

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

| Код модуля | Модуль |
|------------|---|
| 1156543 | «Газотурбинные и паротурбинные установки» |

Екатеринбург

| Перечень сведений о рабочей программе модуля | Учетные данные |
|--|---|
| Образовательная программа 1. Газовые, паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания | Код ОП 1. 13.03.03/33.01 |
| Направление подготовки 1. Энергетическое машиностроение | Код направления и уровня подготовки 1. 13.03.03 |

Программа модуля составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|---------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| 1 | Марковский Валентин Менделеевич | без ученой степени, без ученого звания | Старший преподаватель | турбин и двигателей |

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «Газотурбинные и паротурбинные установки»

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль «Газотурбинные и паротурбинные установки» входят дисциплины «Газотурбинные установки», «Паротурбинные установки», «Проект по модулю Газотурбинные и паротурбинные установки». В модуле содержатся сведения по устройству, характеристикам, проектированию и эксплуатации паротурбинных и газотурбинных установок, а также информация о состоянии современной энергетики. Изучение модуля опирается на знание общепрофессиональных дисциплин

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|--|---|
| 1 | Паротурбинные установки | 3 |
| 2 | Газотурбинные установки | 3 |
| 3 | Проект по модулю «Газотурбинные и паротурбинные установки» | 1 |
| ИТОГО по модулю: | | 7 |

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Пререквизиты модуля | 1. «Гидрогазодинамика» |
| Постреквизиты и кореквизиты модуля | 1. Материалы энергетических установок |

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения (индикаторы) |
|---------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Газотурбинные установки | ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и | 3-8 - Характеризовать различные тепловые и технологические схемы турбоустановок |

| | | |
|-------------------------|--|---|
| | теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках | У-8 - Определять эффективность тепловых и технологических схем, эффективность работы оборудования турбоустановок |
| Паротурбинные установки | ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках | <p>З-8 - Характеризовать различные тепловые и технологические схемы турбоустановок</p> <p>З-9 - Сформулировать законы термодинамики, основные закономерности термодинамических процессов в паротурбинных установках</p> <p>З-10 - Изложить физические основы и математические модели процессов преобразования энергии и теплового, гидравлического и газодинамического расчетов энергетических машин и турбоустановок</p> <p>У-9 - Анализировать физические процессы и принимать обоснованные решения на стадии проектирования, обеспечивающие надежную и экономичную работу турбоустановок</p> <p>П-5 - Использовать навыки термодинамических и гидравлических расчетов с применением справочной литературы различных тепловых и технологических схем ПТУ</p> <p>П-6 - Использовать навыки проведения тепловых и технико-экономических расчетов по выбору и обоснованию оптимальных режимов работы</p> |
| | ПК-5 - Способен принимать обоснованные решения на стадии проектирования деталей, узлов и турбоустановок, разработки тепловых схем турбомашин, используя методы тепловых и газодинамических расчетов и САПР | <p>З-9 - Характеризовать типовые конструкции оборудования и компоновки паротурбинных установок (ПТУ) и основы их эксплуатации</p> <p>З-10 - Описывать устройства и работу основных и вспомогательных систем ПТУ</p> <p>У-7 - Определять эффективность тепловых и технологических схем, эффективность работы оборудования ПТУ</p> <p>У-8 - Решать отдельные теплогидравлические задачи применительно к различным элементам ПТУ</p> |

| | | |
|---|---|--|
| | | <p>У-9 - Проводить численные и экспериментальные исследования турбомашин по заданному алгоритму</p> <p>У-10 - Анализировать результаты тепловых испытаний турбоустановок и вспомогательного оборудования</p> <p>П-6 - Предлагать методы повышения эффективности и надежности тепловых и технологических схем ГТУ и ПТУ</p> <p>П-7 - Иметь практический опыт проведения испытаний и/или исследований по заданному алгоритму</p> |
| <p>Проект по модулю «Газотурбинные и паротурбинные установки»</p> | <p>ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках</p> | <p>З-2 - Описать типовые компоновки оборудования ПТУ и ГТУ</p> <p>У-2 - Провести термодинамический расчет цикла ПТУ и ГТУ при различных исходных данных и тепловой расчет теплообменника</p> <p>П-2 - Осуществлять расчет различных тепловых и технологических схем ПТУ и ГТУ и теплообменного оборудования</p> |
| | <p>ПК-5 - Способен принимать обоснованные решения на стадии проектирования деталей, узлов и турбоустановок, разработки тепловых схем турбомашин, используя методы тепловых и газодинамических расчетов и САПР</p> | <p>З-9 - Характеризовать типовые конструкции оборудования и компоновки паротурбинных установок (ПТУ) и основы их эксплуатации</p> |

