

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ «БЕЛЭНЕРГО»
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор УО «МГЭК»

Новиков А.А.

2024 г.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1
ПО УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ
«КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ»**

Для обучающихся заочного отделения по специальности 5-04-0712-05
«Техническая эксплуатация оборудования тепловых электрических станций»

Разработал: _____ / А.Л. Клячин /

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению на заседании предметной
(цикловой) комиссии теплотехнических предметов:

Протокол № 11 «20» июня 2024 года

Председатель предметной (цикловой) комиссии специальных
теплотехнических предметов _____ / Ю.П. Плеско /

Согласовано:

Методист колледжа _____ / О.В. Какорина /

Заведующий заочным
отделением _____ / А.А. Куцов /

Минск 2024 год

СОДЕРЖАНИЕ

1	Пояснительная записка	3
2	Краткое содержание программы	4
3	Общие требования по оформлению домашней контрольной работы	6
4	Методические указания по выполнению домашней контрольной работы	7
5	Задания для домашних контрольных работ	36
6	Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы	41
7	Список использованных источников (литература)	42

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данные методические рекомендации для выполнения домашней контрольной работы по учебному предмету «Котельные установки тепловых электрических станций» разработаны для обучающихся заочной формы обучения специальности 5-04-0712-05 «Техническая эксплуатация оборудования тепловых электрических станций».

Учебный предмет «Котельные установки тепловых электрических станций» является частью профессионального компонента обучения по специальности 5-04-0712-05 «Техническая эксплуатация оборудования тепловых электрических станций». Изучение учебного предмета «Котельные установки тепловых электрических станций» базируется на следующих межпредметных связях: «Математика», «Физика», «Химия», «Техническая механика», «Теоретические основы теплотехники», «Гидравлика».

В результате изучения учебного предмета «Котельные установки тепловых электрических станций» обучающиеся должны знать:

- достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области развития котлостроения;
 - роль паровых и водогрейных котлов в энергетике;
 - назначение и устройство паровых и водогрейных котлов;
 - классификацию паровых и водогрейных котлов и их маркировку;
 - схемы, компоновки и конструкции современных паровых энергетических котлов и котлов для пиковых котельных, а также принцип и условия их эксплуатации;
 - назначение, принцип действия и конструкции вспомогательного оборудования, применяемого в котельных установках;
 - особенности топливного хозяйства и подготовки топлива к сжиганию;
 - виды энергетических топлив, их характеристики и способы эффективного использования;
 - сущность теплоэнергетических процессов, проходящих в котлах;
 - способы и методы сокращения вредных выбросов в атмосферу и водоемы при эксплуатации котельных установок;
- уметь:
- проводить расчеты по определению КПД котла и расходу топлива котлом, тепловые расчеты топочной камеры и поверхностей нагрева котельной установки;
 - выбирать вспомогательное оборудование котельной установки, давать его оценку с учетом надежности, экономичности, безопасности эксплуатации;
 - читать схемы и чертежи основного и вспомогательного оборудования котельных установок.

2. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебный предмет «Котельные установки тепловых электрических станций» изучается в соответствии с учебным планом и учебной программой в количестве 182 часов.

Введение. Цели и задачи учебного предмета, его характеристика и связь с другими учебными предметами.

Раздел 1 Топливо и его сжигание.

Тема 1.1 Классификация топлива и его технические характеристики.

Тема 1.2 Основы горения твердого, жидкого и газового топлива.

Тема 1.3 Эффективность использования топлива.

Раздел 2 Паровые котлы и вспомогательное оборудование.

Тема 2.1 Топочные устройства.

Тема 2.2 Парообразующие поверхности нагрева котлов.

Тема 2.3 Пароперегреватели.

Тема 2.4 Низкотемпературные поверхности нагрева.

Тема 2.5 Методика теплового расчета котла.

Тема 2.6 Каркас, обмуровка и гарнитура паровых котлов.

Тема 2.7 Компоновка и конструкция паровых котлов.

Тема 2.8 Основы гидродинамики и водный режим паровых котлов.

Тема 2.9 Водопаровой тракт паровых котлов и расчет на прочность основных элементов котла.

Тема 2.10 Топливоподача и приготовление твердого топлива к сжиганию.

Тема 2.11 Топливное хозяйство газомазутных электростанций.

Тема 2.12 Газовоздушный тракт котельных установок.

Тема 2.13 Золошлакоудаление.

Перечень практических занятий:

Практическое занятие № 1.

Определение расчётным путем теплоты сгорания топлива, в зависимости от его химического состава или при его изменении.

Практическое занятие № 2.

Расчёт объема воздуха и продуктов сгорания на участках газового тракта котла и составление сводной таблицы объемов продуктов сгорания, объемных долей трехатомных газов и концентрации золовых частиц.

Практическое занятие № 3.

Расчёт энтальпий воздуха и продуктов сгорания, составление сводной таблицы. Построение Н-Θ диаграммы.

Практическое занятие № 4.

Определение тепловых потерь и коэффициента полезного действия для заданного типа котла и вида сжигаемого топлива.

Практическое занятие № 5.

Определение расхода топлива котлом и коэффициента сохранения тепла.

Практическое занятие № 6.

Построение эскиза топочной камеры и определение ее геометрических характеристик.

Практическое занятие № 7.

Тепловой расчёт топочной камеры.

Практическое занятие № 8.

Разбор конструкций топочных экранов.

Практическое занятие № 9.

Изучение схем компоновок пароперегревателей современных паровых котлов.

Практическое занятие № 10.

Тепловой расчёт ступени пароперегревателя.

Практическое занятие № 11.

Конструктивный расчёт ступени экономайзера.

Практическое занятие № 12.

Рассмотрение режимов течений в различно-ориентированных трубах.

Практическое занятие № 13.

Расчет и анализ методов получения чистого пара.

Практическое занятие № 14.

Расчет на прочность одного из элементов котла.

Практическое занятие № 15.

Определение необходимой производительности и количества тягодутьевых машин.

Практическое занятие № 16.

Расчет и выбор тягодутьевых машин.

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Домашняя контрольная работа выполняется и оформляется в печатном виде (на листах формата А4) или в стандартной ученической тетради (в клеточку на 12 листов) в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Требования к оформлению текстовых документов». Оформление домашней контрольной работы должно осуществляться по следующим правилам: все части пояснительной записки следует излагать только на одном из государственных языков – белорусском или русском.

На лицевой части работы помещается наклейка установленного образца. В наклейке обязательно заполняются все графы, фамилия имя отчество пишется полностью.

При выполнении домашней контрольной работы необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Контрольные вопросы и условия задач контрольной работы обязательно переписываются по порядку, без сокращений. На каждый переписанный вопрос сразу же дается краткий и исчерпывающий ответ.

2. В ответах на контрольные вопросы и при решении задач необходимо придерживаться терминов и значений, принятых в [1], [2] [3] [4], [5], [6] [7], [9], [10], [17], {1}, {2}, {3}.

3. В тетради необходимо нумеровать страницы, оставлять поля для замечаний рецензента, а в конце работы 1-2 страницы для рецензии.

4. Решение задач следует пояснять кратким описанием.

5. Формулы выписывать в общем виде, а затем расшифровывать их (указывать принятые в них обозначения, делать ссыпки на литературу, из которой взята формула и численные значения входящих в нее величин) после этого подставлять в формулу численные значения.

6. Для рассчитываемых величин обязательно проставлять размерности.

7. При решении контрольных задач рекомендуется использовать [4], [5], {1}, {2}, {3}.

8. Обязательно указывать список использованных источников (литературы), использованных при выполнении домашней контрольной работы.

9. В конце домашней контрольной работы обучающийся должен поставить дату выполнения и личную подпись.

При делении вопроса на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ.

Значение изучаемого предмета его связь с другими специальными предметами. Содержание предмета.

Роль ТЭС в производстве электро- и тепловой энергий. Значение котельной установки. Классификация котлов, технологическая схема производства пара. Схема котельной установки. Принцип работы и назначение отдельных элементов установки. Параметры котлов современных ТЭС. Сверхкритические параметры пара.

Методические указания.

Большая и все возрастающая роль теплосиловых установок в энергетике определяет значение данного предмета в системе подготовки техника-теплотехника.

Теоретической базой для изучения являются предметы: «Математика», «Физика», «Химия», «Техническая механика», «Теоретические основы теплотехники», «Гидравлика». Обучающийся должен уяснить связь изучаемого предмета с другими специальными предметами.

При изучении материала следует обратить внимание на роль ТЭС в энергобалансе республики.

Обучающийся должен знать, что одним из основных элементов любой паротурбинной установки является котлоагрегат для выработки пара.

Необходимо четко представлять технологическую схему производства пара, принцип работы и назначение элементов котлоагрегата.

Обучающийся должен знать классификацию энергетических котлов и их основные характеристики (параметры, паропроизводительность, коэффициент полезного действия).

[2], (с. 5-18); [3], (с. 9-19); [7], (с. 7-15).

Вопросы для самопроверки.

1. Поясните разницу между понятиями «котел» и «котельная установка»? В чем заключается отличие?
2. Перечислите комплекс процессов, протекающих в элементах котельной установки определяющих их работу.
3. Назовите типы котлоагрегатов по принятой классификации и укажите их отличительные особенности,
4. Назовите основные характеристики современных котлов. Дайте классификацию котлов по параметрам пара.
5. Назовите показатели надежности работы котла.

Раздел 1. Топливо и его сжигание.

Тема 1 Классификация топлива и его технические характеристики.

Топливо, как источник для производства электроэнергии.

