

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №7 от 10 марта 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины
«ПАРОГЕНЕРАТОРЫ / BOILER AND STEAM GENERATOR»**

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Технологии и инжиниринг в теплоэнергетике

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Парогенераторы» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

| Код, наименование компетенции | Код индикатора компетенции |
|--|-----------------------------------|
| ПКС-1 Способность осуществлять и анализировать технологические процессы | ПКС-1.4, ПКС-1.6 |
| ПКС-5 Способность к сбору и анализу данных, проведению расчетов оборудования при проектировании, модернизации объектов теплоэнергетики с проведением предварительного технико-экономического обоснования | ПКС-5.2, ПКС-5.6 |

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

| Код индикатора | Содержание индикатора | Результат обучения |
|-----------------------|--|---|
| ПКС-1.4 | Знает основные принципы работы котельных установок разных типов, способы сжигания органических топлив и особенности конструкции котлов при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива | Знать Знать конструкцию паровых и водогрейных котлов, основные профили паровых котлов, характеристики органических топлив, подготовку топлива перед сжиганием Уметь Уметь разбираться в конструкциях паровых и водогрейных котлов, оценивать влияние характеристик органических топлив на показатели работы котельных агрегатов Владеть Владеть навыками анализа влияния характеристик органических топлив на надежность работы паровых и водогрейных котлов, навыками поиска информации о способах повышения эффективности сжигания органических топлив |
| ПКС-1.6 | Знает технологические процессы, протекающие в поверхностях нагрева котлов и умеет анализировать влияние изменения процесса в поверхности нагрева на эффективность работы котла. Знает перспективы развития котельных агрегатов | Знать Знать способы передачи тепла в котельных агрегатах, процессы с газовой стороны поверхностей нагрева, внутрекотловую гидродинамику барабанных и прямоточных котлов, водный режим котельных агрегатов, мероприятия по повышению эффективности работы парогенераторов, перспективы развития котельных агрегатов |

| | | |
|---------|--|--|
| | | <p>Уметь Уметь анализировать влияние изменения процесса в поверхности нагрева на эффективность работы котла</p> <p>Владеть Владеть навыками анализа влияния изменений в поверхностях нагрева на изменение эффективности работы котла в целом</p> |
| ПКС-5.2 | <p>Знает методику проведения теплотехнических расчетов котельных установок. Способен оценивать расход топлива и эффективность работы котельных установок при сжигании органических топлив.</p> <p>Знает нормативные документы по оценке технико-экономических показателей работы котельных установок</p> | <p>Знать Знать показатели, характеризующие техническое состояние парогенераторов, методики выполнения теплотехнических расчетов котельных агрегатов.</p> <p>Уметь Уметь проводить поиск, обработку, анализ исходных данных и выполнять теплотехнические расчеты котельных агрегатов, пользоваться нормативным методом теплового расчета котлов.</p> <p>Владеть Владеть методикой составления теплового баланса котла, определения КПД котельного агрегата, расчета расхода топлива.</p> |
| ПКС-5.6 | <p>Владеет навыками выполнения поверочного теплового расчета котла и способен анализировать его результаты</p> | <p>Знать Знать методику расчета теплообмена в поверхностях нагрева котельных агрегатов .</p> <p>Уметь Уметь проводить поиск, обработку, анализ исходных данных и выполнять теплотехнические расчеты котельных агрегатов, пользоваться нормативным методом теплового расчета котлов.</p> <p>Владеть Владеть навыками выполнения поверочного теплового расчета котельного агрегата и анализа его результатов.</p> |

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Парогенераторы» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Математика», «Введение в профессиональную деятельность», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Теория горения топлива», «Водоподготовка и водно-химический режим энергопредприятий»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Тепловые и атомные электростанции», «Оборудование ТЭС», «Режимы работы энергетических установок», «Эксплуатация парогенераторов», «Природоохранные технологии в теплоэнергетике», «Надежность конструкционных материалов и оборудования в

теплоэнергетике», «Экономика и управление энергетическим предприятием», «Проектная деятельность», «Производственная практика: вторая технологическая практика», «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 6 ЗЕТ

| Вид учебной работы | Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) | | |
|---|---|-------------|--------------------------|
| | Всего | Семестр № 5 | Семестр № 6 |
| Общая трудоемкость дисциплины | 216 | 72 | 144 |
| Аудиторные занятия, в том числе: | 112 | 48 | 64 |
| лекции | 48 | 16 | 32 |
| лабораторные работы | 16 | 0 | 16 |
| практические/семинарские занятия | 48 | 32 | 16 |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование) | 68 | 24 | 44 |
| Трудоемкость промежуточной аттестации | 36 | 0 | 36 |
| Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине) | Экзамен, Курсовой проект, Зачет | Зачет | Экзамен, Курсовой проект |

