

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.34 Тепловые двигатели

Учебный план: ФГОС3++b130301ПТ-1_21-14.plx

Кафедра: **21** Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:
 (специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

| Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа обучающихся | | | Сам. работа | Контроль, час. | Трудоё мкость, ЗЕТ | Форма промежуточной аттестации |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | Лекции | Практ. занятия | Лаб. занятия | | | | |
| 5 | УП | 34 | 34 | 75,75 | 0,25 | 4 | Зачет |
| | РПД | 34 | 34 | 75,75 | 0,25 | 4 | |
| 6 | УП | 34 | 34 | 17 | 59 | 36 | Экзамен, Курсовая работа |
| | РПД | 34 | 34 | 17 | 59 | 36 | |
| Итого | УП | 68 | 68 | 17 | 134,75 | 36,25 | |
| | РПД | 68 | 68 | 17 | 134,75 | 36,25 | |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент
старший преподаватель
ассистент

Верхоланцев А.А.
Липатов М.С.
Морозов Г.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и
тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Злобин В.Г.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанных с изучением типовых конструкций, принципов действия тепловых двигателей, методов математического моделирования рабочих процессов паровых и газовых турбин, с разработкой проектных решений по улучшению эксплуатационных характеристик двигателей с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть закономерности рабочих процессов в конструкции современных паровых и газовых турбин.
- Продемонстрировать алгоритмы тепловых расчетов паровых и газовых турбин.
- Усвоить основные направления разработки проектных решений по модернизации паровых и газовых турбин.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Теплообмен

Информатика в задачах теплоэнергетики

Материаловедение, технологии конструкционных материалов

Техническая термодинамика

Топливо и процессы горения в теплоэнергетических установках

Теплообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Математика

Физика

Химия

Инженерная графика

Гидрогазодинамика (Гидравлика)

Введение в специальность

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

Знать: основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты и электрической энергии; рабочие процессы в тепловых двигателях, устройстве и принципах работы; конструкции и особенности эксплуатации паровых турбин.

Уметь: осуществлять выбор паровой турбины для заданной теплоэнергетической установки; определять основные рабочие параметры активной и реактивной ступеней паровой турбины, разрабатывать мероприятия по повышению экономичности и надежности турбины путем совершенствования реконструкции отдельных узлов и систем регулирования.

Владеть: расчетами паровых турбин по заданным методикам.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий | Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа | | | СР (часы) | Инновац. формы занятий | Форма текущего контроля |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | Лек. (часы) | Пр. (часы) | Лаб. (часы) | | | |
| Раздел 1. Тепловые двигатели. Виды, назначение. | 5 | | | | | | О |
| Тема 1. Общие сведения о тепловых двигателях. Назначение и область применения тепловых двигателей. Перспективы развития тепловых двигателей. | | 2 | 2 | | 5,75 | | |
| Тема 2. Типовые конструкции и принцип действия паровых турбин. Одноступенчатые турбины. Многоступенчатые активные турбины. Многоступенчатые реактивные турбины. | | 4 | 4 | | 10 | | |
| Раздел 2. Турбинная ступень. | | | | | | | О |
| Тема 3. Турбинная ступень и ее характеристики. Геометрические характеристики турбинной ступени. Процессы движения пара в межлопаточных каналах ступени. Треугольники скоростей. Работа на окружности. | | 4 | 6 | | 10 | | |
| Тема 4. Потери энергии в турбинных ступенях. Классификация потерь энергии. Относительные КПД турбинных ступеней. Размеры турбинных лопаток. | | 4 | 6 | | 10 | | |
| Раздел 3. Многоступенчатые паровые турбины. | | | | | | РГР | |
| Тема 5. Тепловой процесс многоступенчатой паровой турбины. Тепловой процесс в h-s диаграмме. Коэффициент возврата теплоты. Характеристический коэффициент. Методика теплового расчета турбины. | 4 | 4 | | 10 | | | |
| Тема 6. Определение некоторых показателей многоступенчатой турбины. Осевые усилия, действующие на ротор турбины, способы уменьшения. Предельная мощность, способы увеличения предельной мощности. | 4 | 4 | | 10 | | | |

| | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|----|---|-------|-----|
| Раздел 4. Переменные режимы работы турбины. | | | | | | |
| Тема 7. Работа турбины на переменных режимах. Способы парораспределения. Изменение параметров пара и теплоперепадов по ступеням и в турбине в целом на переменных режимах работы. | | 6 | 4 | | 10 | РГР |
| Тема 8. Диаграммы режимов работы турбины. Диаграмма режимов работы конденсационной и противодавленческой турбины. Диаграмма режимов работы турбины с регулируемым отбором пара. | | 6 | 4 | | 10 | |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | | 34 | 34 | | 75,75 | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет) | | 0,25 | | | | |
| Раздел 5. Турбины для выработки тепловой и электрической энергии. Схемы регулирования мощности. | | | | | | |
| Тема 9. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Турбины с противодавлением, теплофикационные, конденсационные паровые турбины. | 6 | 4 | 6 | | 8 | О |
| Тема 10. Схемы регулирования мощности теплофикационных турбин. Схемы регулирования мощности турбин с противодавлением. Схемы регулирования мощности теплофикационных конденсационных турбин. | | 4 | 4 | | 8 | |
| Раздел 6. Основные системы, обеспечивающие работу турбин. | | | | | | |
| Тема 11. Системы маслоснабжения турбин. Характеристика смазывающих масел и их определение. Простейшая схема регулирования. Механизм управления турбиной. Регуляторы скорости. Системы защиты. Лабораторная работа №1 "Определение вязкости турбинных масел" | | 4 | 2 | 9 | 6 | Л |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------|----|----|--------|--|-----|
| Тема 12. Конденсационные установки паровых турбин. Назначение, принципиальная схема конденсационной установки. Конструкция конденсаторов. Характеристики конденсаторов. Проверка конденсатора на гидравлическую герметичность. Лабораторная работа №2 "Определение гидравлической плотности конденсатора путем проверки жесткости конденсата" | | 4 | 2 | 8 | 8 | | |
| Раздел 7. Эксплуатация паровых турбин. | | | | | | | |
| Тема 13. Эксплуатационные требования к ПТУ. Требования к надежности, экономичности, маневренности. Группы параметров пара. | | 4 | 4 | | 4 | | О |
| Тема 14. Пуск, стационарная работа и останов ПТУ. Пуск ПТУ из различных видов состояний. Контролируемые параметры при стационарной работе турбины. Останов ПТУ, останов в резерв. | | 4 | 6 | | 8 | | |
| Раздел 8. Газовые турбины промышленных ТЭС. | | | | | | | |
| Тема 15. Особенности газовых турбин. Место и назначение газовых турбин в составе ГТУ. Особенности рабочего процесса и конструкции газовых турбин. | | 5 | 6 | | 10 | | РГР |
| Тема 16. Высокотемпературные газовые турбины. Использование специальной обработки элементов проточной части. Использование жаропрочных сплавов, керамических и композитных материалов. Системы охлаждения деталей газовой турбины. | | 5 | 4 | | 7 | | |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | | 34 | 34 | 17 | 59 | | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа) | | 2,5 | | | 33,5 | | |
| Всего контактная работа и СР по дисциплине | | 155,75 | | | 168,25 | | |

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели задачи курсовой работы (проекта): Целью курсовой работы является формирование компетенций, связанных с изучением конструкции паровых турбин, методов математического моделирования рабочих процессов в турбинах, сполучением навыков в тепловом расчете многоступенчатой паровой турбины, в результате которого определяются геометрические характеристики турбины, ее относительные КПД и некоторые другие параметры.

Задача курсовой работы научить студентов использовать знания по закономерностям рабочих процессов в турбине для теплого расчета, привить навыки самостоятельному анализу полученных результатов.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Тепловой расчет паровой многоступенчатой противодавленческой турбины.

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Работа выполняется индивидуально по указанному варианту, с использованием методических указаний, диаграмм воды и водяного пара, основной и дополнительной литературы по дисциплине.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 40 стр, содержащей следующие обязательные элементы:

1. Исходные данные для расчета.
2. Предварительный расчет турбины.
3. Тепловой расчет регулирующей двухвенечной ступени.
4. Тепловой расчет двуходновенечных ступеней давления.
5. Расчет характеристик паровой турбины, определение номинальной электрической мощности турбины.
6. Выводы.

7. Рисунок в записке: предварительный тепловой процесс турбины в h-s диаграмме; тепловой процесс регулирующей ступени; тепловой процесс двухнерегулируемых ступеней; треугольник скоростей в всех ступенях; проточная часть двухвенечной регулирующей ступени.