Виды топлива. Энергетическое топливо, его состав. Понятие о рабочей, сухой, горючей и органической массе топлива. Уравнения состава топлива. Формулы перехода от однородного состава топлива к другому.

Содержание углерода, водорода, азота и кислорода в топливе, его влияние на качество топлива.

Влияние содержания золы и влаги на качество топлива и работу котла. Химический состав золы. Температурные характеристики золы и их влияние на работу котла.

Содержание серы в топливе, ее влияние на износ оборудования котельной установки.

Выход летучих горючих, и их влияние на сжигание топлива. Состав летучих веществ. Коксовый остаток.

Понятие о высшей и низшей теплоте сгорания топлива.

Способы определения теплоты сгорания топлива, эмпирические формулы. Условное топливо.

Понятие о происхождении твердого топлива и характеристики бурых углей, каменных углей и антрацитов, их основные месторождения и классификация. Влияния организации добычи, транспорта и хранения на качество топлива. Самовозгорание топлива и методы борьбы с ним.

Жидкое топливо. Сорты мазута, сжигаемого в котлах. Состав и технические характеристики мазута.

Газообразное топливо. Виды газообразного топлива.

Методические указания.

Поскольку физико-химические свойства и вид топлива предопределяет способ его сжигания, конструкцию топок, топливоподачу и компоновку станции, поэтому необходимо хорошо усвоить данную тему.

Материалы темы в достаточном объеме изложен в [2], (с. 5-18); [3], (с. 9-19); [7], (с. 7-15).

Обучающийся должен знать основные характеристики энергетического топлива, свободно производить пересчеты элементарного состава топлива и теплоты сгорания с одной массы на другую, определять теплоту сгорания высшую и низшую, производить пересчеты с натурального топлива на условное и наоборот, знать приведенные характеристики топлива и уяснить их назначение.

Изучая данную тему, следует оценить влияние балласта топлива и уяснить их значение.

Изучая данную тему, следует оценить влияние балласта топлива на его качество и работу котельной установки; выяснить влияние температурных характеристик золы и серы, содержащихся в топливе, на работу котельной

установки; необходимо четко представлять влияние выхода летучих на организацию топочного процесса, выбор объема топочной камеры и эффективность (полноту) сжигания топлива.

Обучающийся должен изучить основные месторождения органического топлива и уяснить, что в соответствии с планируемой выработкой электрической энергии количество сжигаемого топлива непрерывно возрастает, но структура топливного баланса претерпевает большие изменения в сторону систематического снижения доли твердого топлива и увеличения доли сжигания мазута и природного газа что объясняется технико-экономическими преимуществами использования этих видов топлив.

[2], (с. 20-35); [3], (с. 28-45); [4], гл.2; [7], (с. 16-29).

Вопросы для самопроверки.

1. Дайте определение энергетического топлива.
2. Какие виды топлива используются в современной энергетике?
3. Напишите элементарный состав топлива на органическую, горючую, сухую, аналитическую и рабочую массу. Напишите формулы пересчета состава топлива с одной массы на другую.
4. Укажите элементы из которых состоит внутренний и внешний балласт топлива. Каково влияние балласта на качество топлива и работу котельной установки?
5. Почему важно знать температурные характеристики золы?
6. Почему выход летучих является одной из важнейших характеристик топлива?
7. Какая сера встречается в топливе? Почему нежелательно ее присутствие?
8. Что такое высшая и низшая теплота сгорания топлива и каковы способы ее определения?
9. Дайте определение условного топлива.
10. Для чего применяются приведенные характеристики топлива? Напишите формулы для их определения.
11. По каким признакам классифицируется твердое топливо?
12. Чем отличаются бурые и каменные угли друг от друга?
13. Какое влияние оказывают способы добычи, транспорта и хранения топлива на его качество?
14. Какие сорта мазута сжигаются в энергетических котлах?
15. Какие свойства мазута и газа являются их техническими характеристиками и почему их нужно знать?

Тема 2 Основы горения твердого, жидкого и газового топлива.

Реакции горения элементов топлива. Полное и неполное сгорание топлива. Состав дымовых газов при полном и неполном сгорании.

Теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг или 1 м³ топлива. Коэффициент избытка воздуха и его значение для организации правильного и экономичного горения. Зависимость коэффициента избытка воздуха от типа топочных устройств и вида топлива. Определение объема дымовых газов при сжигании 1 кг твердого и жидкого топлива и 1 м³ газа. Определение коэффициента избытка воздуха в продуктах сгорания по данным анализа дымовых газов.

Парциальные давления трехатомных газов и водяных паров. Подсчет энтальпии дымовых газов Н-Θ диаграмма.

Методические указания.

Горение представляет реакцию соединения горючих элементов топлива с окислителем при высокой температуре, сопровождающуюся интенсивным выделением тепла. В качестве окислителя в котельных установках используется кислород воздуха.

При сжигании топлива образуются газообразные продукты горения, состав которых зависит от природы топлива, способа сжигания и умения персонала, обслуживающего котлоагрегаты.

При изучении темы необходимо научиться определять количество воздуха, потребное для сгорания топлива, и количество продуктов сгорания (дымовых газов), знать процессы горения горючей части топлива и состав дымовых газов.

Необходимо также знать влияние присосов воздуха на работу котлоагрегата и способы уменьшения их величины, знать методы определения коэффициентов избытка воздуха по газоходам котла по данным анализа дымовых газов.

Обучающийся должен научиться выбирать величины коэффициентов избытка воздуха в топке и присосов воздуха по газоходам при проектировании котлоагрегата, уметь подсчитывать энтальпию дымовых газов и представлять ее аналитическое выражение в виде Н-Θ – диаграммы, изображающей зависимость энтальпии от температуры при выбранных для каждого газохода значениях коэффициента избытка воздуха.

[2], (с. 80-86); [3], (с. 32-37); [4], гл.4; [7].

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение термина «горение».
2. Напишите реакции горения углерода, водорода и серы.
3. Как подсчитать теоретическое количество воздуха, необходимого для сжигания 1 кг твердого или жидкого топлива и 1 м³ газа?
4. Напишите формулу для определения фактического количества дымовых газов (по объему), полученных при полном сгорании 1 кг топлива и коэффициента избытка воздуха $\alpha \geq 1$.
5. Что называется, коэффициентом избытка воздуха и от чего он зависит?
6. Напишите формулы для коэффициента избытка воздуха для случаев механически и химически полного и не полного сгорания топлива.

7. Как устроен и работает газоанализатор? Какие методы и приборы газового анализа вы знаете?

8. Почему считается более правильным метод контроля работы топочных устройств и газоходов по содержанию кислорода, а не CO_2 ?

9. Как подсчитать теплосодержание продуктов сгорания в дымовых газах при $\alpha > 1$?

10. Всегда ли учитывается при определении теплосодержания дымовых газов теплосодержание золы?

Тема 3 Эффективность использования топлива.

Понятие о тепловом балансе котельной установки. Определение полезно использованного тепла в котлоагрегате. Коэффициенты полезного действия котельной установки (брутто и нетто). Определение часового расхода топлива.

Потеря тепла с уходящими газами q_2 , ее определение. Влияние избытка воздуха и чистоты поверхностей нагрева на величину потери тепла с уходящими газами q_2 и способы ее снижения. Присосы воздуха в топке и газоходах и их влияние на работу котельной установки. Техничко-экономическая целесообразность развития хвостовых поверхностей котлов. Понятие о «точке росы».

Потеря тепла от химической неполноты сгорания q_3 , причины ее возникновения, определение и методы уменьшения.

Потеря тепла от механического недожога. q_4 . Факторы, влияющие на механический недожог топлива и методы его уменьшения.

Потеря тепла в окружающую среду q_5 , способы ее определения и снижения.

Потери физического тепла с водой и шлаком – q_6 . Прямой и обратный методы составления теплового баланса котлоагрегата

Методические указания.

В процессе генерации пара неизбежны потери тепла, поэтому тепло, выделяющееся при сжигании топлива в котельной установке, распределяется на полезно используемое, которое идет на нагревание воды, парообразование и перегрев пара, и на потери q_2, q_3, q_4, q_5, q_6 .

На основании теплового баланса устанавливается коэффициент полезного действия (КПД) котлоагрегата, который характеризует степень экономического совершенства котла и расход топлива. Отсюда становится ясным, насколько важным является правильное составление теплового баланса котельной установки.

При изучении этой темы необходимо понять каждую статью теплового баланса и способы ее определения, изучить мероприятия по снижению потерь тепла.

Особое внимание необходимо обратить на потерю тепла с уходящими газами (q_2), которая является наибольшей из всех тепловых потерь котлоагрегата и обычно составляет 5-10%. Необходимо уяснить, что главными факторами, определяющими q_2 является температура уходящих газов ($\Theta_{УХ}$), выбор которой является технико-

экономической задачей и объем газов. Необходимо четко представлять те факторы, которые оказывают решающее влияние на величину Θ_{yx} .

Обучающийся должен знать методы составления теплового баланса котлоагрегата.

[2], (с 87-89); [3], (с 88-98); [4], гл.5; [7].

Вопросы для самоконтроля.

1. Для чего составляется тепловой баланс котельной установки?
2. Напишите уравнение для определения располагаемого тепла топлива и объясните составляющие его элементы.
3. Напишите баланс тепла котла и объясните составляющие его элементы.
4. Как определяется потеря тепла с уходящими газами (Q_2 и q_2)?
5. Как выбирается оптимальная величина температуры уходящих газов и от каких факторов она зависит?
6. В каких пределах лежат величины Θ_{yx} и q_2 в современных котлах?
7. Что такое потеря тепла от химической неполноты сгорания (q_3) и от чего она зависит?
8. Как определить потерю тепла от механической неполноты горения (q_4) и из чего она складывается?
9. Зависит ли q_4 от способа сжигания топлива и характеристики топлива?
10. Как определить q_6 ? Всегда ли учитывается q_6 ?
11. Напишите в общем виде уравнение для определения полезно использованного тепла и объясните входящие в него элементы.
12. Что такое прямой и обратный баланс? Напишите формулы для определения КПД брутто по прямому и обратному балансу.
13. Что характеризует КПД брутто?
14. Для чего и как определяется КПД нетто?

