теплового расчета поршневых ДВС

Идеальные циклы ДВС (при $v = \text{const}$; $p = \text{const}$; смешанный при $v = \text{const}$ и $p = \text{const}$). Безразмерные параметры для характеристики циклов ДВС. Теоретические циклы двигателя. Циклы ДВС с наддувом (сложная комбинированная установка). Методы теплового расчета теоретических циклов. Методика приближенного теплового расчета. Методика точного инженерного теплового расчёта. Коэффициент наполнения цилиндра. Коэффициент остаточных газов. Коэффициент использования теплоты. Коэффициент молекулярного изменения. Методика теплового расчета с дифференциальными уравнениями. Тепловой расчет четырехтактных ДВС.

Раздел 2. Паровые турбины

Тема № 4. Паровые турбины и паротурбинные установки. Циклы паротурбинных установок

Паровые турбины, принцип действия, основы устройства. Классификация паровых турбин: по принципу действия; по направлению движения рабочего пара; по величине конечного давления за турбиной; по давлению свежего пара; по назначению; по конструктивному выполнению. Активная и реактивная тур-

бины, степень реактивности турбины. Основы теплового расчета турбин, теории истечения. Суживающиеся и расширяющиеся (комбинированные) сопла, критическая скорость пара. Уравнению неразрывности парового потока. Скорость выхода пара. Графическое определение теплоперепада с помощью h , s – диаграммы водяного пара. Тепловые потери в соплах. Принципиальная схема простейшей паротурбинной установки на основе цикла Ренкина на перегретом паре.

Тема № 5. Пути повышения экономичности паротурбинных установок. Основы теплофикации

Термодинамические циклы паротурбинных установок. Цикл Ренкина на перегретом паре и его анализ. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в p - v , T - s и h - s диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Многоступенчатые паровые турбины. Паротурбинные электростанции. Рабочий процесс и характеристики паротурбинной ТЭС на основе цикла Ренкина. Теплофикация. Теплофикационные циклы. Теплоэлектроцентрали. Тепловая схема ТЭЦ для централизованного теплоснабжения. Регулирование мощности турбины. Тепловой расчет паровой турбины.

Раздел 3. Газовые турбины

Тема № 6. Газовые турбины. Термодинамические циклы газотурбинных установок (ГТУ).

Газовые турбины, принцип действия, основы устройства. Схема простейшей ГТУ. Рабочий процесс ГТУ. Классификация газотурбинных двигателей: по назначению; по мощности; по роду применяемого топлива; по способу подвода теплоты (характеру процесса сгорания топлива). Термодинамические циклы газотурбинных установок. Цикл ГТУ непрерывного горения с изобарным подводом теплоты. Цикл газотурбинной установки периодического горения с изохорным подводом теплоты. Преимущества ГТУ по сравнению с ДВС и паротурбинными установками. Изображение циклов газотурбинных установок в диаграммах. Тепловой расчет цикла ГТУ непрерывного горения с изобарным подводом теплоты.

Тема № 7. Повышение экономичности ГТУ

Принципиальная схема простейшей ГТУ. Принципиальная схема ГТУ с регенератором. Схема одновальной многоагрегатной ГТУ. Схема двухвальной ГТУ. Схема ГТУ с разрезным валом. Схема комбинированной ГТУ. Схема ГТУ с внешним сгоранием. Рабочий процесс и характеристики ГТУ. Режимы работы, регулирование и конструкции газовых турбин.

Раздел 4. Нагнетатели

Тема № 8. Общая характеристика и классификация нагнетателей. Нагнетатели объемного и динамического действия

Общая характеристика нагнетателей (газоперекачивающих устройств). Классификация нагнетателей: по величине степени повышения давления; по принципу действия. Принципы работы нагнетателей объемного действия с возвратно-поступательным движением рабочего органа (поршневые и мембранные компрессоры) и с вращающимися рабочими органами (винтовые и роторные).

Принципы работы нагнетателей динамического действия: радиальные (центробежные), осевые и струйные нагнетатели. Основные показатели работы нагнетателей: подача, конечное давление, потребляемая мощность. Термодинамические основы работы компрессоров. Идеализированная и действительная индикаторные диаграммы поршневого компрессора. Особенности конструкций поршневых компрессоров. Устройство и рабочий процесс центробежных компрессоров (турбокомпрессоров). Принцип работы, устройство и характеристики осевых компрессоров. Основные способы изменения характеристики компрессора; сопоставление показателей центробежных и осевых компрессоров.

Тема № 9. Вентиляторы. Насосы и детандеры. Цифровизация тепловых двигателей и нагнетателей.

Назначение, классификация и рабочий процесс вентиляторов. Центробежные вентиляторы; область применения, особенности рабочего процесса центробежных вентиляторов и их характеристики. Основы расчета вентиляционной сети. Схема удаления дымовых газов из котельного агрегата и определение необходимого напора вентилятора. Конструктивные особенности центробежных вентиляторов. Осевые вентиляторы. Принцип работы и область применения. Устойчивость режимов работы нагнетателей на сеть, помпаж. Схема антипомпажного регулирования. Насосы. Классификация насосов; особенности работы насосов в сети. Классификация поршневых и турбодетандеров. Область применения детандеров и КПД.

Разработка упрощенных цифровых моделей энергетического оборудования для расчета их параметров работы в зависимости от внешних условий на основе характеристик оборудования. Разработка имитационной модели паровой турбины. Разработка имитационной модели питательного насоса. Augmented Reality (AR) – технологии дополненной реальности (размещение в поле зрения человека сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации). Virtual Reality (VR) – технологии виртуальной реальности (создание цифрового окружения (объектов и субъектов), которое создаётся с помощью технических устройств, воздействующих на основные органы чувств человека, в основном зрение, слух и осязание).