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Паротурбинные установки

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|----------------------------------|--|-------------------|------------------------|
| 1 | Желонкин Николай Владимирович | кандидат технических наук, доцент | Преподавате ль | турбин и двигателей |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Желонкин Николай Владимирович, Преподаватель, турбин и двигателей

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--------------------------|---|
| P1 | Введение | Принципиальная схема простейших ПТУ; основные элементы простейшей ПТУ, их назначение. Определение термина «Турбоустановка»; различие в использовании терминов «турбоустановка», «турбина», «турбоагрегат». Краткий исторический очерк развития ПТУ. Применение ПТУ в энергетике, транспортных установках и других отраслях народного хозяйства. Основные тенденции и перспективы развития и совершенствования. |
| P2 | Тепловой цикл ПТУ | Реальный тепловой цикл ПТУ; его показатели. Система КПД паротурбинной установки; абсолютные и относительные КПД. Связь теплового процесса в турбине с циклом ПТУ. Обзор основных путей совершенствования теплового цикла ПТУ. Влияние начальных параметров и конечного давления пара на экономичность ПТУ. Связь параметров пара с допустимой его влажностью в последних ступенях ПТУ: сопряженные параметры пара. Влияние промежуточного перегрева пара на показатели цикла ПТУ и влажность пара в последних ступенях турбины; выбор параметров промежуточного перегрева пара. |

| | | |
|-----------|---------------------------------|---|
| | | <p>Особенности выбора начальных параметров пара для турбин АЭС. Внешняя сепарация и промперегрев пара в схемах ПТУ АЭС; разделительное давление. Регенеративный подогрев питательной воды; его влияние на показатели цикла ПТУ. Одноступенчатый и многоступенчатый подогрев питательной воды. Распределение регенеративного подогрева между отдельными ступенями установки для ПТУ без промперегрева и с промперегревом пара. Определение оптимальной температуры питательной воды для ПТУ ТЭС и АЭС различного типа.</p> <p>Комбинированная выработка теплоты и электрической энергии.</p> <p>Параметры пара и питательной воды, принятые для ПТУ ТЭС и АЭС.</p> |
| Р3 | Устройство ПТУ на уровне систем | <p>Типы ПТУ: конденсационная, теплофикационная. Принципиальные тепловые схемы простейших ПТУ конденсационного и теплофикационного типа.</p> <p>Блок-схема ПТУ; основные системы ПТУ и их назначение. Международная система обозначений AKS для элементов ПТУ. Включение турбины в схему ПТУ.</p> <p>Системы, обеспечивающие реализацию рабочего термодинамического цикла ПТУ и повышающие ее КПД: конденсационная установка, система регенеративного подогрева конденсата и питательной воды, питательная деаэрационная установка.</p> <p>Связь ПТУ с котельной установкой.</p> <p>Вспомогательные системы, обслуживающие ПТУ: система маслоснабжения, система циркуляционного водоснабжения, система технического водоснабжения, промконтур охлаждения масел, система рабочей жидкости (масла) регулирования.</p> <p>Испарительные и паропреобразовательные установки. Теплофикационная установка.</p> <p>Взаимодействие систем.</p> |
| Р4 | Конденсационная установка | <p>Назначение схема и состав конденсационной установки. Конструктивная схема конденсатора. Взаимодействие основных потоков в конденсаторе: пара, конденсата, охлаждающей воды и неконденсирующихся газов.</p> <p>Водяная сторона конденсатора: схемы движения воды, число ходов и потоков. Теплоотдача с водяной стороны конденсатора. Паровая сторона конденсатора. Теплообмен при конденсации пара; основные факторы, влияющие на интенсивность теплообмена; влияние присосов воздуха в конденсатор.</p> |