Раздел 2 Паровые котлы и вспомогательное оборудование.

Тема 1 Топочные устройства.

Понятие о топочном устройстве. Влияние горелочных устройств и топочной камеры на экономичность сжигания топлива. Классификация топочных устройств по назначению и способу сжигания. Классификация энергетических камерных топок по виду сжигаемого топлива, способу сжигания, и шлакоудаления, числу камер, режиму работы (под разрежением или под наддувом).

Основные тепловые и геометрические характеристики камерных топок; тепловая мощность, энерговыделение на единицу объема и сечения топочной камеры, теоретическая адиабатическая температура горения, максимальная температура в топочной камере, температура газов и коэффициент избытка воздуха на выходе из топки.

Поведение золы и шлака в топке, влияние на организацию топочного

процесса.

Пылеугольные топки, конструкции пылеугольных горелок, требования к ним. Экранирование топок. Топки с гранулированным шлакоудалением, размещение горелок и экранов в них. Характеристики работы этих топок, область применения, недостатки.

Топки с жидким шлакоудалением, принцип работы, конструктивное выполнение. Однокамерные и двухкамерные топки с жидким шлакоудалением, характеристика их работы, достоинства и недостатки, область применения топок с жидким шлакоудалением.

Циклонные вихревые топки, их разновидности.

Топки для сжигания газа и мазута. Типы мазутных форсунок с механическим и паровым распылением. Типы и конструкции газовых горелок. Комбинированные газомазутные горелки. Газомазутные топки их конструкции и основные характеристики. Расчет теплообмена в топочной камере. Выбор основных размеров камерных топок и циклонных предтопок. Определение эффективной лучевоспринимающей поверхности топки и тепловосприятости отдельных участков экранов, расположенных в топке.

Методические указания.

При изучении темы следует уяснить, что назначение всякого топочного устройства состоит в превращении химически связанной энергии топлива в тепловую энергию продуктов сгорания. Преобразование одного вида энергии в другой достигается путем сжигания топлива в топочных устройствах.

Несмотря на наличие большого количества конструкций топок, так как каждый вид и сорт топлива требует для эффективного его сжигания применение топки определенного типа, ряд принципов является общим:

Возможно более полное сгорание топлива при минимальном коэффициенте и избытка воздуха.

Возможно меньшее и легко устранимое шлакование топки и поверхностей нагрева.

Высокая надежность эксплуатации.

Обеспечение наиболее благоприятных условий тепловосприятости поверхностями нагрева.

Удобство и простота обслуживания.

Возможность быстрого регулирования нагрузки в широких пределах.

Необходимо знать, что горелочные устройства являются важным элементом топки, так как от их работы и размещения в топке зависит характер смесеобразования, что в сочетании с аэродинамикой топочной камеры определяет интенсивность воспламенения, скорость и полноту сгорания, а, следовательно, тепловую мощность и эффективность топки.

Обучающийся должен уметь производить классификацию топок по методу сжигания, по числу камер, по виду сжигаемого топлива, по способу удаления шлака

и по режиму работы (под наддувом или под разрежением).

Следует обратить особое внимание на основные тепловые и геометрические характеристики камерных топок: тепловую мощность энерговыделение на единицу объема и сечения топочной камеры, теоретическую адиабатическую температуру горения, максимальную температуру в топочной камере, температуру газов и коэффициент избытка воздуха на выходе из топки.

На организацию топочного процесса при сжигании пылевидного топлива большое влияние оказывают образование и поведение золы и шлака в топочной камере, поэтому обучающийся должен знать характер распределения температуры в топочном объеме (изотермы в топке), который зависит от метода удаления золы и шлака из топки.

При изучении пылеугольных топок следует обратить внимание на конструктивное оформление топок, экранирование, конструкции горелок и их размещение в топке.

В пылеугольных топках с гранулированным (сухим) шлакоудалением следует обратить внимание на конструктивные особенности при сжигании топлива с малым выходом летучих (АШ, Т); необходимо знать основные характеристики этих топок, область их применения и недостатки.

Топки с жидким шлакоудалением в современной энергетике находят все большее применение, поэтому обучающийся должен усвоить принцип работы данных топок, их преимущества перед другими типами топок, недостатки, область применения и знать основные характеристики их работы.

Обучающийся должен знать особенности одно и двухкамерных факельных топок с жидким шлакоудалением.

К топкам с жидким шлакоудалением относятся циклонные топки и топки с пересекающимися струями, которые классифицируются как вихревые топки.

Циклонные вихревые топки имеют меньшие габариты, чем обычные пылеугольные топки, интенсивное перемешивание топлива с воздухом, обеспечивают высокую интенсификацию горения, высокую степень улавливания золы в пределах топки, имеют высокий КПД. Эти конструкции топок позволяют сжигать топливо укрупненного помола. Циклонные топки считаются перспективными для энергетики.

Следует обратить внимание на конструкции циклонов и компоновку топки с циклонами, а также конструктивное выполнение самих циклонных топок (например, топки с горизонтальными и вертикальными циклонами).

В топках с пересекающимися струями из-за больших скоростей вдувания топливной смеси применяются компактные горелки, благодаря энергичному воспламенению и организации вихревого сжигания осуществляется экономичное сжигание при высоком энерговыделении в объеме топки, а при переходе с одного топлива на другое, включая газ и мазут, достигается сравнительно небольшое изменение температуры на выходе из топки.

Топки для сжигания жидкого и газообразного топлива. При изучении материала темы необходимо обратить внимание на особенности сжигания этих топлив. Обратите внимание на конструктивное выполнение топок, сравните их с пылеугольными топками. Для сжигания жидких и газообразных топлив применяются горелочные устройства, отличные от пылеугольных горелок, поэтому необходимо ознакомиться с конструкциями этих горелок и форсунок для мазута.

Необходимо знать режим работы, конструкции, основные характеристики и особенности эксплуатации газомазутных топок.

Обучающийся должен уметь производить выбор основных размеров камерных топок и определять эффективную лучевоспринимающую поверхность топки и тепловосприятеля отдельных участков экранов, расположенных в топке, производить расчет теплообмена в топочной камере и точном соответствии с [2] и [3].

[2], (с 99-123); [3], (с 107-135, 155); [4], гл.6,8 и приложение; [7], (с 84-108); [11]; [12].

Вопросы для самопроверки.

1. Дайте определение топочного устройства.
2. По каким признакам классифицируются камерные топки? Приведите их классификацию
3. Назовите основные значения температур в топке и объясните связь между ними (θ_A , θ_{max} , θ''_T).
4. Какими показателями характеризуется интенсивность работы топочной камеры по процессу сжигания и по процессу теплообмена?
5. Для чего необходимо знать величину $\frac{B_p \cdot Q_p^p}{V_T}$ и чем ограничиваются верхний и нижний пределы указанной величины?
6. Какое влияние на организацию топочного процесса при сжигании пылевидного топлива оказывают образование золы и шлака в топочной камере?
7. Объясните зависимость характера распределения температура туры в топочном объеме от метода удаления золы и шлака из топки.
8. Какие задачи возложены на горелочное устройство в топочном процессе?
9. Назовите типы круглых пылеугольных горелок и область их применения. Дайте эскизы, объясните устройство и принцип работы.
10. Укажите назначение и опишите конструкции топочных экранов, применяемых в современных котельных установках.
11. Укажите основные характеристики факельных топок для сжигания пылевидного топлива с удалением шлака в твердом состоянии.
12. Для чего в некоторых факельных топках с твердым шлакоудалением устраивают зажигательный пояс?
13. Как устроены топки для сжигания газа и мазута?
14. Какие виды газа и мазута сжигаются в топках котлов?

15. Как устроены горелки для сжигания мазута?

16. Как устроены горелки для сжигания газов и комбинированные горелки для сжигания газа и мазута?

Тема 2 Парообразующие поверхности нагрева котлов.

Тепловосприятие парообразующих поверхностей нагрева и их влияние на компоновку котла. Компоновка топочных экранов и конвективных испарительных поверхностей нагрева. Классификация экранов по расположению труб: вертикальные, горизонтальные, многопетлевые. Конструкция гладкотрубных, плавниковых и шиповых экранов, их секционирование. Узлы сочленения гладкотрубных и мембранных экранов. Крепление и компенсация температурных удлинений экранов. Влияние компоновки газоплотных удлинений экранов на их температурный режим. Методы повышения надежности плавниковых экранов.

Требования, предъявляемые к качеству пара современных котлов. Причины загрязнения пара. Внутрибарабанные сепарационные устройства, промывка пара.

Метод ступенчатого испарения. Схема циркуляционных контуров со ступенчатым испарением. Выносные циклоны. Область применения ступенчатого испарения. Методы получения чистого пара в прямоточных котлах.

Переходные зоны прямоточных котлов, их конструкция, размещение и область применения.

Методические указания.

Материал темы довольно подробно изложен в указанной выше литературе.

В современном энергетическом парогенераторе все стены топочной камеры закрыты экранами.

Обучающийся должен знать, для каких целей служат экраны в котлах среднего, высокого, сверхвысокого и сверхкритического давления.