4.3. Лекции/лабораторные и практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций/практических занятий и лабораторного практикума и контрольные мероприятия

| № п/п | № раздела, темы | № и название лекции/лабораторных работ/практических занятий | Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|--|--|--|---|--------------|
| 1. | Раздел 1. Двигатели внутреннего сгорания | | | | 18 |
| | Тема 1 <i>Назначение и общая характеристика тепловых</i> | Лекция № 1 Назначение, роль и место тепловых двигателей и нагнетателей. Классификация тепловых двигателей. | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 1 |

| № п/п | № раздела, темы | № и название лекции/лабораторных работ/практических занятий | Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|--|---|--|---|--------------|
| | <i>двигателей и нагнетателей</i> | Разработка цифровых моделей оборудования для расчета их параметров работы | | | |
| | Тема 2 <i>Рабочие циклы и устройство поршневых ДВС</i> | Лекция № 2 Поршневые ДВС, назначение, принцип работы и классификация | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 1 |
| | | Практическое занятие № 1 Рабочие циклы четырехтактного и двухтактного поршневых ДВС (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 1 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 |
| | | Практическое занятие № 2 Показатели экономичности работы двигателей внутреннего сгорания (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 2 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 |
| | | Практическое занятие № 3 Энергетические установки на основе двигателей внутреннего сгорания (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 3 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 |
| | | Лабораторная работа № 1 Характеристики поршневых ДВС (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 1 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 4 |
| | | Лабораторная работа № 2 Устройство ДВС. Механизмы и системы поршневого ДВС (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 2 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 4 |
| | Тема 3 <i>Основы теп-</i> | Лекция № 3 Основы теплового расчета | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, | 2 |

| № п/п | № раздела, темы | № и название лекции/лабораторных работ/практических занятий | Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|--|--|--|--|---|--------------|
| | лового расчета поршневых ДВС | ДВС. Разработка цифровых моделей ДВС | | Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 1 |
| Практическое занятие № 4 Расчет рабочего цикла двигателей внутреннего сгорания (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 4 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | | | |
| Лабораторная работа № 3 Определение теплового баланса и эффективных показателей ДВС (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 3 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) Тестирование № 1 (sdo.timacad.ru) | | 2 | |
| 2 | Раздел 2. Паровые турбины | | | | 13 |
| | Тема 4 Паровые турбины и паротурбинные установки. Циклы паротурбинных установок | Лекция № 4 Паровые турбины, классификация. Термодинамические циклы паротурбинных установок | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 2 |
| | | Практическое занятие № 5 Основы теории истечения и теплового расчета турбины (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 5 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 |
| | | Лабораторная работа № 4 Основные узлы и конструкция паровой турбины (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 4 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 2 |
| | | Практическое занятие № 6 Тепловой расчет паротурбинной установки на основе цикла Ренкина (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 6 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 |
| | Тема 5 Пути повы- | Лекция № 5 Анализ цикла Ренкина на пе- | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, | 2 |

| № п/п | № раздела, темы | № и название лекции/лабораторных работ/практических занятий | Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов | |
|-------|--|---|--|---|--------------|---|
| | шения экономичности паротурбинных установок. Основы теплофикации | регретом паре и теплофикационные циклы | | Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | | |
| | | Лабораторная работа № 5 Влияние противодействия на эффективность работы паротурбинной установки (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 5 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | | 2 |
| | | Лабораторная работа № 6 Влияние изменения начальных параметров пара на энергетические показатели теплофикационной паротурбинной установки (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 6 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | | 2 |
| | | Практическое занятие № 7 Парораспределение и регулирование в паровых турбинах. Парогазовые циклы (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 7 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | | 1 |
| 3 | Раздел 3. Газовые турбины | | | | 15 | |
| | Тема 6 Газовые турбины. Термодинамические циклы ГТУ | Лекция № 6 Принцип действия, классификация газотурбинных двигателей | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 2 | |
| | | Практическое занятие № 8 Термодинамические циклы газотурбинных установок (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 8 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 | |
| | | Лабораторная работа № 7 Изучение устройства и работы ГТУ (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 7 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 2 | |
| | | Практическое занятие № 9 Тепловой расчет цикла ГТУ непрерывного горения с изобарным подводом теплоты (расчет и представление результатов с использованием | | Защита практической работы № 9 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 | |

| № п/п | № раздела, темы | № и название лекции/лабораторных работ/практических занятий | Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|---|--|--|--|--------------|
| | | информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | | |
| | Тема 7 Повышение экономичности ГТУ | Лекция № 7 Пути повышения экономичности газотурбинных установок | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 2 |
| | | Лабораторная работа № 8 Определение КПД ГТУ с изобарным и изохорным процессом подвода теплоты (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита лабораторной работы № 8 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 3 |
| | | Практическое занятие № 10 Способы повышения экономичности и регулирование газовых турбин (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 10 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 1 |
| | | Лабораторная работа № 9 Дроссельная характеристика газотурбинного двигателя по частоте вращения ротора (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 9 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 3 |
| 4 | Раздел 4. Нагнетатели | | | | 20 |
| | Тема 8 Общая характеристика и классификация нагнетателей. Нагнетатели объемного и динамического действия | Лекция № 8 Классификация и основные показатели работы нагнетателей | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 2 |
| | | Практическое занятие № 11 Термодинамический анализ работы компрессора (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, | | Защита практической работы № 11 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 2 |

| № п/п | № раздела, темы | № и название лекции/лабораторных работ/практических занятий | Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|--|--|--|---|--------------|
| | | Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | | |
| | | Лабораторная работа № 10 Компрессоры объемного действия (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 10 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 4 |
| | | Практическое занятие № 12 Компрессоры динамического действия (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 12 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) | 2 |
| | | Лабораторная работа № 11 Построение индикаторной диаграммы центробежного компрессора (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 11 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 2 |
| | Тема 9 <i>Вентиляторы. Насосы и детандеры. Цифровизация тепловых двигателей и нагнетателей</i> | Лекция № 9 Классификация, общее устройство вентиляторов. Детандеры. Цифровизация тепловых двигателей и нагнетателей | ПКос-2 (ПКос-2.2) | Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru) | 2 |
| | | Лабораторная работа № 12 Изучение характеристик вентилятора (рабочая тетрадь MS Office: Word) | | Защита лабораторной работы № 12 COUNT.EXE (sdo.timacad.ru) | 4 |
| | | Практическое занятие № 13 Определение напора вентилятора в вентиляционной сети (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) | | Защита практической работы № 13 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru) Тестирование № 2 (sdo.timacad.ru) | 2 |