| | | |
|-----------|---|--|
| | | Воздушные насосы конденсатора: пароструйные и водоструйные эжекторы; принцип действия, включение в схему ПТУ. |
| P5 | Система регенеративного подогрева питательной воды (РППВ) | Классификация регенеративных подогревателей: ПНД, ПВД, смешивающего и поверхностного типа. Варианты включения подогревателей в схему ПТУ. Отвод конденсата греющего пара (дренажа) в схеме РППВ., влияние на экономичность ПТУ. Пароохладители в системе РППВ; влияние на экономичность ПТУ. Основные варианты включения пароохладителей в схему ПТУ. |
| P6 | Деаэрационная установка | Коррозионная агрессивность неконденсирующихся газов, растворенных в питательной воде и конденсате; необходимость их удаления. Физико-химические основы деаэрации питательной воды. Принципиальная схема термодинамического деаэратора. Включение деаэратора в схему ПТУ. Использование деаэрирующей способности конденсатора и смешивающих ПНД. Применение нейтрально-кислородного водного режима. Дехдеаэраторные схемы ПТУ. |
| P7 | Питательные установки | Назначение питательной установки. Варианты включения питательных насосов (ПН) в схему ПТУ ТЭС и АЭС. Привод питательного насоса; преимущества турбинного привода для ПН в ПТУ большей мощности. Варианты включения приводных турбин в схему ПТУ, влияние на работу главной турбины. Регулирование производительности ПН. Применение бустерных насосов. |
| P8 | Восполнение потерь рабочего тела | Потери воды и пара. Методы подготовки добавочной воды. Химические методы подготовки. Термическая водоподготовка в испарителях. Конструкция испарителя. Включение испарителя в схему ПТУ. |
| P9 | Тепловые схемы ПТУ и их показатели | Принципиальные тепловые схемы ПТУ различных типов: конденсационных, с противодавлением, с одним и двумя регулируемые отборами. Показатели экономичности ПТУ различных типов. Удельные расходы теплоты, пара, топлива. Удельный отпуск электроэнергии на тепловом потреблении. Связь удельных расходов с КПД. Полные (развернутые) тепловые схемы ПТУ. Включение ПТУ в схему электростанции. Секционная и блочная схемы главных паропроводов. Трубопроводы ПТУ. Арматура: запорная, запорно-регулирующая, регулирующая, предохранительная. Способы защиты соединяемых агрегатов, трубопроводов и устройств в схеме ПТУ. |

| | | |
|-------------------|--|--|
| <p>P10</p> | <p>Разработка тепловой схемы конденсационной ПТУ</p> | <p>Основные элементы тепловой системы ПТУ конденсационного типа, учитываемые при расчетах. Система регенеративного подогрева питательной воды (РППВ) как основа расчетной (принципиальной) схемы.</p> <p>Разработка схемы РППВ: выбор типов подогревателей; выбор схемы отключения смешивающих ПНД: гравитационной, насосной; выбор схемы удаления конденсата греющего пара: каскадной, с подъемными насосами, комбинированной; применение охладителей дренажа и выбор их параметров; использование пароохладителей в схемах РППВ и выбор их параметров; разработка схемы удаления воздуха из аппаратов РППВ; использование дополнительных источников теплоты в схемах РППВ: пар из концевых уплотнений турбин, паровоздушная смесь эжекторов; пар продувок котла; нагретая вода системы охлаждения генератора.</p> <p>Выбор вариантов включения деаэратора в тепловую схему ПТУ – деаэратор как самостоятельная ступень РППВ; подключение деаэратора вместе с ПВД к одному отбору турбины. Особенности построения схемы РППВ при бездеаэраторной схеме.</p> <p>Выбор схемы включения питательного насоса (ПН) в схему ПТУ: одноподъемной, двухподъемной. Выбор типа привода ПН. Разработка схемы включения турбопривода ПН в схему ПТУ.</p> <p>Выбор схемы включения испарителей.</p> |
| <p>P11</p> | <p>Расчет тепловой схемы конденсационной ПТУ</p> | <p>Методы расчета тепловых схем ПТУ. Последовательность расчета. Разработка расчетной схемы. Расчет теплового процесса в турбине по обобщенным характеристикам. Распределение подогрева питательной воды между отдельными ступенями РППВ; применяемые методы: равный подогрев, метод геометрической прогрессии, метод индифферентной точки и др.</p> <p>Определение параметров пара в отборах на РППВ. Тепловые балансы подогревателей. Тепловой и материальный баланс деаэратора. Тепловой и материальный баланс испарителей. Определение расхода пара на турбопривод. Учет нагрева питательной воды в насосах. Определение расхода пара на турбину. Коэффициент недовыработки энергии и его использование в расчетах. Определение показателей экономичности ПТУ: удельный расход теплоты на выработанную и отпущенную электроэнергию; удельный расход условного топлива; затраты энергии на собственные нужды.</p> <p>Особенности тепловых схем ПТУ и их расчет. Выбор разделительного давления и схемы сепараторов-пароперегревателей (СПП). Варианты включения СПП в схему ПТУ. Особенности теплового баланса СПП при различных схемах. Методика и последовательность расчета тепловой схемы ПТУ АЭС.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | Применение ЭВМ для расчета тепловых схем ПТУ. Алгоритмы и блок-схемы расчета тепловой схемы на ЭВМ. |
|--|--|---|