Необходимо уяснить, что испарительные поверхности нагрева по конструкции в котлах различных систем очень сильно отличаются друг от друга и что их компоновка зависит от способа и величины тепловосприятия, поэтому важно знать распределение тепла между поверхностями нагрева котла в зависимости от давления перегретого пара.

Обучающийся должен знать классификацию экранов по расположению труб, конструкцию радиационных и конвективных испарительных поверхностей нагрева как барабанных, так и прямоточных котлов различного давления.

Особое внимание необходимо обратить на мероприятия, направленные на обеспечение надежности испарительных поверхностей нагрева.

Обучающийся должен знать требования, предъявляемые к качеству пара современных котлов в соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» (ПТЭС): четко представлять источники загрязнения питательной воды и пара; знать закономерности уноса капельной влаги

паром и закономерности растворимости веществ в паре; твердо усвоить все методы получения чистого пара в барабанных и прямоточных котлах, знать водный режим барабанных и особенности водного режима прямоточных котлов.

[2], (с 150-172); [3], (с 182-197); [4], гл. 8; (с 198-213, 262-268); [11]; [12].

Вопросы для самопроверки.

1. Опишите назначение экранных поверхностей в котлах высокого, сверхвысокого и сверхкритического давления.

2. Назовите конвективные испарительные поверхности барабанных и прямоточных котлов, объясните их конструкцию, укажите размещение их по газходам парогенератора и область применения.

3. Для чего и где устанавливаются двухсветные экраны?

4. Объясните конструкцию, принцип работы и область применения экранов в котлах с естественной циркуляцией. Дайте эскизы каждого типа экранной системы.

5. Дайте эскизы горизонтальных топочных экранов, объясните принцип работы и компенсации температурных расширений и укажите область применения, достоинства и недостатки.

6. Какие конструкции экранов, кроме горизонтальных, применяются в прямоточных котлах? Укажите область их применения, достоинства и недостатки.

7. Как устроены газоплотные экраны? Укажите область их применения, достоинства и недостатки.

8. Назовите методы, повышающие надежность работы экранов.

9. Какие требования предъявляются к качеству питательной воды и пара?

10. Что такое зеркало испарения?

11. Какие существуют методы получения чистого пара?

12. Какие схемы ступенчатого испарения применяются в котлах? Дайте эскизы и объясните принцип работы.

13. Для чего применяется продувка котла? Укажите область ее применения.

14. Для чего и как организуется промывка пара?

15. Дайте схемы паросепарационных устройств, объясните принцип работы и укажите область применения.

16. Объясните назначение и конструктивное выполнение переходной зоны, размещение ее в тепловой схеме котла и укажите область ее применения.

Тема 3 Пароперегреватели.

Пароперегреватели первичного и вторичного пара, их назначение. Классификация пароперегревателей. Влияние параметров пара на компоновку пароперегревателей. Конвективные пароперегреватели, их применение. Схемы движения пара и газа. Распределение пара по змеевикам. Конструкции конвективных пароперегревателей и применяемые материалы.

Полурадиационные пароперегреватели, их конструкции и применение.

Радиационные пароперегреватели, их размещение и конструктивное выполнение.

Температурная разверка в пароперегревателях, причины, ее вызывающие. Меры, предусматривающие уменьшение разверки.

Примеры схем пароперегревателей современных котлов.

Отклонения температуры перегрева пара от номинального значения, их причины и допускаемые значения. Способы регулирования температуры перегретого пара.

Вторичные пароперегреватели. Регулирование температуры вторичного перегрева пара. Паро-паровые и парогазовые регуляторы.

Тепловой расчёт пароперегревателей. Особенности расчета ширмовых пароперегревателей.

Методические указания.

При изучении данной темы нужно иметь виду, что пароперегреватель по режиму работы является одним из наиболее ответственных элементов котельной установки, так как температура пара в пароперегревателе достигает наибольших значений.

Обучающийся должен изучить схемы пароперегревателей современных котельных установок, конструкции и назначение их, знать классификацию пароперегревателей.

Необходимо изучить причины появления радиационных, ширмовых и вторичных перегревателей пара, способы регулирования температуры первичного и вторичного пара, основные неполадки в работе пароперегревателей и меры борьбы с ними.

Обучающийся должен знать способы защиты пароперегревателей первичного и вторичного пара от перегрева при растопке в останове котельной, при сбросе нагрузки турбиной.

Необходимо научиться производить тепловой расчёт (поверочный и конструктивный) любого типа пароперегревателя.

[2], (с 172-188); [3], (с 193-213); [4], гл. 8 и приложение; [7], (с 274-286); [11]; [12].

Вопросы для самопроверки.

1. Каково назначение пароперегревателя и какие существуют типы пароперегревателей по способу тепловосприятия?

2. Объясните назначение промежуточного пароперегревателя, укажите область его применения и место в тепловой схеме котельной установки.

3. Какие схемы движения пара в пароперегревателе по отношению к направлению движения дымовых газов применяются и имеет ли это какое-либо значение?

4. От каких факторов и как зависит компоновка пароперегревателей?

5. Какие факторы и как влияют на температуру пара?

6. Укажите причины, вызывающие гидравлическую и температурную разветки в пароперегревателе.

7. Дайте классификацию методов регулирования температуры первичного пара и пара промежуточного перегрева.

8. Укажите способы регулирования первичного пара, назовите их достоинства и недостатки.

9. Какие способы регулирования пара, промежуточного перегрева применяются в современном котлостроении? Укажите их достоинства и недостатки.

10. Какие марки сталей применяются для изготовления элементов пароперегревателей?

11. Напишите основные уравнения, необходимые для теплового расчёта пароперегревателя.

12. В чём разница между поверочным и конструктивным расчётом пароперегревателя?

Тема 4 Низкотемпературные поверхности нагрева.

Назначение и условия работы низкотемпературных поверхностей нагрева, их влияние на температуру уходящих газов и КПД котельной нагрева. Водяные экономайзеры, их классификация.

Схемы и конструкции водяных экономайзеров. Групповая и индивидуальная защита водяных экономайзеров от золового износа. Новые конструкции водяных экономайзеров. Тепловой расчёт экономайзеров.

Экономическая целесообразность снижения температуры уходящих газов и увеличения подогрева воздуха. Рекомендуемые значения температуры уходящих газов и температуры подогрева воздуха в зависимости от характеристики топлива и способа его сжигания. Одноступенчатая и двухступенчатая компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева.

Рекуперативные и регенеративные воздухоподогреватели. Конструкции стальных трубчатых воздухоподогревателей, их схемы и компоновка. Способы защиты воздухоподогревателей от золового износа.

Регенеративные воздухоподогреватели, их конструкция, преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными воздухоподогревателями.

Низкотемпературная коррозия в воздухоподогревателях, ее причины и методы предупреждения.

Тепловой расчёт воздухоподогревателей.

Методические указания.

При изучении настоящей темы необходимо уяснить, что экономайзер и воздухоподогреватель, являясь последними по газовому тракту (низкотемпературными) поверхностями нагрева, разрешают в первую очередь вопросы повышения экономичности котельной установки за счёт утилизации тепла

уходящих газов.

Необходимо учесть, что, хотя рабочие процессы в экономайзере и воздухоподогревателе протекают различно, по условиям тепловой работы эти поверхности нагрева взаимно связаны.

Общими задачами конструирования низкотемпературных поверхностей нагрева являются интенсификация теплообмена и создание компактных малогабаритных элементов с умеренной затратой металла, которые бы подвергались минимальному золотому износу, заносу и коррозионным повреждениям.

Обучающийся должен уяснить, что оптимальные температуры уходящих газов и подогрева воздуха определяются на основании технико-экономических расчетов и зависят от характеристики топлива, способа сжигания и его стоимости, а также от стоимости металла поверхностей нагрева.

Необходимо установить причины применения в современных котельных двухступенчатой компоновки низкотемпературных поверхностей нагрева и получаемый эффект.

Обучающийся должен знать конструкции низкотемпературных поверхностей нагрева и способы обеспечения их надежной работы, уметь производить тепловой расчет.

Материал данной темы подробно изложен в указанной выше литературе, поэтому каких-либо затруднений при изучении темы обучающийся не должен встретить.

[2], (с 188-202); [3], (с 213-288); [4], гл. 8 и приложение; [7], (с 290-300); [11]; [12], (с 213-288).

Вопросы для самопроверки.

1. Каково назначение водяного экономайзера?
2. Какие существуют типы экономайзеров? Дайте эскизы и опишите работу экономайзеров, применяемых в отечественном котлостроении.
3. Какие экономайзеры называются кипящими? Каковы особенности их теплового расчета?
4. Назовите причины и объясните сущность повреждений низкотемпературных поверхностей, укажите меры борьбы с ними.
5. Назовите типы компоновок низкотемпературных поверхностей нагрева, укажите область их применения, достоинства и недостатки. Дайте эскизы.
6. Какими факторами ограничивается снижение температуры уходящих газов и повышение температуры подогрева воздуха?
7. Дайте эскизы, объясните устройство, укажите область применения, достоинства и недостатки рекуперативных воздухоподогревателей.
8. Объясните принцип действия, укажите область применения достоинства и недостатки регенеративных воздухоподогревателей.
9. Дайте схемы и опишите принцип действия, область применения, достоинства и недостатки воздухоподогревателей с промежуточным

теплоносителем.

10. Назовите методы повышения коррозионной стойкости воздухонагревателей.

11. Напишите основные уравнения для теплового расчета экономайзера и воздухоподогревателя.

Тема 5 Методика теплового расчета парового котла.

Задачи теплового расчета. Поверочный и конструктивный тепловой расчет. Последовательность теплового расчета.