8. Чертежи: продольный разрез турбины в масштабе 1:5; проточные части ступеней в масштабе 1:1.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения | Наименование оценочного средства |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 | <p>1. Излагает основные законы рабочих процессов в тепловых двигателях и имеет представление о методах анализа эффективности тепловых двигателей.</p> <p>2. Демонстрирует использование методов математического анализа для оценки эффективности паровых и газовых турбин, показывает процесс оценки качества смазывающих масел экспериментальным путем.</p> <p>3. Использует знания теории паровых и газовых турбин для решения практических задач и проведения экспериментальных исследований.</p> | <p>1. Вопросы устного собеседования</p> <p>2. Практико-ориентированные задания</p> <p>3. Курсовая работа</p> |

5.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций | |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Устное собеседование | Письменная работа |
| 5 (отлично) | <p>Обучающийся показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную и знаком с дополнительной рекомендованной литературой; может объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.</p> <p>Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.</p> | <p>Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемой электрической цепи. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.</p> |
| 4 (хорошо) | Обучающийся показывает достаточный | Работа выполнена в необходимом объеме |

| | | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, устраняет их без помощи преподавателя. Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.</p> | <p>при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями в области электротехники. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.</p> |
| <p>3 (удовлетворительно)</p> | <p>Обучающийся показывает знания основного учебного материала в минимальном объеме, необходимом для дальнейшей учебы; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом большое количество не принципиальных ошибок; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи.</p> | <p>Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.</p> |
| <p>2 (неудовлетворительно)</p> | <p>Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки. Как правило, оценка "не удовлетворительно" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах,</p> | <p>Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопросы по письменной работе без помощи преподавателя. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.</p> |

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания. | |
| Зачтено | Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание теории паровых и газовых турбин, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в использовании учебного материала. | Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи. |
| Не зачтено | Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные физические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. | Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представляет чужую работу, отказывается от выполнения задания. |

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

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п | Формулировки вопросов |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Семестр 5 | |
| 1 | Характеристический коэффициент многоступенчатой паровой турбины. |
| 2 | Коэффициент возврата теплоты многоступенчатой паровой турбины. |
| 3 | Тепловой процесс многоступенчатой турбины в h-s диаграмме. |
| 4 | Особенности профилирования длинных лопаток паровой турбинной ступени. |
| 5 | Определение размеров сопловых и рабочих лопаток турбинной ступени. |
| 6 | Ступени скорости, треугольники скоростей, относительные КПД и тепловой процесс расширения пара двухвальной ступени скорости в h-s диаграмме. |
| 7 | Относительный внутренний КПД турбинной ступени. |
| 8 | Относительный лопаточный КПД турбинной ступени. |
| 9 | Эрозия рабочих лопаток турбинной ступени. Защита от эрозии. |
| 10 | Потери энергии от влажности пара. |
| 11 | Потери энергии в клапанах и выпускном патрубке турбины |
| 12 | Потери энергии на трение диска. |
| 13 | Потери энергии с выходной скоростью из турбинной ступени. |
| 14 | Потери энергии в каналах рабочей решетки. |
| 15 | Потери энергии в каналах соплового аппарата. |
| 16 | Классификация потерь энергии в турбине. |
| 17 | Работа на окружности колеса турбинной ступени. |
| 18 | Геометрия решеток, треугольники скоростей и тепловой процесс расширения пара в турбинной ступени со степенью реакции $\rho = 0,5$. |
| 19 | Геометрия решеток, треугольники скоростей и тепловой процесс расширения пара в турбинной ступени со степенью реакции $\rho = 0$. |
| 20 | Преобразование энергии пара в каналах рабочей решетки реактивной турбинной ступени. Входные и выходные треугольники скоростей. |
| 21 | Преобразование энергии пара в каналах рабочей решетки активной турбинной ступени. Входные и выходные треугольники скоростей. |
| 22 | Расширение пара в каналах сопловой решетки. Косой срез сопла. |
| 23 | Степень реакции турбинной ступени. |
| 24 | Геометрические и кинематические характеристики сопловой и рабочей решеток турбинной ступени. |

| | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25 | Относительные и абсолютные КПД паровой турбины и турбогенератора. Удельные характеристики паротурбинной установки. |
| 26 | Конструктивная схема многоступенчатой паровой реактивной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части. |
| 27 | Конструктивная схема многоступенчатой паровой активной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части. |
| 28 | Конструктивная схема одновенечной и двухвенечной паровой активной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части. |
| 29 | Классификация и обозначение типов паровых турбин. |
| 30 | Краткая история развития паровых турбин. |
| 31 | Диаграмма режимов работы турбины с регулируемым отбором пара. |
| 32 | Диаграмма режимов работы конденсационной турбины и с противодавлением. |
| 33 | Обводное парораспределение. |
| 34 | Сопловое парораспределение. |
| 35 | Дроссельное парораспределение. |
| 36 | Изменение параметров пара по ступеням на переменных режимах работы турбины. |
| 37 | Переменные режимы работы турбины. |
| 38 | Способы уменьшения осевых усилий в паровой турбине. |
| 39 | Осевое усилие, действующее на ротор турбины. Оценка размеров упорного подшипника. |
| Семестр 6 | |
| 40 | Системы охлаждения деталей газовой турбины. |
| 41 | Особенности газовых турбин. |
| 42 | Останов паротурбинной установки. |
| 43 | Стационарная работа паротурбинной установки. |
| 44 | Пуск паротурбинной установки. |
| 45 | Эксплуатационные требования к ПТУ. |
| 46 | Схемы маслоснабжения паровых турбин. |
| 47 | Защита турбины от повышения частоты вращения. |
| 48 | Механизм управления турбиной. |
| 49 | Простейшая схема регулирования паровой турбины. |
| 50 | Регулятор скорости ЛМЗ. |
| 51 | Основные характеристики конденсаторов паровых турбин. |
| 52 | Принципиальная схема конденсационной установки. Устройство конденсатора. |
| 53 | Схема регулирования турбины с двумя промежуточными отборами пара (ПТ). |
| 54 | Схема регулирования турбины с противодавлением и промежуточным отбором пара (ПР). |
| 55 | Схема регулирования турбины с промежуточным отбором пара (П или Т). |
| 56 | Схема регулирования турбины с противодавлением (Р). |
| 57 | Работа турбины с двумя регулируемые отборами пара (ПТ). |
| 58 | Работа турбины с противодавлением и регулируемым отбором пара (ПР). |
| 59 | Работа турбины с промежуточным регулируемым отбором пара (П или Т). |
| 60 | Работа турбины с противодавлением (Р). |
| 61 | Диаграмма режимов работы турбины с регулируемым отбором пара. |
| 62 | Диаграмма режимов работы конденсационной турбины и с противодавлением. |
| 63 | Обводное парораспределение. |
| 64 | Сопловое парораспределение. |
| 65 | Дроссельное парораспределение. |
| 66 | Изменение параметров пара по ступеням на переменных режимах работы турбины. |
| 67 | Переменные режимы работы турбины. |
| 68 | Способы уменьшения осевых усилий в паровой турбине. |
| 69 | Осевое усилие, действующее на ротор турбины. Оценка размеров упорного подшипника. |
| 70 | Характеристический коэффициент многоступенчатой паровой турбины. |
| 71 | Коэффициент возврата теплоты многоступенчатой паровой турбины. |
| 72 | Тепловой процесс многоступенчатой турбины в h-s диаграмме. |
| 73 | Особенности профилирования длинных лопаток паровой турбинной ступени. |
| 74 | Определение размеров сопловых и рабочих лопаток турбинной ступени. |

| | |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 75 | Ступени скорости, треугольники скоростей, относительные КПД и тепловой процесс расширения пара двухвенечной ступени скорости в h-s диаграмме. |
| 76 | Относительный внутренний КПД турбинной ступени. |
| 77 | Относительный лопаточный КПД турбинной ступени. |
| 78 | Эрозия рабочих лопаток турбинной ступени. Защита от эрозии. |
| 79 | Потери энергии от влажности пара. |
| 80 | Потери энергии в клапанах и выпускном патрубке турбины |
| 81 | Потери энергии на трение диска. |
| 82 | Потери энергии с выходной скоростью из турбинной ступени. |
| 83 | Потери энергии в каналах рабочей решетки. |
| 84 | Потери энергии в каналах соплового аппарата. |
| 85 | Классификация потерь энергии в турбине. |
| 86 | Работа на окружности колеса турбинной ступени. |
| 87 | Геометрия решеток, треугольники скоростей и тепловой процесс расширения пара в турбинной ступени со степенью реакции $\rho = 0,5$. |
| 88 | Геометрия решеток, треугольники скоростей и тепловой процесс расширения пара в турбинной ступени со степенью реакции $\rho = 0$. |
| 89 | Преобразование энергии пара в каналах рабочей решетки реактивной турбинной ступени. Входные и выходные треугольники скоростей. |
| 90 | Преобразование энергии пара в каналах рабочей решетки активной турбинной ступени. Входные и выходные треугольники скоростей. |
| 91 | Расширение пара в каналах сопловой решетки. Косой срез сопла. |
| 92 | Степень реакции турбинной ступени. |
| 93 | Геометрические и кинематические характеристики сопловой и рабочей решеток турбинной ступени. |
| 94 | Относительные и абсолютные КПД паровой турбины и турбогенератора. Удельные характеристики паротурбинной установки. |
| 95 | Конструктивная схема многоступенчатой паровой реактивной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части. |
| 96 | Конструктивная схема многоступенчатой паровой активной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части. |
| 97 | Конструктивная схема одновенечной и двухвенечной паровой активной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части. |
| 98 | Классификация и обозначение типов паровых турбин. |
| 99 | Краткая история развития паровых турбин. |