4.4. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

| № п/п | № раздела и темы | Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения |
|-------|--|---|
| 1. | Раздел 1. Двигатели внутреннего сгорания | |
| | Тема 2. Рабочие циклы и устройство поршневых ДВС | Скоростные характеристики двигателя. Нагрузочная характеристика ДВС. Регуляторные и регулировочные характеристики ДВС (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |
| | Тема 3. Основы теплового расчета поршневых ДВС | Определение индикаторных и эффективных показателей двигателя. Расчет теплового баланса двигателя внутреннего сгорания (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |
| 2. | Раздел 2. Паровые турбины | |
| | Тема 4. Паровые турбины и паротурбинные установки. Циклы паротурбинных установок | Основы теплового расчета турбин, теории истечения. Суживающиеся и расширяющиеся (комбинированные) сопла, критическая скорость пара (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |
| | Тема 5. Пути повышения экономичности паротурбинных установок. Основы теплофикации | Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Многоступенчатые паровые турбины. Паротурбинные электростанции. Регулирование мощности турбины (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |
| 3. | Раздел 3. Газовые турбины | |
| | Тема 6. Газовые турбины. Термодинамические циклы ГТУ | Цикл газотурбинной установки периодического горения с изохорным подводом теплоты (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |
| | Тема 7. Повышение экономичности ГТУ | Режимы работы, регулирование и конструкции газовых турбин (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |
| 4. | Раздел 4. Нагнетатели | |
| | Тема 8. Общая характеристика и классификация нагнетателей. Нагнетатели объемного и динамического действия | Особенности конструкций поршневых компрессоров. Основные способы изменения характеристики компрессора; сопоставление показателей центробежных и осевых компрессоров (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |
| | Тема 9. Вентиляторы. Насосы и детандеры. Цифровизация тепловых двигателей и нагнетателей | Устойчивость режимов работы нагнетателей на сеть, помпаж. Схема антипомпажного регулирования. Насосы. Классификация насосов; особенности работы насосов в сети. Разработка упрощенных цифровых моделей энергетического оборудования для расчета их параметров работы в зависимости от внешних условий на основе характеристик оборудования. Разработка имитационной модели паровой турбины. Разработка имитационной модели питательного насоса. (ПКос-2 (ПКос-2.2)) |

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» в основном используется традиционная объяснительно-иллюстративная

технология обучения, в случае вынужденного перехода на онлайн обучение используется технология дистанционного обучения.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

| № п/п | Тема и форма занятия | | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий |
|-------|--|----|---|
| 1. | Тема 1. Назначение тепловых двигателей и нагнетателей | Л | Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| 2. | Тема 2. Рабочий процесс и устройство поршневых ДВС | Л | Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| | | ЛР | Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ПЗ | Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| 3. | Тема 3. Основы теплового расчета поршневых ДВС | Л | Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| | | ЛР | Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ПЗ | Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| 4. | Тема 4. Паровые турбины и паротурбинные установки. Циклы паротурбинных установок | Л | Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| | | ЛР | Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ПЗ | Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| 5. | Тема 5. Пути повышения экономичности паротурбинных установок. Основы теплофикации | Л | Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| | | ЛР | Бригадно-лабораторный метод. Информационные и |

| № п/п | Тема и форма занятия | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий |
|----------|--|--|
| | | коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ПЗ Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| 6. | Тема 6. Газовые турбины. Термодинамические циклы ГТУ | Л Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| | | ЛР Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ПЗ Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| 7. | Тема 7. Повышение экономичности ГТУ | Л Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| | | ЛР Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ПЗ Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| 8. | Тема 8. Общая характеристика и классификация нагнетателей. Нагнетатели объемного и динамического действия | Л Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |
| | | ЛР Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ПЗ Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| 9. | Тема 9. Вентиляторы. Насосы и детандеры. Цифровизация тепловых | Л Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов |

| № п/п | Тема и форма занятия | | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий |
|----------|---------------------------|----|---|
| | двигателей и нагнетателей | ПЗ | Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |
| | | ЛР | Бригадно-лабораторный метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint)) |

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

6.1.1. Расчетно-графическая работа (РГР)

При изучении дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Задачей расчетно-графической работы является закрепление теоретических знаний, развитие практических навыков самостоятельного решения конкретных инженерных задач по определению основных параметров и показателей рабочего процесса тепловых двигателей, как основного оборудования энергетических установок. Формируемые при выполнении РГР компетенции: ПКос-2.2.

Расчетно-графическая работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием информационных и программных материалов, оформляется в виде расчетно-пояснительной записки и сдается на проверку не позднее даты указанной в задании на расчетно-графическую работу. В графической части выполняется чертеж индикаторной диаграммы рассчитываемого теплового двигателя в соответствии с ЕСКД (на листе формата А3).

Примерная тема расчетно-графической работы: «Расчет рабочего цикла теплового двигателя внутреннего сгорания».

В расчетно-графической работе рассматриваются вопросы, которые влияют на процессы, протекающие в двигателях внутреннего сгорания, определяются параметры рабочего тела в характерных точках цикла и основные конструктивные и экономические показатели двигателя внутреннего сгорания.

Исходные данные для расчета выбираются в соответствии с индивидуальным заданием на выполнение расчетно-графической работы.

Контроль за выполнением расчетно-графической работы осуществляется ее проверкой с индивидуальным опросом при защите.

При оценке расчетно-графической работы во время защиты учитывается:

- степень самостоятельности выполнения работы;
- актуальность и глубина разработки темы;
- знание современных подходов на исследуемую проблему;
- качество оформления;

- четкость изложения доклада на защите;
- правильность ответов на вопросы.

6.1.2. Текущее тестирование

ЗАДАНИЕ: выполняется на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

Текущее тестирование необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала разделов дисциплины. Формируемые компетенции: ПКос-2 (ПКос-2.2).