Расчет прямоточных котлов (последовательность, особенности расчета переходной зоны).

Особенности расчета при двухступенчатом расположении поверхностей нагрева водяного экономайзера и воздухонагревателя.

Проверка правильности расчета составлением балансовых уравнений по пароводяному и парогазовому трактам.

Применение электронных вычислительных машин для теплового расчета котлов.

Методические указания.

Тепловой расчёт котла производится по нормативному методу [4].

Тепловой расчёт котла производится при проектировании новых котлов, модернизации или переводе их с одного вида топлива на другой. В соответствии с этим имеются два вида расчета: конструктивный и поверочный. Оба расчета имеют общую методику, разница состоит лишь в целях расчета.

При конструктивном расчете определяются все размеры котла, объем топки, размеры поверхностей нагрева.

При поверочном расчете для определенного котла с определенными поверхностями нагрева проверяется температура воды, пара, воздуха и газов при входе и выходе из отдельных поверхностей нагрева. Чаще всего подобные расчеты производятся при переводе котла с одного вида топлива на другой.

В практике часто расчеты являются поверочно-конструктивными. При проведении расчета особое внимание уделяется процессам теплообмена, происходящим в топке и конвективных поверхностях нагрева котла.

Обучающийся должен уметь производить поверочный и конструктивный расчет как барабанного, так и прямоточного котла; знать особенности теплового расчета при двухступенчатой компоновке низкотемпературных поверхностей нагрева и особенности расчета переходной зоны.

Необходимо уметь сводить тепловой баланс котельной установки и знать его допускаемую невязку.

Поскольку в настоящее время для выполнения поверочных тепловых расчетов котла широко применяется компьютерная техника с соответствующим

программным обеспечением, обучающийся должен ознакомиться с основными математическими методами решения поставленных задачи на вышеуказанным способом.

[2], (с 202-215); [3], (с 228-247); [4]; [7].

Вопросы для самопроверки.

1. Назовите задачи конструктивного и поверочного расчетов котла.
2. Опишите последовательность конструктивного теплового расчета применительно к произвольно выбранной схеме барабанного котла.
3. Опишите особенности расчета прямоточного котла, дайте формулы определения количества воспринимаемого тепла каждой поверхностью нагрева применительно к расчетной схеме произвольно выбранного котла.
4. Как подсчитать количество тепла, внесенного в топку с воздухом?
5. Как определяется и выбирается температура газов на выходе из топки?
6. Что такое степень экранирования топки? Как она определяется?
7. Как производится расчет радиационной поверхности нагрева?
8. Каким способом воспринимается тепло поверхностями нагрева в топочной камере? Как определить количество переданного в топке тепла?
9. Какие два уравнения положены в основу расчета конвективных поверхностей нагрева?
10. Опишите проведения расчёта температурного напора.

Тема 6 Каркас, обмуровка и гарнитура парового котла.

Каркас котла, его назначение и основные элементы. Каркас с самостоятельным фундаментом и подвесной каркас.

Назначение и виды обмуровки котла. Обмуровочные материалы, изделия и растворы. Огнеупорные и уплотнительные обмазки. Теплоизоляционные материалы и изделия, используемые в обмуровке. Конструктивное выполнение различных видов обмуровки и ее элементов.

Гарнитура котла, ее назначение и конструкция.

Особенности конструкции обмуровки и гарнитуры котла, работающих под наддувом (газоплотных котлов).

Методические указания.

Каркас и обмуровка является ответственными элементами котла.

Необходимо изучить типы и конструкции каркасов, при этом обратив внимание на особенности соединения элементов котла (барабан, коллекторы и т.п.) с каркасом.

Обмуровка должна быть газонепроницаемой и в то же время термически и механически прочной.

Необходимо знать, какие обмуровочные материалы используются при обмуровке котла, основные их свойства и область применения. Следует обратить

внимание на конструктивное выполнение обмуровки котлов последних выпусков. Надо также знать типы изоляционных материалов и конструктивное исполнение изоляции.

Для обслуживания топки и газоходов на котлах предусмотрена гарнитура. Необходимо знать устройство, принцип работы и назначение гарнитуры.

Обучающийся должен изучить особенности обмуровки и гарнитуры котлов, работающих под наддувом.

[2], (с 222-233); [3], (с 261-271); [7], (с 307-319); [12].

Вопросы для самопроверки.

1. Дайте определение каркаса котельной установки
2. Как производится крепление барабанов и коллекторов на каркасе? Как осуществляется крепление змеевиков пароперегревателя к каркасу котла?
3. Как осуществляется крепление экранных труб к каркасу у барабанных котлов?
4. Как осуществляется крепление топочных экранов к каркасу у прямоточных котлов?
5. Дайте эскизы и объясните особенности креплений к каркасу газоплотных панелей у котлов, работающих под наддувом.
6. Назовите типы и дайте эскизы обмуровки, применяемой в современном котлостроении. Перечислите в этой связи обмуровочные материалы.
7. Что такое торкрет? Назовите материалы, необходимые для его изготовления, и укажите область применения.
8. Для каких целей на котлах предусматривается гарнитура? Что понимается под гарнитурой?

Тема 7 Компоновка и конструкция паровых котлов.

Классификация энергетических парогенераторов по ГОСТу. Заводы, изготавливающие котлы для тепловых электростанций. Маркировка выпускаемых котлов.

Котлы с естественной циркуляцией на высокие и повышенные параметры пара, их конструкция.

Прямоточные котлы на сверхкритические параметры пара, их конструкция.

Конструкции прямоточных котлов производительностью 950÷2400 т/ч.

Котлы, работающие под наддувом (газоплотные), особенности их конструкции. Конструкции отечественных и зарубежных газоплотных котлов.

Высоконапорные котлы, их назначение и конструкция.

Перспективы развития и совершенствования конструкций котлов тепловых электростанций.

Пиковые водогрейные котлы, их назначение, конструкция. Котлы-утилизаторы.

Методические указания.

Современная котельная установка большой мощности представляет собой очень большое и сложное сооружение.

Современные котельные установки вырабатывают пар высокого давления (14-25 МПа) и высокой температуры (540-570° С).

Обучающийся должен знать, что параметры пара в отечественных энергетических установках стандартизированы.

Все котлы для современных электростанций поставляют Таганрогский (ТКЗ), Барнаульский (БКЗ) котельные заводы и Подольский машиностроительный завод (ЗиО).

Обучающийся должен изучить маркировку выпускаемых парогенераторов по ГОСТу и заводскую.

Необходимо разобраться в конструкциях котлов с естественной циркуляцией, прямоточных на сверхкритические параметры и мощных котлов производительностью 950÷3950 т/ч.

Поскольку в энергетике применяются газоплотные котлы, обладающие целым рядом преимуществ технического и экономического характера, и парогазовые установки, необходимо изучить конструкции и область применения котлов, работающих под наддувом, и высоконапорных котлов.

Для покрытия пиковой тепловой нагрузки на отопительных ТЭЦ устанавливаются пиковые водогрейные котлы, поэтому необходимо знать конструкцию и факторы, обеспечивающие их надежную работу.

Обучающийся должен четко представлять перспективное направление в развитии и совершенствовании конструкций котлов тепловых электростанций.

[2], (с 255-267); [3], (с 272-298); [7], (с 7-14, 359-377); [11]; [12].

Вопросы для самопроверки.

1. Назовите классификацию котлов согласно ГОСТ. Какие типы котлов вы знаете?

2. Назовите заводы-изготовители, поставляющие котлы для тепловых электрических станций, марки выпускаемых котлов.

3. Изобразите схему и опишите конструкцию современного барабанного котла.

4. Изобразите и опишите конструкцию отечественного прямоточного котла на сверхкритические параметры.

5. Опишите устройство котла, работающего под наддувом, укажите его достоинства и недостатки.

6. Назначение и конструкция высоконапорных котлов.

7. Область применения, назначение и конструкция современных водогрейных котлов.

Тема 8 Основы гидродинамики и водный режим паровых котлов.

Основные понятия о гидродинамике; режимы течения двухфазного потока, скорость циркуляции, паросодержание потока, кратность циркуляции. Условия охлаждения поверхности нагрева. Понятие о кризисе кипения I и II рода. Особенности теплообмена в зоне максимальной теплоемкости, которые достигают сверхкритического давления.

Особенности теплового и гидравлического режимов разомкнутой системы. Гидравлические сопротивления. Тепловая и гидравлическая разветки. Гидравлическая нестабильность парообразующих поверхностей нагрева. Коллекторный эффект. Пульсация потока.

Особенности теплового и гидравлического режимов замкнутой системы. Напоры, возникающие в циркуляционном контуре, гидравлические сопротивления. Надежность и дефекты циркуляции.

Принцип гидродинамического расчета замкнутых систем с естественной циркуляцией.

Методические указания.

При изучении данной темы необходимо четко уяснить, что проблема надежности охлаждаемых рабочей средой поверхностей нагрева котлоагрегатов является одной из весьма важных в современной теплоэнергетике. Ее значение увеличивается с ростом мощности котлов и особенно с сооружением электростанций блочного типа.

Для надежной работы котла требуется непрерывный отвод тепла от поверхностей нагрева в соответствии с их обогревом. Нужно знать все режимы течения двухфазного потока, т.к. они оказывают сильное влияние на интенсивность отвода тепла в парообразующих трубах. Необходимо знать, что режимы течения при прочих равных условиях зависят от расположения парообразующих труб пространства (вертикальные и горизонтальные грубы и гибы труб).

Обучающийся должен знать и уметь определять основные параметры течения двухфазного потока: скорость циркуляции, приведенные скорости воды и пара, скорости пароводяной смеси, паросодержание потока (массовое и объемное), плотности пароводяной смеси и кратность циркуляции.