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 5

| № п/п | Наименование раздела и темы дисциплины | Виды контактной работы | | | | | | СРС | | Форма текущего контроля |
|-------|---|------------------------|-----------|----|-----------|------------|-----------|-----|-----------|-------------------------|
| | | Лекции | | ЛР | | ПЗ(СЕМ) | | | | |
| № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Технологическая схема получения пара на ТЭС. | 1 | 6 | | | | | 1 | 4 | Устный опрос |
| 2 | Основные профили паровых котлов | 2 | 8 | | | 1 | 6 | 3 | 10 | Устный опрос |
| 3 | Тепловой баланс котельного агрегата (часть 1) | 3 | 2 | | | 2, 3, 4, 5 | 26 | 2 | 10 | Устный опрос |
| | Промежуточная аттестация | | | | | | | | | Зачет |
| | Всего | | 16 | | | | 32 | | 24 | |

Семестр № 6

| № п/п | Наименование раздела и темы дисциплины | Виды контактной работы | | | | | | СРС | | Форма текущего контроля | |
|----------|---|------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------|--------------|-------------------------------|--|
| | | Лекции | | ЛР | | ПЗ(СЕМ) | | | | | |
| | | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | Тепловой баланс котельного агрегата (часть 2). | 1 | 4 | | | 1, 2, 3 | 12 | 1, 3 | 25 | Устный опрос | |
| 2 | Процессы с газовой стороны поверхностей нагрева | 2 | 10 | 3, 4, 5 | 10 | | | 5 | 10 | Устный опрос | |
| 3 | Внутрикотловая гидродинамика. Водный режим котельного агрегата | 3 | 12 | | | 4 | 4 | 4 | 4 | Устный опрос | |
| 4 | Нестационарные процессы в парогенераторах. Общая характеристика современных котельных установок | 4 | 6 | | | | | 2 | 5 | Устный опрос | |
| | Промежуточная аттестация | | | | | | | | 36 | Экзамен, Курсовой проект | |
| Всего | | | 32 | | 10 | | 16 | | 80 | | |

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

| № | Тема | Краткое содержание |
|---|--|---|
| 1 | Технологическая схема получения пара на ТЭС. | Описание технологической схемы: подача топлива, размол, дробление, подготовка топлива к сжиганию; подача воздуха и удаление дымовых газов; подача воды, обработка воды, принципиальная схема пароводяного тракта котла. Роль парового котла в схемах тепловых и атомных электрических станций; одно-, двух-, трехконтурные схемы АЭС. |
| 2 | Основные профили паровых котлов | П-, Т-, У-, Н-образные и многоходовые компоновки парогенераторов, достоинства и недостатки; области применения; парогенерирующие поверхности нагрева, методы повышения надежности; пароперегреватели, компоновка, крепление; низкотемпературные поверхности нагрева, выбор компоновки, условия работы; конструкция, крепление, расчет водяных экономайзеров и воздухоподогревателей; тепловые характеристики и принципиальные схемы парогенераторов атомных электростанций. |
| 3 | Тепловой баланс | Задачи, методы и последовательность теплового |

| | | |
|--|----------------------------------|---|
| | котельного агрегата (часть 1) | расчета; полезно используемое тепло в котле; расчетное располагаемое тепло топлива; потери тепла в котле абсолютные и относительные; определение КПД котла брутто и нетто; прямой и обратный балансы котла. |
|--|----------------------------------|---|

Семестр № 6

| № | Тема | Краткое содержание |
|----------|---|---|
| 1 | Тепловой баланс котельного агрегата (часть 2). | Условия теплообмена, радиационный теплообмен, расчет топочной камеры. |
| 2 | Процессы с газовой стороны поверхностей нагрева | Конвективный теплообмен, основные уравнения, коэффициенты тепло-отдачи конвекцией, излучением; коэффициенты теплопередачи, загрязнения, тепловой эффективности и использования; шлакующие свойства топлив, механизм образования сыпучих и трудноудаляемых отложений на поверхностях топочной камеры; первичное и вторичное шлакования. |
| 3 | Внутрикотловая гидродинамика. Водный режим котельного агрегата | Структура и параметры двухфазного потока; силы, действующие на паровой пузырек в потоке; теплогидравлическая разверка и гидродинамика рабочей среды в поверхностях нагрева; температура стенки и рабочего тела по парогенерирующему каналу; гидродинамика контуров естественной циркуляции; анализ надежности естественной циркуляции, расчет простых и сложных контуров; гидродинамика систем с принудительным движением; тепловая разверка, расчетные показатели, методы снижения теплогидравлических разверток. Условия работы поверхностей нагрева; принципы конструирования котельного агрегата; тепловой, аэродинамический, гидравлический и прочностной расчеты котельного агрегата. |
| 4 | Нестационарные процессы в парогенераторах. Общая характеристика современных котельных установок | Работа котельного агрегата в режимах отличных от номинального: пониженная производительность, давление и температура питательной воды; определение статических и динамических характеристик. Эксплуатация котельных агрегатов: пуск и останов котла, обслуживание котла во время работы, обеспечение надежности эксплуатации. Общая характеристика современных котельных установок, их место и роль на промышленных предприятиях. Источники теплоты промышленных котельных установок. Материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газовом, жидким и твердом топливах. |