Примеры тестовых заданий для текущего контроля знаний:

Раздел 1. «Двигатели внутреннего сгорания» (вариант 1)

| Вопросы | Ответы |
|---|---|
| 1. По организации рабочего процесса поршневые ДВС бывают: | 1 – внешним (вне цилиндра двигателя) и внутренним (в самом цилиндре двигателя) смесеобразованием; 2 – четырёхтактные и двухтактные; 3 – с принудительным зажиганием с помощью электрической искры и двигателя с самовоспламенением топлива; 4 – рядные, V-образные, оппозитные; 5 – тихоходные (средняя скорость поршня w_n меньше 10 м/с) и быстроходные ($w_n > 10$ м/с) |
| 2. Коэффициентом остаточных газов называют: | A – отношение средних молекулярных масс рабочего тела до и после сгорания; B – отношение изобарной теплоемкости рабочего тела к его изохорной теплоемкости; C – отношение массы остаточных газов к массе свежего заряда, поступившего в цилиндр; D – коэффициент учитывающий, что только часть выделяемого при сгорании теплоты идёт на нагрев газов и совершение работы. |

Раздел 2. «Паровые турбины» (вариант 2)

| Вопросы | Ответы |
|--|---|
| 1. По принципу действия паровые турбины делятся на (выберите один или несколько ответов): | A – пассивные B – активные C – радиоактивные D – реактивные |
| 2. К основным составным частям паровых турбин относятся (выберите один или несколько ответов): | A – сопловые и рабочие решетки; B – поршень и цилиндр; C – вал турбины; D – корпус с подшипниками. |

Примеры заданий и вопросов при защите лабораторной работы:

ЗАДАНИЕ: представить результаты в таблице Microsoft Excel, Word, PowerPoint на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 1. «Рабочий процесс и характеристики поршневых ДВС»

1. Изобразите p - V диаграмму реального цикла четырёхтактного ДВС с воспламенением от сжатия и прокомментируйте отдельные такты и процессы.
2. По каким признакам классифицируются поршневые ДВС?
3. Что называют средним индикаторным давлением?
4. Что характеризует величина индикаторного КПД поршневого ДВС?

5. Что характеризует величина эффективного КПД η_e двигателя?
6. Что называют удельным расходом топлива ДВС?
7. Что называют нагрузочной характеристикой ДВС? Как её получают?
8. Что называют скоростной характеристикой ДВС? Как её получают?
9. Что называют регуляторной характеристикой ДВС? Как её получают?

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 2.

«Устройство ДВС. Механизмы и системы поршневого ДВС»

1. Какие механизмы и системы имеются в ДВС, каково их назначение?
2. Из каких элементов состоит кривошипно-шатунный механизм? Объясните его работу.
3. Какое назначение газораспределительного механизма? Объясните его устройство и работу.
4. Для чего и как устраивается водяное охлаждение ДВС?
5. Как организована смазка деталей ДВС?
6. Какие различия в устройстве систем питания бензинового и дизельного ДВС?
7. Для чего применяют турбокомпрессоры и воздухоподогреватели в ДВС?
8. Чем ограничивается величина степени сжатия ϵ у бензиновых ДВС?
9. Назовите интервал значений степени сжатия дизельных двигателей? Чем ограничен верхний предел ϵ ?
10. В каких ДВС в системе питания применяется топливный насос высокого давления?

Примеры вопросов к устному опросу по практическим занятиям:

ЗАДАНИЕ: представить результаты в таблице Microsoft Excel, Word, PowerPoint на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

Контрольные вопросы к устному опросу по практическому занятию № 2. «Показатели экономичности работы двигателей внутреннего сгорания»

1. Что называется циклом (круговым процессом) теплового двигателя?
2. Какие термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания вы знаете?
3. Какие безразмерные параметры принято применять для характеристики циклов поршневых ДВС? Что такое степень сжатия?
4. Какова задача теплового расчета поршневых ДВС? Как выражается термический КПД бензинового ДВС, от каких безразмерных параметров зависит его величина?
5. Дайте определение понятиям такт, ход поршня, рабочий ход, рабочий объем и полный объем цилиндра.
6. Из каких тактов состоит цикл 4-х тактного ДВС?
7. Дайте определение среднего индикаторного давления и индикаторной мощности.
8. Что характеризуют собой величины индикаторного и механического КПД поршневого ДВС?
9. Что характеризует величина эффективного КПД η_e поршневого ДВС?

Контрольные вопросы к устному опросу по практическому занятию № 3. «Энергетические установки на основе ДВС»

1. Из каких основных частей состоят энергетические установки на основе ДВС?
2. По каким основным признакам различают энергетические установки на основе ДВС?
3. Какие виды теплоты утилизирует когенерационная установка на основе ДВС?
4. Из каких систем состоит теплоэнергетическая часть электростанций с ДВС?
5. Как определяется коэффициент использования теплоты топлива для системы энергоснабжения на основе ДВС с отдельной выработкой электроэнергии и теплоты?
6. Что означает термин СКУТ? Из каких частей состоит СКУТ электростанций с ДВС?
7. Какие основные технико-экономические показатели электростанций с ДВС вы знаете?
8. Что характеризует величина оперативного тока электростанций с ДВС и какое устройство обеспечивает оперативный ток?
9. Какие основные задачи оперативно-диспетчерского управления электростанций с ДВС?

Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине

Раздел 1. Двигатели внутреннего сгорания

1. Каково назначение тепловых двигателей и их классификация в зависимости от способа преобразования теплоты?
2. Какие вы знаете типы тепловых двигателей в зависимости от способа преобразования теплоты? Охарактеризуйте их принципы работы.
3. Приведите классификацию поршневых ДВС по: способу смесеобразования и зажигания.
4. Приведите классификацию поршневых ДВС по: организации рабочего процесса, назначению, числу оборотов, быстроходности, конструктивным особенностям, использованию тепла выхлопных газов.
5. Поршневые двигатели какого типа (в зависимости от способа передачи движения поршня на вал) наиболее часто применяются на практике?
6. Изобразите $p-V$ диаграмму реального цикла четырёхтактного двигателя с воспламенением от сжатия и прокомментируйте отдельные процессы.
7. Какие безразмерные параметры принято применять для характеристики циклов поршневых ДВС? Что такое степень сжатия?
8. Чем ограничивается величина степени сжатия ϵ у бензиновых двигателей?
9. Назовите интервал значений степени сжатия дизельных двигателей. Чем ограничен верхний предел ϵ ?
10. Что называют средним индикаторным давлением ДВС?
11. Как выражается термический КПД бензинового ДВС, от каких безразмерных параметров зависит его величина?