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|---|---|--|---|
| Формирование социально-значимых ценностей | профориентационная деятельность общение в социальных сетях и электронной почте в системах «студент-преподаватель», «группа студентов-преподаватель», «студент-студент», «студент-группа студентов» | Технология самостоятельной работы Технология анализа образовательных задач | ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках | З-9 - Сформулировать законы термодинамики, основные закономерности термодинамических процессов в паротурбинных установках |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Паротурбинные установки

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации : официальный документ.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57234> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Вульф, Е. Э., Похорилер, В. Л.; Паротурбинные установки : Конспект лекций.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2000 (4 экз.)
2. , Григорьев, В. А., Зорин, В. М.; Тепловые и атомные электрические станции : Справочник.; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (12 экз.)
3. Елизаров, Д. П.; Теплоэнергетические установки электростанций : Учебник для вузов по специальности "Парогенераторостроение, турбиностроение".; Энергоиздат, Москва; 1982 (16 экз.)

4. Рыжкин, В. Я., Гиршфельд, В. Я.; Тепловые электрические станции : учеб. для вузов по специальности "Тепловые электр. станции".; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (82 экз.)
5. Маргулова, Т. Х.; Атомные электрические станции : Учебник для вузов.; ИздАТ, Москва; 1994 (6 экз.)
6. ; Паровые и газовые турбины: Сборник задач : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (25 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Циклы паровых турбин. Лекция, Новосибирск
<https://www.youtube.com/watch?v=ISRYyq6aFbc&list=PLgpg4h6AVo5khPfNr-NYgEwsZQHOjZUBC&index=5>
2. Циклы паротурбинных установок (Центрнаучфильм), 1979.
<https://www.youtube.com/watch?v=nYz5tjtdKDkhttps>
3. К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин, Ю.М. Бродов, В.К. Купцов, И.Д. Ларионов, М.А. Ниренштейн, П.Н. Плотников, А.Ю. Рябчиков, С.И. Хаэт Теплообменники энергетических установок. Учебное электронное издание.: <https://openedu.urfu.ru/files/book/index.html>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Паротурбинные установки

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|-------|----------------------|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная | Не используется |
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в | Microsoft Office |

| | | | |
|---|---|---|-----------------|
| | | <p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> | |
| 3 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> | Не используется |
| 4 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> | Не используется |
| 5 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> | Не используется |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Газотурбинные установки

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|------------------------------------|--|--------------------------|------------------------|
| 1 | Марковский Валентин Менделеевич | без ученой степени, без ученого звания | Старший преподаватель | турбин и двигателей |
| 2 | Неволин Александр Михайлович | кандидат технических наук, без ученого звания | Доцент | турбин и двигателей |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Неволин Александр Михайлович, Доцент, турбин и двигателей