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 6

| № | Наименование лабораторной работы | Кол-во академических часов |
|----------|---|-----------------------------------|
| 1 | Конструкции паровых котлов большой мощности | 2 |
| 2 | Расчет теплового баланса и расхода топлива действующего парового котла | 4 |
| 3 | Исследование работы пароперегревателя парового котла | 2 |
| 4 | Исследование работы экономайзерных поверхностей нагрева парового котла | 2 |
| 5 | Исследование работы воздухоподгревателя с оценкой вероятности возникновения точки росы сернистых паров на газовой стороне холодного пакета парового котла | 6 |

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

| № | Темы практических (семинарских) занятий | Кол-во академических часов |
|----------|---|-----------------------------------|
| 1 | Конструктивные особенности котельных агрегатов | 6 |
| 2 | Расчет действительных объемов воздуха и продуктов сгорания при $\alpha > 1$ | 4 |
| 3 | Расчет энталпий воздуха и продуктов сгорания | 6 |
| 4 | Расчет теплового баланса котельного агрегата | 6 |
| 5 | Расчет низкотемпературных поверхностей нагрева | 10 |

Семестр № 6

| № | Темы практических (семинарских) занятий | Кол-во академических часов |
|----------|--|-----------------------------------|
| 1 | Расчет топки котельного агрегата | 4 |
| 2 | Расчет пароперегревателя котельного агрегата | 6 |
| 3 | Расчет невязки теплового баланса | 2 |
| 4 | Расчет кратности циркуляции котлов барабанных котлов | 4 |

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

| № | Вид СРС | Кол-во академических часов |
|----------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 | Подготовка к зачёту | 4 |

| | | |
|---|--|----|
| 2 | Подготовка к практическим занятиям | 10 |
| 3 | Проработка разделов теоретического материала | 10 |

Семестр № 6

| № | Вид СРС | Кол-во академических часов |
|---|---|----------------------------|
| 1 | Написание курсового проекта (работы) | 20 |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям | 5 |
| 3 | Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам) | 5 |
| 4 | Подготовка к сдаче и защите отчетов | 4 |
| 5 | Проработка разделов теоретического материала | 10 |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: презентация с элементами дискуссии, работа в малых группах, обратная связь.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

1. Тепловой расчет котлов. (Нормативный метод.). Издание 3-е, переработанное и дополненное. Изд-во НПО ЦКТИ, СПб, 1998. 256 с.
2. Карякин С.К. Котельные установки и парогенераторы. Тепловой расчет котлов: учебное пособие. Изд-во Томский политехнический университет, 2010. - 156 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

1. Сорокина Л.А., Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие для вузов по направлению 650800 "Теплоэнергетика" по специальности 100500 "Тепловые электр. станции / Л.А. Сорокина, В.В. Федчишин, А.Н. Кудряшов, 2002. - 146 с.
2. Коваль Т.В. Котельные установки: учебное пособие/ Т.В. Коваль, А.Н. Кудряшов, В.В. Елизаров, 2021. = 316 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

1. Коваль Т.В. Котельные установки и парогенераторы: лабораторный практикум/Т.В. Коваль, А.Н. Кудряшов, В.А. Начигин: Иркут. национ, исследоват. техн. ун-т, 2015. - 130 с.
2. Коваль Т.В. Котельные установки и парогенераторы [Электронный ресурс] : лабораторный практикум /Т.В. Коваль, А.Н. Кудряшов, В.А. Баширин, 2016. - 112 с.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

1. Котельные установки и парогенераторы. Проверочный тепловой расчет котельного агрегата Е-160-9,8-540 (БКЗ=160-100Ф) на угле Переяслоаского меспорождения [Электронный ресурс] : учебное пособие для курсового и дипломного проектирования для студентов по направлениям 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника"/ Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин= т энергетики, Каф Электрических станций, сетей и систем, 2016. - 106 с.

2. Котельные установки и парогенераторы. Тепловой расчет котла Е=75-3,9-440 [Электронный ресурс] : учебное пособие к самостоятельной работе студентов специальностей 141001 "Тепловые электрические станции", 141004 "Промышленная теплоэнергетика" очной и заочной форм обучения/ Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 43 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос студентов проводится перед началом лекции, а также вопросы задаются на протяжении всей лекции, чтобы контролировать степень усвоения материала, излагаемого на лекционном занятии. Также устный опрос проводится перед выполнением каждой лабораторной работы путем интервьюирования студентов по методикам проведения работ.