12. Что характеризует собой величина индикаторного КПД поршневого ДВС?
13. Что характеризует величина эффективного КПД η_e поршневого ДВС?
14. Как определить эффективную мощность двигателя, если известно среднее индикаторное давление p_i ?
15. Что характеризует собой величина литровой мощности и весовой мощности ДВС?
16. Что называют удельным расходом топлива ДВС?
17. Что называют скоростной характеристикой ДВС? Как её получают?
18. Что называют нагрузочной характеристикой ДВС? Как её получают?
19. Что называют регуляторной характеристикой ДВС? Как её получают?
20. Что характеризует коэффициент наполнения цилиндра ДВС?
21. Что учитывает коэффициент остаточных газов в ДВС?
22. Какие механизмы и системы имеются в ДВС, каково их назначение?
23. Из каких элементов состоит кривошипно-шатунный механизм? Объясните его работу.
24. Какое назначение газораспределительного механизма? Объясните его устройство и работу.
25. Для чего и как устраивается водяное охлаждение ДВС?
26. Как организована смазка деталей ДВС?
27. Какие различия в устройстве систем питания бензинового и дизельного ДВС?
28. Для чего применяют турбокомпрессоры и воздухоподогреватели в ДВС?

Раздел 2. Паровые турбины

1. Приведите классификацию паровых турбин по: назначению, конструктивному выполнению, принципу действия, давлению.
2. Какие турбины называют активными? Приведите пример.
3. Какие турбины называют реактивными? Приведите пример.
4. Что называют располагаемым теплоперепадом паротурбиной установки?
5. Чем действительный теплоперепад отличается от располагаемого?
6. Как рассчитать скорость пара на выходе из сопла?
7. Изобразите и объясните цикл Ренкина на перегретом паре.
8. Как можно повысить термический КПД цикла Ренкина?
9. Изобразите и объясните цикл Карно на насыщенном паре. Почему он не нашел практического применения?
10. Для чего служит деаэратор в паротурбинной установке?
11. Что такое теплофикация? Что дает теплофикационный цикл работы электростанций по сравнению с конденсационным циклом?
12. Изобразите и объясните теплофикационный цикл работы электростанций, какие разновидности его вы знаете?
13. Почему отбор пара для теплофикационных нужд осуществляется не из начальных, а из конечных ступеней турбины?
14. Почему отбор пара на регенерацию осуществляется из начальных ступеней турбины, а не из конечных?

15. Как удаляется растворённый в питательной воде воздух? Почему это необходимо?
16. По каким причинам паровые турбины выполняют многоступенчатыми?
17. Какие системы теплоснабжения называют закрытыми? Почему это необходимо?
18. Какая сеть подразумевается в термине «сетевая горячая вода» на представленной тепловой схеме ТЭЦ?
19. Какую мощность называют номинальной, экономичной, максимально допустимой мощностью паровой турбины? Связь между этими мощностями.
20. Какие основные приемы регулирования мощности турбины вы знаете?
21. Приведите формулу для расчета КПД цикла Ренкина, и объясните ее.

Раздел 3. Газовые турбины

1. Перечислите направления использования ГТУ, какая классификация ГТУ по: назначению, конструкции, организации цикла, роду топлива, мощности?
2. Изобразите и прокомментируйте цикл простейшей ГТУ на $T-s$ диаграмме.
3. Что является рабочим телом в газовой турбине?
4. Что называют теоретически необходимым расходом воздуха в газовой турбине?
5. Что характеризует величина коэффициента избытка воздуха?
6. Как осуществляется регенерация теплоты отработавших газов в ГТУ?
7. В чём преимущества двухвальных ГТУ? Приведите и охарактеризуйте ее принципиальную схему.
8. Изобразите и объясните цикл ГТУ непрерывного горения с изобарным подводом теплоты.
9. Изобразите и объясните цикл ГТУ периодического горения с изохорным подводом теплоты.
10. Что называют внутренним относительным КПД газовой турбины?
11. Как определяется мощность ГТУ? Какие КПД при этом следует учитывать?
12. Приведите и объясните принципиальную схему ГТУ, работающей на твердом топливе.
13. Приведите формулу для расчета КПД цикла ГТУ непрерывного горения с изобарным подводом теплоты, и объясните ее.
14. Какие существуют преимущества ГТУ по сравнению с ДВС и паротурбинными установками?
15. Какие бывают камеры сгорания ГТУ, как они устроены?
16. Приведите и охарактеризуйте принципиальную схему ГТУ с регенератором, какие преимущества дает такая схема?
17. Назовите основные характеристики цикла ГТУ с изобарным подводом теплоты.

Раздел 4. Нагнетатели

1. По каким признакам газовые нагнетатели делят на вентиляторы, газодувки и компрессоры?
2. Назовите основные технические параметры нагнетателей.
3. Опишите принцип работы осевого компрессора, укажите область его применения.
4. Опишите принцип действия центробежного компрессора, укажите область его применения.
5. Опишите принцип работы поршневого компрессора, приведите и объясните термодинамический цикл идеального компрессора.
6. Что характеризует величина изотермического КПД компрессора?
7. Почему в поршневом компрессоре возникает необходимость в многоступенчатом сжатии?
8. Как рассчитать мощность, необходимую для привода компрессора с производительностью G и степенью повышения давления λ ?
9. Опишите рабочий процесс реального поршневого компрессора. Что заставляет ограничивать величину λ поршневых компрессоров?
10. Как влияет наличие мертвого объёма на работу поршневого компрессора?
11. Как рассчитать подачу поршневого компрессора? От чего она зависит?
12. Для чего при определении мощности электродвигателя для привода компрессора вводится коэффициент запаса мощности? Какова его величина?
13. Опишите принцип работы центробежного вентилятора. Чем центробежные вентиляторы отличаются от центробежных компрессоров?
14. Какие технические параметры характеризуют работу вентилятора?
15. Расскажите о назначении и конструкции ресивера компрессорной установки.
16. Что называют характеристикой компрессора? Как определить с её помощью рабочий режим компрессора?
17. Какую выгоду приносит применение промежуточных охладителей в компрессорах?
18. Какие центробежные вентиляторы относятся к вентиляторам низкого, среднего и высокого давления?
19. Что называют характеристикой вентилятора? Какой вид она имеет?
20. Как устроены центробежные и осевые вентиляторы? Что такое помпаж при работе компрессора? Почему он недопустим?
21. Что называют детандерами, какие виды детандеров по принципу действия вы знаете?
22. Опишите процесс разработки упрощённых цифровых моделей энергетического оборудования для расчёта их параметров работы в зависимости от внешних условий на основе характеристик оборудования.
23. Какой вид имеют в общем случае цифровые имитационные модели паровой турбины и питательного насоса?