Необходимо уяснить, что движение пароводяной смеси, а, следовательно, и охлаждение парообразующих труб котла различных систем организуется по-разному.

Обучающийся должен знать условия охлаждения поверхностей нагрева котла низкого и высокого давления и особенности теплообмена в зоне максимальной теплоемкости котлоагрегатов сверхкритического давления. Необходимо разобраться почему в области сверхкритического давления теплообмен ухудшается и к каким последствиям вообще приводит ухудшение теплообмена поверхностей нагрева.

Для обеспечения надежности необходимо, чтобы все параллельные трубы поверхности нагрева работали в средних (расчетных) условиях, но практически гидравлические и тепловые характеристики труб различны. Поэтому важно знать причины гидравлических и тепловых развертки, их зависимость и связь, величины допустимых тепловых разверток для различных поверхностей нагрева.

Обучающийся должен знать особенности гидравлических характеристик парообразующих систем с горизонтальным движением потока и систем с подъемным и подъёмно-опускным потоком, факторы влиявшие на стабильность гидравлической характеристики.

В эксплуатации котел всегда подвержен возмущениям, которые вызывают нарушение установившегося режима и пульсацию расхода рабочего тела через парообразующие трубы, поэтому обучающийся должен разобраться в явлениях межвитковой и общей пульсации и знать меры по устранению пульсации.

Обучающийся должен знать основы гидравлического расчета замкнутой системы циркуляции и уметь определять:

- а) сопротивление опускного участка, по которому движется вода;
- б) высоту экономайзерного и парообразующего участков;
- в) относительное сечение, занятое паром;
- г) напорную плотность пароводяной смеси;
- д) движущий напор циркуляции;
- е) сопротивление подъемного участка;
- ж) полезный напор циркуляции.

На основании полученных данных обучающийся должен уметь строить диаграмму циркуляции и определить с ее помощью действительную скорость циркуляции.

Указанные выше операции обучающийся должен уметь производить и в отношении сложного контура циркуляции.

[2], (с 124-150); [3], (с 135-162); [7], (с 128-175); [12]; [17].

Вопросы для самопроверки.

1. Назовите какие режимы течения двухфазного потока возможны в вертикальных парообразующих трубах парогенератора и от каких факторов они зависят? Объясните физическую сущность каждого режима.

2. Проанализируйте виды режимов течений для двухфазного потока котлов высокого и сверхкритического давлений.

3. Что является характерной особенностью течения двухфазного потока в горизонтальных трубах и в гйбах труб?

4. Перечислите параметры течения двухфазного потока.

5. Напишите формулы для определения скорости циркуляции и массового паросодержания потока, объясните их составляющие.

6. Что такое кратность циркуляции и какова связь её с массовым паросодержанием?

7. Почему при малых нагрузках котла высокого давления не всегда обеспечивается надежное охлаждение экранных труб?

8. Объясните, почему в прямоточных генераторах снижение нагрузки ограничивается 30% его номинальной паропроизводительности.

9. Объясните зависимость между температурой стенки парообразующей трубы и коэффициентом теплоотдачи от стенки к рабочему телу в установившемся режиме.

10. Что понимается под граничным паросодержанием потока? Объясните, почему в области сверхкритического P происходит ухудшение теплообмена.

11. Каковы особенности теплообмена в зоне максимальной теплоемкости котла сверхкритического давления?

12. Назовите факторы, вызывающие гидравлическую и тепловую развертки.

Тема 9 Водопаровой тракт котла и расчет на прочность основных элементов котла.

Схема водопарового тракта котла с естественной циркуляцией и прямоточного котла. Насосы, устанавливаемые в водопаровом тракте, и требования, предъявляемые к ним.

Арматура водопарового тракта котла, ее назначение, классификация. Запорные и регулирующие вентили, задвижки, обратные клапаны, регулирующие питательные и байпасные клапаны, предохранительные клапаны, водоуказательные приборы.

Трубопроводы водопарового тракта, условия их работы, применяемые материалы. Опоры трубопроводов и компенсация тепловых удлинений.

Методические указания.

В процессе эксплуатации котельной установки схема водопарового тракта котла должна обеспечивать: растопку для пуска энергоустановки из холодного состояния; растопку из разных видов горячего состояния, длительную работу блока под нагрузкой; возможность частичного и полного сброса нагрузки турбиной; различные режимы останова энергоустановки. '

Кроме того, при соединении турбины с котлом по схеме «дубль-блока» должна быть обеспечена возможность как растопки, так и останова одного из корпусов котла при работе турбины и второго корпуса под нагрузкой.

В этой связи необходимо четко представлять схемы водопарового тракта как барабанных, так и прямоточных котлов, знать их особенности.

Обучающийся должен изучить устройство и назначение всех элементов (насосы, арматура, трубопроводы, компенсаторы и др.), входящих в схему водопарового тракта котлов, их классификацию, условия работы и требования, предъявляемые к ним в отношении повышения надежности работы схемы.

[3], (с 298-315); [7], (с 313-318); [12].

Вопросы для самопроверки.

1. Изобразите схему водопарового тракта барабанного котла, обозначьте все входящие в нее элементы и объясните их назначение.
2. Какие по назначению насосы устанавливаются в схемах водопарового тракта различных типов котлов? Опишите условия их работы.
3. Какого типа насосы устанавливаются в схемах водопарового тракта на блочных электростанциях?
4. Дайте определение арматуры. Приведите классификацию арматуры и назначение каждого вида ее.
5. Опишите назначение, принцип работы и область применения предохранительной арматуры. Дайте эскизы.
6. Зависит ли надежность и экономичность энергоустановки от качества арматуры? Какова эта зависимость?
7. Опишите условия работы трубопроводов котла и способы обеспечения их надежной работы.

Тема 10 Топливоподача и приготовление твердого топлива к сжиганию.

Доставка топлива на электростанцию. Вагоны, применяемые для транспортировки топлива. Размораживание влажного топлива. Взвешивание топлива. Разгрузочные устройства топливного хозяйства. Типы и емкость складов топлива. Правила хранения топлива на складе. Механизмы, применяемые на складах: грейферные краны, скреперные установки, колесные скреперы, бульдозеры, катки и др. Механизмы, применяемые для внутристанционного транспорта топлива: ленточные, пластинчатые и скребковые, транспортеры, ковшевые конвейеры и элеваторы. Лопастные, скребковые и ленточные питатели топлива.

Дробление топлива. Валковые и молотковые дробилки, принцип их работы. Расход электроэнергии на работу дробилок. Износ дробилок. Грохоты и магнитные сепараторы, их назначение и типы. Компоновка дробильных устройств.

Углеразмольные характеристики топлива. Коэффициент размолоспособности, тонкость помола, влажность пыли. Экономически наивыгоднейшая тонкость помола пыли. Абразивность топлива. Сушка топлива в процессе пылеприготовления. Упрощенная предварительная подсушка топлива в нисходящем потоке сушильного агента.

Системы пылеприготовления центральные и индивидуальные.

Оборудование систем пылеприготовления. Углеразмольные мельницы, их классификация.

Мельницы шаровые барабанные, среднеходные и молотковые, мелющие вентиляторы; принцип их работы. Конструкция, производительность, расход электроэнергии, износ металла, область применения и маркировка мельниц.

Особенности систем пылеприготовления с различными типами мельниц.

Бункера и питатели сырого угля и пыли, их назначение, типы, конструкция. Сепараторы пыли, их виды, конструкция, основные особенности, область применения. Пылевые циклоны, принцип их работы, конструкция. Пылепроводы, взрывные клапаны, мигалки, реверсивные шнеки, смесители и делители пыли, их назначение и конструкция.

Методические указания.

При изучении вопроса топливоподачи обучающийся особых затруднений не встретит, так как весь материал подробно изложен в указанной выше литературе.

Особое внимание обучающийся должен обратить на правила хранения топлива на складе.

Обучающийся должен знать, что процессу приготовлению пыли предшествует процесс подготовки твердого топлива к сжиганию, который определяется целым рядом свойств топлива (маркой, влажностью, крупностью и др.) и который включает в себя операции: удаление металла, колчедана и щепы из топлива, предварительное дробление, грохочение и сушка топлива.

Необходимо изучить назначение и устройство оборудования и схеме подготовки топлива к сжиганию, уметь определять кратность дробления, так как от размеров кусочков топлива после дробления зависит производительность системы пылеприготовления, эффективность сушки, износ мелющих элементов и расход электроэнергии на пылеприготовление.

Обучающийся должен уяснить, что системой пылеприготовления называют совокупность оборудования, необходимого для размола топлива, его сушки и подачи готовой пыли в топочные устройства.

Выбор системы пылеприготовления является технико-экономической задачей.

Наибольшее применение получили индивидуальные системы пылеприготовления. Центральные системы пылеприготовления, отличающиеся сложностью и высокой стоимостью оборудования, широкого применения не нашли. Для пылеприготовления современных ТЭС характерны:

- а) индивидуальные системы пылеприготовления;
- б) сушка теплая во взвешенном состоянии;
- в) упрощенная подсушка путем совмещения процессов сушки и размола топлива;
- г) внедрение схем с прямым вдуванием, упрощающих установку пылеприготовления.

Необходимо знать основные характеристики пылевидного топлива и уметь определять их.

[2], (с 35-60); [3], (с 45-79); [7], (с 52-69); [8]; [10]; [13].

Вопросы для самопроверки.