Критерии оценивания.

Устный опрос оценивается в зависимости от правильности ответов баллами: 90-100% правильных ответов – «отлично», 75-89% – «хорошо», 40-74% – «удовлетворительно»; менее 40% – «не удовлетворительно».

6.1.2 семестр 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос студентов проводится перед началом лекции, а также вопросы задаются на протяжении всей лекции, чтобы контролировать степень усвоения материала, излагаемого на лекционном занятии. Также устный опрос проводится перед выполнением каждой лабораторной работы путем интервьюирования студентов по методикам проведения работ.

Критерии оценивания.

Устный опрос оценивается в зависимости от правильности ответов баллами: 90-100% правильных ответов – «отлично», 75-89% – «хорошо», 40-74% – «удовлетворительно»; менее 40% – «не удовлетворительно».

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

| Индикатор достижения компетенции | Критерии оценивания | Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации |
|---|--|--|
| ПКС-1.4 | Демонстрирует знания о способах сжигания органических топлив в | Выполнение практических |

| | | |
|---------|---|---|
| | котельных агрегатах, конструкциях паровых и водогрейных котлов | заданий, устное собеседование по теоретическим вопросам |
| ПКС-1.6 | Демонстрирует знание технологических процессов, протекающих в поверхностях нагрева котлов; анализирует влияние изменения процесса в поверхности нагрева на изменение в работе котла в целом | Защита лабораторных работ; выполнение, оформление и защита курсового проекта; устное собеседование по экзаменационным вопросам. |
| ПКС-5.2 | Демонстрирует способность правильно составить тепловой баланс котла, оценить необходимый расход топлива, рассчитать КПД котельного агрегата. | Выполнение практических заданий, устное собеседование по теоретическим вопросам. |
| ПКС-5.6 | Демонстрирует способность правильно выполнить поверочный тепловой расчет котла с анализом его результатов. | Выполнение практических заданий, оформление и защита курсового проекта, устное собеседование по экзаменационным вопросам. |

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

При проведении зачета в форме устных или письменных ответов на вопросы преподаватель раздаёт по 3 вопроса каждому студенту. Для подготовки ответа дается 10-15 минут. Зачет может проводиться, в зависимости от текущих условий, в форме: устных ответов на вопросы, письменных ответов на вопросы или тестирования. При этом любая форма контроля должна обеспечить полную и объективную проверку знаний.

Пример задания:

1. Что называется тепловым напряжением топочного объема?
2. Что называется коэффициентом избытка воздуха? Как он практически

- определяется при эксплуатации? Укажите мероприятия по уменьшению избытка воздуха в топке и присосов воздуха по газоходам.
3. Укажите причины, вызывающие появление продуктов неполного сгорания топлива. Каков состав дымовых газов в этом случае?
 4. От чего зависит потеря тепла с уходящими газами, и какие существуют способы уменьшения этой потери?
 5. Какова зависимость потерь тепла с уходящими газами, с химическим и механическим недожогами от коэффициента избытка.
 6. Какие потери тепла заметно увеличиваются при повышении зольности топлива?
 7. На увеличение каких потерь тепла отражается повышение теплонапряжения топочного объема?
 8. Как и почему изменяется теплота сгорания топлива при изменении его влажности?
 9. Запишите тепловой баланс котла (прямой и обратный), определите КПД котла по прямому и обратному балансу.
 10. Конструкции топочных камер; расчетные характеристики топок для сжигания газа, мазута и твердого топлива.
 11. Топки с вихревым факелом и с кипящим слоем, их анализ, достоинства и недостатки.
 12. Построение тепловой схемы котла.
 13. Конструкции топочных экранов, крепление, повышение надежности работы экранов прямоточных котлов.
 14. Пароперегреватели. Конструкция, регулирование температуры перегретого пара.
 15. Конструкции водяных экономайзеров, крепление, расчет.
 16. Конструкции воздухоподогревателей, достоинства и недостатки ТВП и РВП, крепление, расчет
 17. Низкотемпературная коррозия в хвостовых поверхностях нагрева и мероприятия по ее предотвращению.
 18. Тепловой расчет котла: поверочный и конструкторский. Задачи, методы и последовательность расчета конвективных поверхностей нагрева.
 19. Особенности теплообмена в топке.
 20. Полное тепловыделение в топке, лучистый теплообмен.
 21. Выбор и расчет температуры газов на выходе из топки.
 22. Структура и параметры двухфазного потока.
 23. Надежная работа опускных труб.
 24. Гидродинамика систем с принудительным движением рабочей среды.
 25. Пульсация потока в трубах, методы ее предотвращения.
 26. Требования к качеству питательной воды.
 27. Паросепарационные устройства.
 28. Ступенчатое испарения.
 29. Обмуровочные материалы, используемые в котлостроении.
 30. Технологическая схема получения пара на ТЭС.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

| Зачтено | Не зачтено |
|--|---|
| Уверенно отвечает на 2 и более вопроса из 3 предложенных преподавателем. | Отвечает на 1 и менее вопрос из 3 предложенных преподавателем |