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для допуска к экзамену по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, лабораторных работ, выполнение и защиту расчетно-графической работы.

Оценка текущей работы и промежуточный контроль студентов осуществляется на основе традиционной системы контроля и оценки успеваемости. Традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов представлена критериями выставления оценок по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

6.2.1. Критерии оценки выполнения тестов:

При текущем тестировании каждый тест состоит из 15 вопросов и содержит 25 вариантов. Критерии оценивания:

- правильные ответы на 7 и менее заданий – «неудовлетворительно»,
- правильные ответы на 8 – 10 заданий – «удовлетворительно»,
- правильные ответы на 11 – 13 заданий – «хорошо»,
- правильные ответы на 14 – 16 заданий – «отлично».

Основаниями для снижения оценки на 1 балл являются: отсутствие обоснования выбранного ответа, неполный ответ; небрежное выполнение, ошибки в обозначениях и т.п.

Таблица 7

Критерии оценивания письменного и устного опроса

| Оценка | Критерии оценивания |
|-------------|--|
| «зачтено» | - заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad |
| «незачтено» | - заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad |

6.2.2. Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ:

К защите лабораторной работы представляется отчет с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае: отсутствия необхо-

димых расчетных формул, обозначений и т.п.; отсутствия необходимого графического материала; некорректной обработки результатов измерений.

Защита отчета по лабораторной работе проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя по традиционной системе оценки системы. В случае получения при защите лабораторной работы неудовлетворительной оценки, работа подлежит повторной защите.

Таблица 8

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

| Оценка | Критерии оценивания |
|--|--|
| Высокий уровень «5» (отлично) | «отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; знает, правильно формулирует и применяет основные формулы и расчетные зависимости по теме лабораторной работы. |
| Средний уровень «4» (хорошо) | «хорошо» – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или опiski, что в целом не вызывает сомнений в освоении темы лабораторной работы. |
| Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) | «удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания темы работы без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности, однако умеет применять знания и умения по теме работы |
| Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) | «неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания материала лабораторной работы; допускает существенные ошибки в изложении материала; не умеет выделить главное и сделать выводы. |

6.2.3. Критерии оценки выполнения расчетно-графической работы (РГР)

Студенты самостоятельно выполняют РГР и представляют ее в печатном виде на листах формата А4. Расчетно-графическая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимого графического материала или отсутствие в графическом материале необходимых обозначений, используемых в расчете; некорректной обработки результатов расчетов. Выполнение РГР является обязательным элементом, влияющим на допуск, к сдаче зачета по дисциплине. При получении неудовлетворительной оценки по расчетно-графической работе она подлежит исправлению и повторной сдаче.

Таблица 9

Критерии оценивания расчетно-графической работы

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------------------|---|
| Высокий уровень «5» | «отлично» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи. |
| Средний уровень «4» | «хорошо» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи, но в решении имеются незначительные ошибки и неточности. |
| Пороговый уро- | «удовлетворительно» – студент самостоятельно и в полном объеме |

| | |
|-------------------------|--|
| вень «3» | выполнил РГР; однако в решении имеются ошибки и неточности, отсутствует пояснения методики решения, небрежное оформление работы. |
| Минимальный уровень «2» | «неудовлетворительно» – студент не выполнил РГР. |

6.2.4. Критерии оценивания итогового контроля

К экзамену допускается студент, полностью выполнивший все виды учебной и самостоятельной работы и сдавший отчетные материалы.

Экзамен проводится в устной форме в виде доклада студента по каждому вопросу с представлением на листе ответа: уравнений, формул, расчетных схем, графиков и т.п. и ответов (если потребуется) на дополнительные вопросы преподавателя.

Качество освоения дисциплины, уровень сформированности заявленных профессиональных компетенций, знания и умения студента оцениваются в соответствии с традиционной технологией:

Таблица 10

Критерии оценивания результатов итогового контроля

| Оценка | Критерии оценивания |
|-------------------------|---|
| Высокий уровень «5» | «отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументированно, умеет делать выводы; знает, правильно формулирует и применяет основные формулы и расчетные зависимости; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий. |
| Средний уровень «4» | «хорошо» – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или опiski, что в целом не вызывает сомнений в освоении дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний). |
| Пороговый уровень «3» | «удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументированно излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания дисциплины без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности и затрудняется в теоретических выводах, однако умеет применять знания и умения в практических работах, владеет навыками работы со справочной и учебной литературой, умеет пользоваться нормативными документами. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный. |
| Минимальный уровень «2» | «неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания дисциплины; допускает существенные ошибки в изложении материала; практические навыки не сформированы; не умеет выделить главное и сделать выводы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы. |

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Осмонов О.М., Канатников Ю.А. Нагнетатели и тепловые двигатели: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 140 с.

2. Рудобашта, С.П. Теплотехника. Издание 2-е, дополненное. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия». М.: Перо. 2015. – 672 с.

7.2 Дополнительная литература

1. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий. – М.: Академия, 2005. – 304 с.

2. Рудобашта, С.П., Бабичева, Е.Л. Термодинамический расчет идеальных циклов тепловых машин: методические указания;— Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 48 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/umol111.pdf>

3. Лебедев В.М. Региональные проблемы теплоэнергетики. [Электронный ресурс. <http://e.landook.com>] . – Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2019. – 136 с.

4. Осмонов О.М. Расчет рабочего цикла тепловых двигателей. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 48 с.

5. Осмонов О.М. Общая энергетика: учебное пособие. М: Издательство РГАУ-МСХА, 2015 – 102 с.

6. Малин, Н. И.. Энергосбережение в теплотехнологиях АПК: учебно-методическое пособие / Н. И. Малин; М.: РГАУ-ТСХА.— Москва: Росинформагротех, 2018 — 123 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/t0156.pdf>.

7. Магадеев В.Ш. Промышленно-отопительные котельные. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. – 102 с.

7.3 Периодические издания

1. Журнал «Новости теплоснабжения», URL – адрес: <http://www.ntsni.ru> ;

2. Журнал «Энергохозяйство за рубежом», URL – адрес: <http://www.prosmi.ru/catalog/3906>.

7.4 Нормативные правовые акты

1. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. – М: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. -208 с.

2. «Правила безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов» (ПБ 10-574-03). Постановление Госгортехнадзора России от 11.06.2003 г. № 88.