1. Назовите основные правила хранения на складе топлива с большим выходом летучих.
2. Перечислите технологические операции процесса подготовки твердого топлива к сжиганию. Изобразите схему одноступенчатой дробильной установки и объясните назначение каждого элемента схемы.
3. Что характеризует коэффициент размолоспособности и как он определяется?
4. Чем характеризуется качество пыли?
5. Изобразите схему пылеприготовления с непосредственным вдуванием пыли в топочную камеру, опишите работу и назначение всего оборудования.
6. Назовите типы мельниц, применяемых в системах пылеприготовления. Опишите устройство и принцип работы мельниц, укажите область применения их.
7. Для чего в системах пылеприготовления устанавливаются сепараторы и циклоны пыли? Назовите типы сепараторов, объясните их устройство и принцип работы.

Тема 11 Топливное хозяйство газомазутных электростанций.

Доставка мазута на электростанцию железнодорожным и водным транспортом и мазутопроводами. Приемные устройства. Хранение мазута. Насосы для подачи мазута, подогреватели, фильтры. Схемы подготовки и подводе жидкого топлива к горелкам котлов при механическом и паровом распылении. Правила пожарной безопасности на электростанциях, работающих на мазуте. Выбор оборудования мазутного хозяйства согласно действующих норм проектирования. Подача газообразного топлива на электростанцию. Трубы, применяемые для сооружения газопроводов, и методы их соединения.

Схема газорегуляторного устройства, его оборудование (фильтры, регуляторы давления, запорная арматура). Автоматические приспособления, устанавливаемые на газопроводах. Выбор оборудования газового хозяйства согласно действующих норм проектирования.

Методические указания.

Материал данной темы подробно изложен в указанной выше литературе. В данной теме необходимо учитывать способы доставки мазута на ТЭС, разобраться в схемах мазутного хозяйства, которые зависят от мощности станции, способа доставки и роли мазута как топлива (основное, резервное или растопочное).

Обучающийся должен понять, в чем заключается подготовка мазута перед его сжиганием.

Необходимо разобраться в схемах устройств для разогрева мазута в цистернах, изучить перспективные схемы этих устройств; знать конструкции приемно-сливных устройств; уметь выбирать способ установки и количество

расходных баков, способ подогрева мазута в этих баках, типы подогревателей и фильтров и т.п., изучить технологические схемы мазутных хозяйств современных электростанций; нужно изучить «Правила пожарной безопасности на электростанциях, работающих на мазуте».

Обучающийся должен изучить схемы снабжения электростанции газом, оборудование, арматуру, средства автоматики и защиты, обеспечивающие подготовку газа к сжиганию, надежность, маневренность и эффективность работы схемы; знать способы прокладки газопроводов, трубы и материалы, применяемые при сооружении газопроводов; уметь производить испытания, приемку, эксплуатацию и ремонт газопроводов, ГРП и газового оборудования в соответствии с требованиями законодательства и промышленной безопасности.

[2], (с 60-65); [3], (с 73-80); [4], гл. 2; [7] (с 50-52).

Вопросы для самопроверки.

1. Опишите способы доставки мазута на электростанцию.
2. Назовите необходимые требования по объёму запаса мазута на ТЭС при использовании его в качестве основного топлива.
3. В зависимости от чего и как выбирается емкость резервуаров мазутохранилища?
4. Для чего устанавливают гидравлический затвор на сливном тракте?
5. Какой способ разогрева мазута в резервуарах мазутохранилища применяют в настоящее время и почему?
6. В чем заключается подготовка мазута к сжиганию?
7. Какие типы фильтров применяют для очистки мазута?
8. Да какой температуры должен быть нагрет мазут марки 100 при подаче его в котельную с помощью центробежных насосов, если на котлоагрегате установлены механические форсунки?
9. Изобразите схему снабжения газом электростанции, работающей на природном газе. Объясните назначение и принцип действия всех элементов схемы.
10. В чем заключается подготовка газа к сжиганию?
11. Какие существуют способы прокладки газопроводов?
12. Какие вы знаете типы ГРП и ГРУ и каково их назначение?
13. Какие трубы и материалы применяют при сооружении газопроводов?
14. Каким испытаниям подвергают вновь сооруженные и капитально отремонтированные газопроводы и как эти испытания проводятся?
15. Какая запорная и регулировочная арматура устанавливается на газопроводах?
16. С какой целью устанавливают и как выполняются продувочные свечи?

Тема 12 Газовоздушный тракт котельных установок.

Газовоздушный тракт котла, его схемы. Аэродинамические сопротивления

по элементам газоздушного тракта. Явление самотяги. Определение потерь напора в газоздушном тракте котла. Способы создания тяги в котельной установке.

Расчет и конструктивное выполнение естественной тяги в котельной установке. Искусственная тяга. Условия работы газоздушного тракта при уравновешенной тяге и наддуве. Виды тягодутьевых устройств: дымососы, дутьевые вентиляторы, вентиляторы горячего дутья, дымососы для рециркуляции газов. Типы тягодутьевых машин, применяемых на современных электростанциях. Конструкции дымососов и вентиляторов, их технические характеристики.

Параллельная работа тягодутьевых машин. Способы регулирования производительности и напора тягодутьевых машин. Компоновка тягодутьевых установок на электростанции. Выбор дымососов и вентиляторов.

Загрязнение поверхностей нагрева, расположенных в газовом тракте парогенератора. Способы очистки поверхностей нагрева от загрязнений. Виды обдувочных приборов и устройств, применяемых для удаления отложений.

Загрязнение атмосферы продуктами сгорания топлива, сжигаемого в котлах тепловых электростанций. Требования к чистоте воздушного бассейна в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды». Предельно допустимая концентрация летучей золы, сажи, окислов серы и азота в приземном слое атмосферы. Методы поддержания чистоты воздушного бассейна.

Золоулавливающие установки тепловых электростанций, их классификация, степень улавливания и КПД. Сухие инерционные золоуловители: батарейные циклоны, жалюзийные и сопловые золоуловители. Мокрые золоуловители. Скоростные газопромыватели. Электрофильтры. Выбор золоулавливающих установок.

Виды дымовых труб, их конструктивное выполнение. Выбор высоты дымовых труб электростанций в соответствии с санитарными нормами чистоты воздушного бассейна.

Методические указания.

Материал настоящей темы подробно изложен в указанной выше литературе, поэтому его изучение не должно вызвать затруднений.

Изучая тему, необходимо уяснить, что понимается под газоздушным трактом котла, из чего складывается сопротивление газоздушного и воздушного трактов, уметь подсчитывать сопротивление тракта и самотягу по газоходам и воздухопроводам котла.

Следует обратить внимание на конструкции, назначение и область применения тягодутьевых машин, знать их технические характеристики, способы регулирования их производительности и напора, изучить компоновки тягодутьевых установок на электростанциях, уметь производить выбор дымососов и вентиляторов.

Для нормальной и надежной работы котла необходимо бороться со

шлаковыми и золовыми отложениями и поддерживать поверхности нагрева чистыми, чтобы улучшить условия теплопередачи и снизить сопротивление и износ труб.

В этой связи обучающийся должен изучить способы очистки поверхностей нагрева от загрязнений и виды обдувочных приборов и устройств, применяемых для удаления отложений.

По мере укрупнения электростанций, несмотря на высокую степень очистки дымовых газов (до 99%) в современных золоуловителях, возрастает количество вредных веществ (летучей золы, сажи, окислов серы и азота), выбрасываемых в атмосферу через дымовые трубы.

Обучающийся должен уяснить, что высота труб должна обеспечивать такое рассеивание вредных веществ, при котором концентрации их у поверхности земли были бы не больше предельно допустимых.

Необходимо знать требования к чистоте воздушного бассейна в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», предельно допустимые концентрации вредных веществ, выбрасываемых через дымовые трубы, уметь производить выбор дымовой трубы согласно санитарным нормам.

Обучающийся должен изучить конструкции, область применения, принцип работы и эффективность золоуловителей, применяемых на ТЭС, уметь производить расчет и выбор их.

[2], (с 233-245); [3], (с 315-336) [5]; [7]; (с 313-319); [8]; [14]; [16].

Вопросы для самопроверки.

1. Опишите газоздушный тракт котла. Изобразите его принципиальную схему и объясните назначение составляющих ее элементов.

2. Как определяются аэродинамические сопротивления по элементам газоздушного тракта? Напишите уравнение для подсчета перепада полного давления и объясните его.

3. Каково назначение тяги и дутья в котельных установках?

4. Что такое естественная тяга? Как определить ее величину?

5. Как осуществляется искусственная тяга?

6. Для чего и как производится аэродинамический расчет котельной установки?

7. Опишите конструкцию дутьевого вентилятора и дымососа центробежного/осевого типа.

8. Как производится выбор вентиляторов и дымососов?

9. Как компонуются вентиляторы и дымососы по отношению к котельной установке и котельному цеху?

10. Чем вызвана открытая компоновка вентиляторов и дымососов? Каковы особенности конструкции тягодутьевых установок при открытой компоновке их.

11. Назовите способы регулирования тягодутьевых машин, сравните их.

12. Назовите способы очистки поверхностей нагрева от загрязнений и типы

обдувочных аппаратов, укажите область применения и сравните их эффективность.

13. Назовите загрязнения, выбрасываемые в атмосферу через дымовые трубы, и укажите методы поддержания чистоты воздушного бассейна.

14. Назовите типы золоуловителей, применяемых на современных электростанциях, и сравните их эффективность.

15. Дайте эскизы и объясните принцип работы мокрых золоуловителей.

16. Изобразите схемы, опишите принцип работы, укажите область применения и эффективность электрофильтров.

17. Укажите назначение и опишите принципы выбора труб.

Тема 13 Золошлакоудаление.