6.2.2.2 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Итоговая оценка экзамена выставляется в зависимости от полноты и правильности ответов на 2 вопроса экзаменационного билета по 5-балльной системе (из приведенного ниже перечня), а также учитывается результат защиты курсового проекта.

Пример задания:

1. Что называется тепловым напряжением топочного объема?
2. Что называется коэффициентом избытка воздуха? Как он практически определяется при эксплуатации? Укажите мероприятия по уменьшению избытка воздуха в топке и присосов воздуха по газоходам.
3. Укажите причины, вызывающие появление продуктов неполного сгорания топлива. Каков состав дымовых газов в этом случае?
4. От чего зависит потеря тепла с уходящими газами, и какие существуют способы уменьшения этой потери?
5. Какова зависимость потерь тепла с уходящими газами, с химическим и механическим недожогами от коэффициента избытка.
6. Какие потери тепла заметно увеличиваются при повышении зольности топлива?
7. На увеличение каких потерь тепла отражается повышение теплонапряжения топочного объема?
8. Как и почему изменяется теплота сгорания топлива при изменении его влажности?

9. Запишите тепловой баланс котла (прямой и обратный), определите КПД котла по прямому и обратному балансу.
10. Конструкции топочных камер; расчетные характеристики топок для сжигания газа, мазута и твердого топлива.
11. Топки с вихревым факелом и с кипящим слоем, их анализ, достоинства и недостатки.
12. Построение тепловой схемы котла.
13. Конструкции топочных экранов, крепление, повышение надежности работы экранов прямоточных котлов.
14. Пароперегреватели. Конструкция, регулирование температуры перегретого пара.
15. Конструкции водяных экономайзеров, крепление, расчет.
16. Конструкции воздухоподогревателей, достоинства и недостатки ТВП и РВП, крепление, расчет
17. Низкотемпературная коррозия в хвостовых поверхностях нагрева и мероприятия по ее предотвращению.
18. Тепловой расчет котла: поверочный и конструкторский. Задачи, методы и последовательность расчета конвективных поверхностей нагрева.
19. Особенности теплообмена в топке.
20. Полное тепловыделение в топке, лучистый теплообмен.
21. Физический смысл коэффициентов тепловой эффективности, использования и загрязнения в расчетах поверхностей нагрева.
22. Выбор и расчет температуры газов на выходе из топки.
23. Структура и параметры двухфазного потока.
24. Тепловая и гидравлическая неравномерность в системе параллельно работающих труб.

25. Надежная работа опускных труб.
26. Гидродинамика систем с принудительным движением рабочей среды.
27. Пульсация потока в трубах, методы ее предотвращения.
28. Требования к качеству питательной воды.
29. Паросепарационные устройства.
30. Ступенчатое испарения.
31. Обмуровочные материалы, используемые в котлостроении.
32. Энергетические ресурсы и схемы ТЭС (ПТУ, ГТУ, ПГУ, АЭС)
33. Технологическая схема получения пара на ТЭС.
34. Пароводяной и газовоздушный тракты барабанного парогенератора, конструктивное оформление, достоинства и недостатки.
35. Пароводяной и газовоздушный тракты прямоточного парогенератора, конструктивное оформление, достоинства и недостатки.
36. Котлы с многократной принудительной циркуляцией достоинства и недостатки их, конструктивное оформление.
37. Классификация котлоагрегатов. Маркировка отечественных котлов.
38. Температуры греющей и нагреваемой среды по газоходам котла, назначение отдельных элементов котла, их конструкция, крепление, расчет (экраны и др. поверхности нагрева).
39. Компоновка котлов; влияние состава минеральной части топлива на выбор компоновки.
40. Материальный баланс процесса горения в котле. Определение теоретических объемов воздуха и продуктов сгорания.
41. Классификация топочных устройств: по методу сжигания (слоевое, камерное); по характеру организации газовоздушного потока (факельные, вихревые).
42. Типы и классификация слоевых топок, принципиальные схемы, достоинства и недостатки.
43. Типы и классификация камерных топок, принципиальные схемы, достоинства и недостатки.
44. Типы компоновок котлов: П и Т-образные компоновки, достоинства и недостатки.
45. Г-образная, башенная и другие компоновки котлов (N-образная, сомкнутая, многоходовая) их достоинства и недостатки.
46. Основные расчетные характеристики камерных топок, для различных типов топлив.
47. Классификация камерных топок: по типу факела, по типу и расположению горелок, по типу и выполнению экранов, по конструкции топочной камеры: открытые и полуоткрытые; одно-, двух- и трехкамерные (изобразить схематично) .
48. Топки с жидким шлакоудалением, достоинства и недостатки.
49. Шлакование топок и методы его предотвращения. Мероприятия по организации бесшлаковочного режима.
50. Располагаемое тепло топлива, его составляющие.
51. Общее уравнение теплового баланса. Прямой и обратный балансы котла, его составляющие.
52. Полезно используемое тепло в котле. Определение потерь тепла в котле.
53. КПД котла нетто и брутто. Определение полного и расчетного расхода топлива.
54. Анализ потерь тепла в котле, их определение в абсолютных и относительных единицах. Мероприятия по их снижению
55. Определение экономичной температуры уходящих газов.
56. Особенности теплообмена в топке. Понятие теоретической температуры горения топлива в топке; лучистой поверхности нагрева; максимальной температуры газов и температуры на выходе из топки.