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Осмонов О.М. Расчет рабочего цикла тепловых двигателей. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 48 с.

2. Осмонов О.М., Канатников Ю.А. Тепловые схемы энергетических установок и методы их расчета: Методические указания. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 33 с.

3. Рудобашта, С.П., Бабичева Е.Л. Термодинамический расчет идеальных циклов тепловых машин: Методические указания / С.П. Рудобашта, Е.Л. Бабичева. – М.: Изд-во ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 48 с.

4. Осмонов О.М. Тепловые двигатели и нагнетатели: Рабочая тетрадь. – М.: Офсет Принт, 2017. – 40 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1) <http://www.viecosolar.com> Солнечные батареи, солнечная энергетика, солнечные электростанции (открытый доступ).

2) <http://www.rosteplo.ru/katalog> Каталог оборудования. Автономное теплоснабжение. (открытый доступ).

3) <http://www.energybook.ru> Интернет-магазин издательского дома «Энергия» (открытый доступ).

4) <http://www.rosteplo.ru/katalog> Каталог оборудования. Когенерационные установки (открытый доступ).

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. <http://library.timacad.ru> Электронно-библиотечная система ЦНБ имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

2. <http://rucont.ru> Электронно-библиотечная система «Национальный цифровой ресурс РУКОНТ» (открытый доступ).

3. <http://www2.viniti.ru> Базы данных ВИНТИ РАН (открытый доступ).

4. <http://znanium.ru> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).

Таблица 11

Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины | Наименование программы | Тип программы | Автор | Год разработки |
|-------|--|--|---|---|------------------------------|
| 1. | Раздел 1. «Двигатели внутреннего сгорания»; Раздел 2. «Паровые турбины»; Раздел 3 «Газовые турбины»; Раздел 4 «Нагнетатели» | 1. Microsoft Office Word 2. MS Power Point 3. MS Excel 4. AutoCAD | 1. Оформительская 2. Презентация 3. Расчетная 4. Графическая | 1. Microsoft 2. Microsoft 3. Microsoft 4. Autodesk | 2013 2013 2013 2010 |

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 12

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

| Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории) | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы |
|--|--|
| Лаборатории № 201 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус | Лаборатория содержит: 1) проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 для слайд-презентаций (Инв.№ 210134000002560); 2) проекционный экран с электроприводом Digis |

| Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории) | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы |
|--|---|
| | Electra 240*240 NW (DSEM-1106) (Инв.№ 410138000002636); 3) компьютер (Инв.№ 210134000001871) |
| Лаборатории № 214 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус | Лаборатория содержит: 1) экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938); 2) комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка, проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798); 3) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632954); 4) компьютер (Инв.№ 210134000001864); 5) теплосчетчик Multical UF (инв. № 210134000002443); 6) теплосчетчик ВИС.Т ТС-200 (инв. № 41013000001624) |
| Лаборатории № 314 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус | Лаборатория содержит: 1) экран настенный Projecta SlimScreen (Инв.№ 210134000002855); 2) проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 (Инв.№ 210134000002560); 3) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632955); 4) компьютер (Инв.№ 210134000001865) |

*Для самостоятельной работы студентов используются ресурсы Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова, включающие 9 читальных залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет-доступом, в том числе 5 компьютеризированных читальных залов, а также комнаты для самоподготовки в общежитиях № 5 и № 4.

11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» студентам необходимо:

- внимательно ознакомиться с содержанием календарно-тематического плана учебной дисциплины, вывешиваемого на кафедре, приводимом в нём списке рекомендуемой литературы, приобрести в библиотеке университета требующиеся учебники и учебные пособия;
- получить консультацию у преподавателей кафедры, ведущих дисциплину «Тепловые двигатели и нагнетатели», по всем возникающим учебно-методическим вопросам;
- посещать все лекционные, лабораторные и практические занятия по утвержденному расписанию занятий;
- прорабатывать каждую тему сразу после её прочтения на лекции;
- текущие контрольные задания и расчетно-графическую работу выполнять после изложения соответствующих тем;
- при подготовке к экзамену ознакомиться с вопросами, выносимыми к экзамену, с которыми преподаватель знакомит студентов во время зачётной не-

дели, и посетить проводимую им консультацию перед проведением зачета с оценкой.

В конспекте лекций следует избегать подробной записи. Конспект не должен превращаться в единственный источник информации, а должен подводить студента к самостоятельному обдумыванию материала, к работе с учебной книгой. Независимо от того, есть учебник или нет, лекции записывать необходимо.

Последующая работа над лекцией заключается в повторении ее содержания по конспекту (а еще лучше с привлечением дополнительных источников) вскоре после ее прослушивания, т.к. забывание материала, воспринятого любым способом идет особенно интенсивно сразу же после восприятия.

Оформление лабораторных работ должно быть максимально приближено к уровню, на котором ведется экспериментальная научно-исследовательская работа в конкретной предметной области.

При подготовке к лабораторному занятию студент должен изучить рекомендованный к данной теме материал по учебнику и лабораторному практикуму, подготовить отчет, который должен содержать наименование работы, цель работы, схемы рассматриваемой установки с указанием контрольно-измерительных приборов, расчетных формул, таблицы для записи опытных данных. На лабораторно-практических занятиях студент обязан обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты.

Окончательно оформленные отчеты по лабораторным работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя в день выполнения лабораторной работы или ближайшее время.

Самостоятельная работа студентов предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (расчетно-графическая работа).

Расчетно-графическую работу рекомендуется выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему (раздел), предоставить преподавателю конспект пропущенной лекции и отчитаться в устной форме, ответив на вопросы преподавателя по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан получить у преподавателя индивидуальное задание, выполнить его и сдать.

Студент, пропустивший лабораторную работу, обязан ее отработать в конце семестра в соответствии с установленным кафедрой графиком отработок. Перед отработкой лабораторной работы студент самостоятельно изучает материал по теме работы, порядок ее проведения. Оформленный должным образом

отчет о выполнении лабораторной работы предоставляется ведущему преподавателю для защиты.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

12.1. Методические рекомендации для чтения лекций

Наилучшей формой организации учебного процесса по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели» представляется такая, при которой все виды учебных занятий (лекции, лабораторные занятия, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов) образуют единый взаимосвязанный учебный процесс.