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|---|---|
| P1 | Введение | Определение термина «турбоустановка», различия в использовании терминов «турбоустановка», «турбоагрегат», «турбомашина», «турбодвигатель» и т.п. Принципиальные тепловые схемы простейших газотурбинных установок (ГТУ). Основные элементы турбоустановки, их назначение. Краткий исторический обзор развития ГТУ и газовых турбин в энергетике (на ТЭС и АЭС), транспортных установках и других отраслях техники и промышленности. |
| P2 | Тепловые циклы и схемы газотурбинных установок (ГТУ). | Теоретический и реальный простой цикл. Оптимальная степень повышения давления. Влияние начальной и конечной температуры цикла, внутренних потерь энергии в турбине и компрессоре на показатели ГТУ. Эффективный КПД и эффективная мощность ГТУ. Оптимизация параметров цикла с помощью ЭВМ. Использование метода малых отклонений для анализа мощности и эффективности ГТУ и ее элементов. Цикл ГТУ с регенерацией теплоты. Влияние степени регенерации на экономичность и стоимость ГТУ. |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | <p>Влияние гидравлических сопротивлений на показатели ГТУ.</p> <p>ГТУ с промежуточным охлаждением рабочего тела и промежуточным подводом тепла. Возможные приближения к циклу Карно. Перспективы реализации сложных циклов.</p> |
| P3 | Переменные режимы работы газотурбинных установок (ГТУ). | <p>Характеристика турбины при изменении режима работы.</p> <p>Показатели экономичности ГТУ различных тепловых схем при переменной мощности и изменении температуры воздуха. Способы регулирования.</p> <p>Характеристика компрессора и потребителей мощности (генератора, нагнетателя и др.).</p> <p>Область возможных режимов работы ГТУ.</p> <p>Запуск ГТУ, пусковые и переходные режимы работы ГТУ.</p> |
| P4 | Основные системы газотурбинных установок (ГТУ) и компоновка оборудования. | <p>Воздействие аэрозолей на ГТУ. Система воздухоподготовки для стационарных ГТУ.</p> <p>Воздухозаборные устройства, тракт и газовыпускные устройства стационарных ГТУ.</p> <p>Борьба с обледенением входного тракта. Шумоглушение основных элементов стационарных ГТУ. Другие вопросы защиты окружающей среды.</p> <p>Система маслоснабжения ГТУ, охлаждение масла.</p> |
| P5 | Газотурбинные установки (ГТУ) в различных областях народного хозяйства. | <p>Тепловые схемы энергетических ГТУ открытого типа.</p> <p>Влияние характеристики нагрузки на выходные показатели энергетических ГТУ. Влияние регенерации и утилизации тепла уходящих газов.</p> <p>ГТУ для компрессорных станций газопроводов. Сравнение различных схем приводных ГТУ. Проблемы утилизации тепла в приводных ГТУ и способы их решения.</p> <p>Применение ГТУ в технологических процессах.</p> <p>Газотурбинные двигатели в воздушном, морском, железнодорожном и автомобильном транспорте.</p> <p>Возможности и перспективы их использования в народном хозяйстве. Турбонаддув двигателей внутреннего сгорания (ДВС).</p> |
| P6 | Комбинированные парогазовые установки. | Термодинамические основы комбинированных парогазовых установок (ПГУ). |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>Циклы и схемы сбросных ПГУ с низконапорным парогенератором (ПГУ с НПП). Влияние параметров газового и парового контуров на показатели ПГУ.</p> <p>Достоинства и недостатки.</p> <p>Бинарные (утилизационные) ПГУ с утилизационным парогенератором (ПГУ с КУ). Схемы ПГУ с КУ при одном и двух давлениях пара. Перспективы применения в энергетике.</p> <p>Парогазовые установки с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПП). Перспективы использования газифицированного твердого топлива.</p> <p>Контактные газопаровые установки (ГТУ с подмешиванием пара из КУ). Основные схемы и термодинамические показатели.</p> |
|--|--|---|

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|--|--|---|
| Формирование социально-значимых ценностей | <p>профориентационная деятельность</p> <p>общение в социальных сетях и электронной почте в системах «студент-преподаватель», «группа студентов-преподаватель», «студент-студент», «студент-группа студентов»</p> | <p>Технология самостоятельной работы</p> <p>Технология анализа образовательных задач</p> | ПК-4 - Способен осуществлять прочностные, гидродинамические и теплотехнические расчеты с учетом особенностей рабочих процессов в энергетических машинах и установках | 3-8 - Характеризовать различные тепловые и технологические схемы турбоустановок |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Газотурбинные установки

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Трубопроводный транспорт газа : практическое пособие.; Наука, Москва; 1976; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561907> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ревзин, Б. С.; Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (6 экз.)
2. Костюк, А. Г.; Газотурбинные установки : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1979 (29 экз.)
3. ; Газовые турбины : учеб. пособие для втузов. Ч.1. Термодинамические процессы и теплообмен в конструкциях.; Вища школа, Киев; 1976 (23 экз.)
4. Ревзин, Резвин, Б. С.; Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа : Справ. пособие.; Недра, Москва; 1991 (26 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

А.В. Рудаченко, Н.В. Чухарева Газотурбинные установки для транспорта природного газа. Издательство Томского политехнического университета, 2011 г.: <https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KTXNG/lekcii/Tab1/2011GTU.pdf>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Газотурбинные установки

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|-------|--------------|---|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям | Не используется |

| | | | |
|---|---|--|------------------|
| | | организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | |
| 2 | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство | Microsoft Office |
| 3 | Самостоятельная работа студентов | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | Не используется |
| 4 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | Не используется |
| 5 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям | Не используется |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | |
|--|--|--|--|