57. Понятие температуры точки росы; мероприятия по снижению сернокислотной коррозии в низкотемпературных поверхностях нагрева.
58. Условия работы конвективных поверхностей нагрева (графики температурных напоров).
59. Выбор компоновки хвостовых поверхностей нагрева в зависимости от состава минеральный примесей в топливе и с точки зрения технико-экономического расчета.
60. Расчет простого контура ЕЦ (порядок расчета и графическое решение).
61. Полная характеристика циркуляционного контура.
62. Явления застоя, опрокидывания и свободного уровня контура циркуляции.
63. Проверка надежности работы контура циркуляции на застой, опрокидывание и свободный уровень.
64. Условия надежной работы опускных труб; условия отсутствия кавитации.
65. Способы повышения надежности ЕЦ; критерии надежности.
66. Влияние тепловой развертки на технико-экономические показатели работы котла и пароперегревателя.
67. Гидродинамическая характеристика прямоточных котлов, причины ее нестабильности и устранения; условие крутизны.
68. Закономерности уноса влаги с паром; коэффициент выноса солей, солевой баланс для одно- и двухступенчатой схем испарения.
69. Критическая нагрузка парового пространства барабана; допустимая нагрузка зеркала испарения.
70. Механизм капельного уноса в барабане, роль давления.
71. Ступенчатое испарение, балансы солей для одно-, двух-, и трех- ступенчатой схем испарения.
72. Методы получения чистого пара. Паросепарационные устройства, понятие барботажа.
73. Конструктивное оформление, крепление и принцип работы внутрибарабанных и выносных циклонов.
74. Конструктивные мероприятия по предотвращению отложения солей в испарительном тракте прямоточного котла (переходная зона, паросепараторы и т.д.).
75. Методы улучшения качества пара для барабанных и прямоточных котлов.
76. Шлакование наружных поверхностей нагрева, меры борьбы.
77. Определение температуры стенки парогенерирующей трубы; влияние и коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи от стенки к пару на надежность металла работы труб.
78. Влияние коэффициента выноса солей на надежность работы пароперегревателя и экономичность паросилового цикла.
79. Расчет высоты дымовой трубы. Учет самотяги.
80. Выбор тягодутьевых устройств.
81. Схема организации аэродинамики в топках котлов._

6.2.2.2 Критерии оценивания

| Отлично | Хорошо | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
|---|---|---|--|
| в случае: правильных и полных ответов на два вопроса; правильного, но неполного ответа на один из | в случае: правильного и полного ответа на один вопрос и правильного, но неполного ответа на один из | в случае: неверного ответа (отсутствия ответа) на один вопрос и полного ответа на второй вопрос. | в случае: неверного ответа (отсутствия ответов) на два вопроса. |

| | | | |
|---|---|--|--|
| <p>вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.</p> | <p>вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.</p> | | |
|---|---|--|--|

6.2.2.3 Семестр 6, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Оценка за защиту курсового проекта выставляется на основе ответов на 2 вопроса по расчетам, произведенным в работе, и 2-3 вопроса по чертежу котла, выполненного на формате А3.

Пример задания:

1. Назначение парового котла?
2. В чем заключается различие в понятиях «паровой котел» и «котельная установка»?
3. Назначение пароперегревателя?
4. Назначение водяного экономайзера?
5. Назначение воздухоподогревателя?
6. Что включает в себя котельный агрегат?
7. Что включает в себя понятие «Пароводяной тракт» котла?
8. Что включает в себя понятие «Газовоздушный тракт» котла?
9. Что включает в себя понятие «Топливный тракт» котла?
10. Что называют поверхностями нагрева котельного агрегата?
11. Что такое избыточное и абсолютное давление среды?
12. Какова физическая сущность процесса кипения и испарения среды?
13. В чем принципиальное отличие влажного, сухого и перегретого пара?
14. Что такое теплоемкость тел?
15. В каких элементах и за счет чего протекает процесс подогрева, испарения воды и перегрев пара в паровом котле?
16. Как изменяется удельный объем воды и пара в зависимости от давления и температуры?
17. Что происходит при охлаждении пара?
18. Что происходит в паровом котле с рабочей средой после его останова?