Главным звеном учебного процесса являются лекции, на которых излагается основное содержание курса и дается научно-методическая установка в изучении преподаваемой дисциплины. Объем читаемых лекций определяется графиком изучения дисциплины. При условии своевременного закрепления лекционного материала на групповых занятиях и в процессе выполнения домашних заданий студенты являются на очередные лекции достаточно подготовленными для их прослушивания и усвоения.

Во время лекций предпочтительным является демонстрация слайдов или презентаций. Применение слайдов и презентаций требует тщательной работы по методическому обеспечению таких занятий: отбор необходимых фрагментов фильмов и слайдов, подбор иллюстраций и чертежей, проверка качества их демонстрации, затрачиваемого времени и т.д. Планируемый к изложению в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируется техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

12.2. Методические указания для проведения лабораторных занятий

Лабораторные занятия имеют целью обучить студентов методам экспериментальных исследований, привить навыки анализа и обработки полученных данных при работе с лабораторным оборудованием, вычислительной техники.

В начале лабораторного занятия преподаватель должен определить его цель, указать взаимосвязь занятия с разделами основного содержания дисциплины, проверить готовность студентов для выполнения данной работы. При подготовке к лабораторному занятию студент должен изучить рекомендованный к данной теме материал по учебнику и лабораторному практикуму, подготовить отчет, который должен содержать наименование работы, цель работы, схемы рассматриваемой электрической цепи с указанием контрольно-измерительных приборов, расчетных формул, таблицы для записи опытных данных.

При достаточной технической оснащенности учебной лаборатории кафедры студенты выполняют лабораторную работу, предварительно разбившись

по «бригадам», включающим в себя по 4 – 5 студентов. Если же нет такой технической возможности, то лабораторная работа выполняется сразу всей подгруппой или 1/2 подгруппы. При этом преподаватель распределяет между студентами обязанности по выполнению лабораторной работы, стараясь задействовать в работе как можно больше студентов.

Перед проведением лабораторной работы преподаватель или ассистирующий ему инженер (лаборант) учебной лаборатории проводит инструктаж по технике безопасности.

Преподаватель обязан следить за ходом ее выполнения на каждом рабочем месте, за соблюдением правил техники безопасности, консультировать студентов по возникающим у них вопросам, помогать, в выполнении работы.

По окончании лабораторного занятия преподаватель должен познакомиться с результатами, полученными в ходе выполнения студентами работы.

После выполнения лабораторной работы целесообразно проводить ее «защиту». Окончательно оформленные отчеты по лабораторным работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя. Это позволяет студентам еще раз повторить и осмыслить пройденный материал, а преподавателю оценить степень усвоения изученного студентами материала.

12.3. Методические указания для проведения практических занятий

Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретического материала, изложенного на лекциях, а также для развития у студентов навыков практического решения единых учебно-инженерных задач.

Практические занятия рекомендуется делить на три части: вводную, основную и заключительную.

Во вводной части преподаватель должен назвать тему занятия, определить ее цель и сформулировать вопросы, отражающие содержание занятия. Преподаватель должен указать взаимосвязь практического занятия с предыдущими занятиями по данной дисциплине, при необходимости пояснить инженерную направленность темы и ее связь с другими дисциплинами.

Основная часть практического занятия должна быть посвящена закреплению теоретических положений, изложенных в лекциях, путем решения практических задач. Преподаватель должен разобрать со студентами методику решения типовых примеров, указав при этом, какие материалы теоретического курса используются при этом.

Часть времени преподаватель должен отвести для объяснения студентам содержания, этапов решения заданий при выполнении самостоятельной работы.

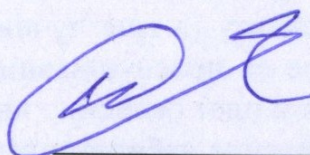
В заключительной части практического занятия преподаватель должен сформулировать краткие выводы по содержанию вопросов, рассмотренных на занятии, обратив внимание студентов на тот объем материала, который рекомендуется для самостоятельного изучения. Подробно остановиться на литературе, рекомендованной для самостоятельной работы.

12.4. Методические указания для проведения текущего тестирования

Текущее тестирование целесообразно проводить 2 раза в течение семестра. Должно быть разработано несколько вариантов тестовых заданий с тем, чтобы близко сидящие студенты имели разные варианты заданий.

Неудовлетворительно написанные контрольные работы переписываются студентами повторно по другому варианту. Важным методическим требованием при проведении тестирования является своевременное ознакомление студентов с допущенными в нем ошибками.

Программу разработал:
Канатников Ю.А., ст. преподаватель



(подпись)

«16» июня 2025 г

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В. 01.02 «Тепловые двигатели и нагнетатели»
ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направлен-
ность «Инжиниринг теплоэнергетических систем» (квалификация выпускника – бака-
лавр)

Андреевым Сергеем Андреевичем, доцентом кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский госу-
дарственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором техниче-
ских наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины
«Тепловые двигатели и нагнетатели» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнерге-
тика и теплотехника», направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем» раз-
работанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика
И.А. Будзко» (разработчик – Канатников Юрий Алексеевич, ст. преподаватель кафедры
«Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко»).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим
выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.03. 01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к вариативной части учебного цикла – Б1.В.01.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Тепловые двигатели и нагнетатели» закреплены компетенции (индикаторы достижения компетенции): ПКос-2 (ПКос-2.2). Дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» составляет 4 зачётных единиц (144 часа).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» предполагает занятия в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (выполнение и защита лабораторных работ, опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления, участие в тестировании, выполнение расчетно-графической работы и аудиторных заданиях – работа с технической литературой), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла – Б1.В.01 ФГОС ВО направления **13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**.

12. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 7 наименований, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 8 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**.

14. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины **«Тепловые двигатели и нагнетатели»** и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

15. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине **«Тепловые двигатели и нагнетатели»**.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины **«Тепловые двигатели и нагнетатели»** ОПОП ВО по направлению **13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**, направленность **«Инжиниринг теплоэнергетических систем»** (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Канатниковым Ю.А., ст. преподавателем кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко» соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций (индикаторов достижения компетенций).

Рецензент: Андреев С.А., доцент кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доцент, доктор технических наук


(подпись)

«16» июня 2025 г