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задание №1.

Определить степень реактивности турбинной ступени.

Дано: отношение скоростей $X_{\phi} = U/C_{\phi} = 0,5$, окружная скорость $U = 160$ м/с, относительная скорость пара на входе в рабочую решетку $W_1 = 140$ м/с, относительная теоретическая скорость пара на выходе из рабочей решетки $W_{2t} = 185$ м/с.

Задание №2.

Определить потери энергии пара в каналах рабочей решетки.

Дано: относительная теоретическая скорость пара на выходе из рабочей решетки $W_{2t} = 190$ м/с; относительная действительная скорость пара на выходе из рабочей решетки $W_2 = 180$ м/с.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная Письменная Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа на зачете 30 минут, на экзамене 45 минут.
- На защиту курсовой работы предоставляется не более 15 минут, включая ответы на вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

| Автор | Заглавие | Издательство | Год издания | Ссылка |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.1.1 Основная учебная литература | | | | |
| П.В. Луканин, Т.Ю. Короткова | Тепловые двигатели для целлюлозно-бумажной промышленности (Теория и конструкция паровых турбин) [Текст] : учеб. пособие | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. - СПб.: СПбГТУРП | 2010 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_10_24_01_compressed.pdf |
| Басукинский, С. М., Басукинский, Б. М. | Центробежные нагнетатели | Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ | 2013 | http://www.iprbookshop.ru/22947.html |
| Наумов, С. А., Хаустова, Е. В., Садчиков, А. В., Соколов, В. Ю., Фирсова, Е. В., Цвяк, А. В. | Тепловые двигатели и нагнетатели | Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ | 2015 | http://www.iprbookshop.ru/61415.html |
| 6.1.2 Дополнительная учебная литература | | | | |
| П. Н. Коновалов, М. С. Липатов | Нагнетатели и тепловые двигатели. Расчет промежуточной ступени многоступенчатой паровой турбины [Текст] : методические указания к практической работе №2 | ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2019 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2019_02_01_01.pdf |
| П.Н. Коновалов, М.С. Липатов | Нагнетатели и тепловые двигатели. Определение вязкости турбинных масел [Текст] : методические указания к лабораторной работе №1 | М-во науки и высшего образования, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2019 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2019_06_19_02.pdf |
| П.Н. Коновалов, М.С. Липатов | Нагнетатели и тепловые двигатели. Определение гидравлической плотности конденсатора путем проверки жесткости конденсата [Текст] : методические указания к лабораторной работе № 2 | М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2019 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2019_06_19_03.pdf |

| | | | | |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| П.Н. Коновалов, М.С. Липатов | Нагнетатели и тепловые двигатели. Предварительный тепловой расчет газовой турбины [Текст] : методические указания к практической работе №3 | ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2019 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2019_02_01_03.pdf |
| П.Н. Коновалов, М.С. Липатов | Нагнетатели и тепловые двигатели. Определение параметров пара в канале соплового аппарата и угла отклонения потока пара в косом срезе [Текст] : методические указания к практической работе №1 | ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2019 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2019_02_01_02.pdf |
| П.Н. Коновалов, А.А. Верховланцев, М.С. Липатов | Нагнетатели и тепловые двигатели. Тепловой расчет паровой многоступенчатой противодавленческой турбины [Текст]: учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы | М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД | 2018 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_04_24_01.pdf |

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс]. URL:<http://teplotekot.ru/>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

- MicrosoftWindows 8
- MicrosoftOfficeProfessional 2013
- Диаграмма HS для воды и водяного пара v2.5

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

| Аудитория | Оснащение |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска |
| Компьютерный класс | Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду |
| А-003 | Лабораторная установка для определения отношения теплоемкостей воздуха, калориметр для определения общей жесткости, термостат вискозиметрический |