19. Какие топлива сжигаются в котельных установках?
20. Элементный состав твердых и жидкых топлив?
21. Чем отличается от процесса горения взрыв горючих газов?
22. Какое твердое топливо будет иметь более высокую теплоту сгорания Q_{hr} : 10% влаги и 20% золы или имеющее 10% золы и 20% влаги?
23. Какие отрицательные последствия на работу котла оказывает повышенное содержание влаги и серы в топливе?
24. Что такое коэффициент избытка воздуха?
25. Чем вызвано различие избытков воздуха на выходе из топки для разных видов топлив?
26. Какова роль присосов воздуха в топке и конвективном газоходе котла?
27. Какой состав имеют продукты горения топлива?
28. Чем отличается теоретический и реальный объем продуктов сгорания?
29. Как контролируется избыток воздуха и полнота сгорания топлива?
30. Почему содержание в дымовых газах CO_2 или CO характеризует избыток воздуха в топке?
31. Как подсчитать избыток воздуха, зная содержание CO_2 или O_2 в дымовых газах?
32. Чему будет равна концентрация кислорода в дымовых газах, если коэффициент избытка воздуха в топке равен от = 1,23.
33. Как изменяется избыток воздуха при движении дымовых газов по газоходам котла?

34. Какие токсичные вещества содержатся в дымовых газах?
35. В чем различие и что общего между золой и шлаком?
36. Какой технической характеристикой определяется склонность топлива к шлакованию или возможность образования жидкого шлака?
37. Тепловой баланс котельного агрегата? Виды тепловых потерь?
38. Способы определения КПД котельного агрегата?
39. Может ли КПД котла быть выше 100%?
40. Какие расходы необходимы на собственные нужды котельного агрегата?
41. Чем отличается КПД брутто и нетто котлоагрегата?
42. Чем обусловлены потери тепла с уходящими газами?
43. Как уменьшить потери тепла с уходящими газами?
44. Как предупредить потери тепла от химической неполноты сгорания?
45. Как зависит потеря тепла с химическим недожогом от избытка воздуха в топке?
46. Как зависит потеря тепла с химическим недожогом от нагрузки котельного агрегата?
47. Как уменьшить потерю тепла от механической неполноты сгорания топлива?
48. При сжигании каких твердых топлив потеря с механическим недожогом значительна и почему?
49. Как уменьшить потерю тепла в окружающую среду?
50. Как изменяются по абсолютной и относительной величине потери тепла в окружающую среду от паропроизводительности котла?
51. Существует ли зависимость между тепловыми потерями q_2 и q_4 ?
52. Преимущества и недостатки П-образной компоновки?
53. Преимущества и недостатки Т-образной компоновки?
54. Для чего воздухоподогреватель выполняют многоходовым и многопоточным?
55. Какие факторы определяют оптимальное значение температуры уходящих газов?
56. Как изменяется К.П.Д. котла с уменьшением нагрузки?
57. Как изменятся размеры поверхностей нагрева котла после перевода его с жидкого шлакоудаление на твердое с сохранением паропроизводительности и основных параметров (давления, температуры) котлоагрегата?

58. Что произойдет с режимом работы котла после его перевода с жидкого шлакоудаления на твердое в результате реконструкции только одной холодной воронки при неизменных размерах радиационных, полурадиационных и конвективных поверхностей нагрева котла?
59. Что включает в себя тепловая схема котла и зависит ли она от вида сжигаемого топлива?
60. Чем ограничивается допустимая минимальная нагрузка котла? Зависит ли она от вида сжигаемого топлива?
61. Почему имеет место различный характер зависимости тепловосприятия рабочей среды в радиационных и конвективных поверхностях нагрева котла при изменении нагрузки?
62. За счет чего происходит движение рабочей среды в пароперегревателях и водяном экономайзере котла?
63. Как соотносятся между собой расход питательной воды на котел и расход перегретого пара на выходе из котла?
64. В чем принципиальное отличие поверочной методики расчета поверхности нагрева котла от конструкторской?
65. Какими способами тепло, выделяющееся при сгорании топлива в котельном агрегате передается рабочему телу?
66. Цель и задачи расчета конвективного пароперегревателя?
67. Почему змеевики и пакеты конвективного пароперегревателя чаще всего располагают по смешанной схеме движения сред, а не по прямотоку или противотоку?
68. Почему поперечный шаг между рядами труб змеевиков (s_1) конвективного пароперегревателя меньше, чем соответствующий размер у ширмового пароперегревателя?
69. Как определяется площадь поверхности теплообмена конвективной поверхности котла?
70. Почему в радиационном пароперегревателе площадь поперечного сечения для прохода пара всегда меньше чем у ширмового и конвективного пароперегревателей?
71. Цель и задача расчета конвективных поверхностей нагрева котла (водяного экономайзера и воздухоподогревателя)?
72. Что такое кратность циркуляции? Сколько пара (%) содержится в пароводяной смеси на выходе из подъемных труб с естественной циркуляцией?
73. Почему допустимая кратность циркуляции в контурах естественной циркуляции должна быть более 4?
74. Какие возможны нарушения циркуляции в паровом котле и чем они обусловлены?
75. Какое значение для циркуляции имеет обогрев опускных труб?
76. Как отражается на температуре перегретого пара загрязнение поверхности нагрева пароперегревателя котла?
77. Почему температура перегретого пара возрастает при отборе на собственные нужды от котла насыщенного пара?
78. Как влияет на температуру перегретого пара неудовлетворительная работа сепарационных устройств?
79. Какие типы пароохладителей применяют для регулирования температуры пара? 80. Каковы преимущества и недостатки пароохладителей поверхностного типа? Где их устанавливают?
81. Конструктивное исполнения экономайзеров котла?
82. Чем отличаются «кипящие» от «некипящих» экономайзеров?
83. Причины повышения температуры воды и ее кипение в некипящем экономайзере?
84. Способы компоновки водяных экономайзеров в конвективной шахте и чем они обусловлены?

85. Для чего используется двухступенчатая компоновка воздухоподогревателей?
86. Принцип крепления и направление температурного расширения трубчатого воздухоподогревателя?
87. Каковы основные неполадки при работе воздухоподогревателей?
88. Чем определяется рекомендуемый диапазон скорости газов в воздухоподогревателе от 9 до 12 м/с, а скорости воздуха от 4 до 6 м/с?
89. Способы очистки хвостовых поверхностей нагрева от золовых отложений? Как поступает в топку воздух, необходимый для горения и чем удаляются из котла дымовые газы? Что такое уравновешенная тяга котла?_

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

| Отлично | Хорошо | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
|--|--|---|--|
| в случае: правильных и полных ответов на четыре вопроса; правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиального о характере, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя. | в случае: правильных и полных ответов на три вопроса и правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиального о характере, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя. | в случае: неверного ответа (отсутствия ответа) на один вопрос и полного ответа на три вопроса | в случае: неверного ответа (отсутствия ответов) на четыре вопроса. |

7 Основная учебная литература

1. Липов Ю. М. Котельные установки и парогенераторы : учеб. для специальности 1005 "Тепловые и электр. станции" / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков, 2005. - 591.
2. Сорокина Л. А. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие для вузов по направлению 650800 "Теплоэнергетика" по специальности 100500 "Тепловые электрические станции" / Л. А. Сорокина, В. В. Федчишин, А. Н. Куряшов, 2002. - 146.
3. Липов Ю. М. Котельные установки и парогенераторы : учебник для специальности 1005 "Тепловые и электрические станции" / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков, 2006. - 591.

4. Сидельковский Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юрьев, 2009. - 526.
5. Коваль Т. В. Котельные установки и парогенераторы : лабораторный практикум / Т. В. Коваль, А. Н. Кудряшов, В. А. Начигин; Иркут. национ. исследоват. техн. ун-т, 2015. - 130.
6. Коваль Т. В. Котельные установки : учебное пособие / Т. В. Коваль, А. Н. Кудряшов, В. В. Елизаров, 2021. - 316.
7. Бадмаев Ю. Ц. Котельные установки и парогенераторы : учебно-методическое пособие для вузов / Ю. Ц. Бадмаев, Н. С. Хусаев, М. Б. Балданов, 2023. - 68.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Сидельковский Лазарь Наумович. Котельные установки промышленных предприятий : учеб. для вузов по спец. "Пром. теплоэнергетика" / Лазарь Наумович Сидельковский, В.П. Юрьев, 1988. - 528.
2. Деев Леонид Васильевич. Котельные установки и их обслуживание / Леонид Васильевич Деев, Николай Александрович Балахничев, 1990. - 328.
3. Бойко Е. А. Котельные установки : учебное пособие / Е. А. Бойко, 2021. - 668.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
2. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2008

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 313963 Образец котла ТПЕ-215
2. "Макет котла БКЗ-420 Ново-Иркутской ТЭЦ"
3. экран 213*280 моториз Projecta
4. Проектор SonyVPL-EX50 LCD