Количество золы и шлака, подлежащие удалению на золоотвалы при работе ТЭЦ на твердом топливе. Классификация золошлакоудаления. Системы гидрозолоудаления (ГЗУ). Оборудование низконапорной части ГЗУ: золовые и шлаковые бункеры, шлаковые ванны, золосмывные аппараты; каналы ГЗУ, металлоуловители, шлакодробилки, отстойники. Оборудование высоконапорной части ГЗУ: гидроаппарат инженера Москалькова, багерные и шламовые насосы, золошлакопроводы, золоотвалы.

Пневматический и гидropневматический способы золошлакоудаления.

Сравнительная оценка различных способов золошлакоудаления. Выбор системы и оборудования золошлакоудаления.

Методические указания.

Механизация трудоемких процессов, а также ликвидация тяжелого физического труда персонала и вредны условий труда побудили к созданию различных типов механизированного золоудаления. Наибольшее распространение получило гидравлическое золоудаление и особенно гидрозолоудаление с багерными насосами.

При изучении вопросов золоудаления следует обратить основное внимание на низконапорное гидрозолоудаление в пределах котельной и высоконапорное гидрозолоудаление (с багерными насосами, аппаратами Москалькова, шламовыми насосами) за пределами котельной.

Необходимо ознакомиться с пневматическими и гидropневматическими способами золоудаления.

Обучающийся должен четко представлять достоинства и недостатки всех систем гидрозолоудаления, область их применения, уметь производить выбор системы и оборудования золошлакоудаления.

[2], (с 245-248); [3], (с 336-339) [8]; [15].

Вопросы для самопроверки.

1. Что нужно знать, чтобы определить количество шлаков и золы, подлежащих удалению? Напишите уравнение.

2. Назовите системы шлакозолоудаления, область их применения, достоинства и недостатки.

3. Назовите механические и гидравлические шлакоудаляющие устройства, опишите принцип работы, укажите область применения, достоинства и недостатки

4. Опишите конструкцию и принцип работы золоудаляющих устройств.

5. Для чего и как устанавливаются побудительные сопла по каналам? Как выбирается их количество?

6. Опишите схемы пневмогидравлических систем шлакозолоудаления, объясните принцип работы, укажите область применения, достоинства и недостатки.

7. Объясните сущность совместного и отдельного удаления золы и шлака, укажите область применения того и другого способа.

8. Укажите способы и методы повышения надежности ГЗУ.

5. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

К выполнению заданий следует приступать после изучения соответствующих разделов учебного предмета. Каждое контрольное задание состоит из вопросов и задач.

Каждый обучающийся выполняет свой вариант контрольной работы согласно номера в журнале учебной группы (см. таблицу 1).

Таблица 1 – варианты заданий

№ по журналу группы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Номер топлива в литературе [4]	22	33	57	31	24	50	32	67	51	44	39	34	62	25	55	51	68	23	66	45	38

Задача

Для заданного в таблице 1 топлива по справочной литературе [4] определить состав горючей массы топлива; выполнить пересчет с горючей массы на сухую и органическую.

Определить выход летучих и объяснить значение этой характеристики.

Определить теоретически необходимое количество воздуха, теоретический объем продуктов его сгорания, приведенную зольность и приведенную влажность для заданного вида топлива, а также низшую теплоту сгорания заданного вида топлива. Топливо выбрать согласно порядкового номера в журнале группы по таблице 1.

Вариант 1

1. Показатели надежности работы котлоагрегата, их определение.
2. Сера топлива, ее влияние на качество топлива и работу котельной установки.
3. Предварительное дробление топлива. Изобразите схему дробильной установки, объясните назначение, устройство и принцип работы входящих в нее элементов.
4. Задача (см. таблицу 1)

Вариант 2

1. Жидкое топливо, его классификация и технические характеристики.
2. Технические характеристики топлива (зольность, влагосодержание) и их влияние на процесс горения.

3. Сепараторы пыли, их виды, конструкция, область применения.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 3

1. Классификация котельных агрегатов по параметрам перегретого пара и их основные теплотехнические характеристики

2. Условное топливо. Приведенные характеристики топлива.

3. Потеря тепла от наружного охлаждения котельной установки и способы ее определения.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 4

1. Типы котлоагрегатов, основные схемы генерация пара и область их применения.

2. Внешний балласт топлива, его влияние на свойства топлива и работу котлов.

3. Потери тепла с физическим теплом шлаков, способы его определения.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 5

1. Технологическая схема производства пара с барабанным котлоагрегатом, назначение входящих в нее элементов.

2. Теплота сгорания топлива и формула для её определения.

3. Потеря тепла от механической неполноты сгорания, факторы, от которых она зависит, и меры борьбы с ней.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 6

1. Элементарный состав твердого топлива на сухую массу, на рабочую массу.

2. Неполное сгорание газа. Состав продуктов неполного сгорания газа.

Причины и опасность неполного сгорания газа

3. Замкнутая схема пылеприготовления с промежуточным бункером: объясните назначение, конструкцию, принцип работы.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 7

1. Элементарный состав твердого и жидкого органического топлива.

Коэффициенты пересчета с одной массы топлива на другую.

2. Летучие вещества топлива, их влияние на топливо и работу парогенератора.

3. Потеря тепла с уходящими газами, факторы, от которых она зависит, и способы ее снижения.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 8

1. Технологическая схема производства пара с прямоточным котлоагрегатом, назначение входящих в нее элементов.

2. Необходимый для горения воздух; теоретическое и действительное количество его.

3. Потеря тепла и химической неполноты сгорания, причины вызывающие эту потерю, меры по ее уменьшению.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 9

1. Технические характеристики твердого топлива.

2. Объем продуктов сгорания твердого и жидкого топлива; его составляющие.

3. Технологическая схема топливного тракта ТЭС, работающем на твердом топливе; назначение элементов и оборудования, входящих в схему.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 10

1. Газообразное топливо, его классификация и технические характеристики.

2. Располагаемое тепло топлива, его определение и составляющие.

3. Характеристики угольной пыли.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 11

1. Влияние способа добычи, транспортировки и хранения твердого топлива на его состав.

2. Энтальпия продуктов сгорания и её составляющие на H-Θ диаграмме.

3. Изобразите шаровую барабанную мельницу, объясните назначение, устройство, принцип работы и область применения.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 12

1. Определение теплового баланса котла, характеристика его составляющих.

2. Преимущества и недостатки газового топлива по сравнению с твердым и жидким топливом.

3. Пылеприготовление с замкнутой схемой сушки и прямым вдуванием пыли в топочную камеру; область ее применения.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 13

1. Оптимальная величина температуры уходящих газов, факторы от которых она зависит.

2. Определение теплового баланса котла, уравнение расходной части теплового баланса и характеристика его составляющих.

3. Молотковая мельница: объясните назначение, конструкцию, принцип работы и область применения.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 14

1. Состав мазута, его классификация по содержанию в нем соединений серы; вязкость, марки мазута, применяемые в энергетических котлоагрегатах.
2. Тепловой баланс процесса горения, для чего и как он составляется.
3. Индивидуальные разомкнутые схемы пылеприготовления: объясните назначение, конструкцию, принцип работы и область применения.
4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 15

1. Естественное твердое топливо. Классификация углей, основные характеристики
2. Коэффициенты избытка воздуха в топке и газоходах котлоагрегата; факторы, от которых они зависят и меры по их уменьшению.
3. Коэффициент полезного действия котлоагрегата брутто и нетто, методы определения и области применения.
4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 16

1. Понятие «топливо». Классификация видов топлива по агрегатному состоянию и происхождению.
2. Определение коэффициентов избытка воздуха; формулы для определения коэффициента избытка воздуха для случаев механически и химически полного и не полного сгорания топлива.
3. Индивидуальные разомкнутые схемы пылеприготовления с промежуточным бункером: объясните назначение, конструкцию, принцип работы.
4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 17

1. Понятие о происхождении твердого топлива. Основные месторождения и классификация твердого топлива.
2. Материальный баланс процесса горения и принцип его составления.
3. Сушка топлива в процессе пылеприготовления. Понятие о размольной и сушильной производительности мельниц.
4. Задача (см. табл. 1.2)

Вариант 18

1. Состав летучих веществ. Выход летучих горючих, и их влияние на сжигание топлив.
2. Теоретический объем воздуха, необходимый для организации процесса горения, от каких величин зависит и формула для его определения.
3. Индивидуальные замкнутые схемы пылеприготовления как с прямым вдуванием: объясните назначение, конструкцию, принцип работы.
4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 19

1. Присосы воздуха в топке и газоходах и их влияние на работу котельной установки.

2. Действительный объем продуктов сгорания при полном горении топлива, от каких величин зависит и формула для его определения.

3. Механизмы, применяемые для внутростанционного транспорта топлива.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 20

1. Прямой и обратный методы составления теплового баланса котлоагрегата.

2. Теоретический объем азота в продуктах сгорания, от каких величин зависит и формула для его определения.

3. Молотковые дробилки, принцип их работы, расход электроэнергии на работу дробилки, износ дробилки.

4. Задача (см. таблицу 1).

Вариант 21

1. Влияние содержание золы и влаги на качество топлива и работу котла.

2. Теоретический объем продуктов сгорания, от каких величин зависит и формула для его определения.

3. Пылевые циклоны пыли, принцип их работы, конструкция.

4. Задача (см. таблицу 1).

6. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

По результатам выполненной домашней контрольной работы выставляется отметка «зачтено». Отметка «не зачтено» выставляется, если в домашней контрольной работе не раскрыты теоретические вопросы, задания, или ответы на них полностью переписаны из учебной литературы, без адаптации к конкретному заданию, если имеются грубые ошибки в решении задач, выполнении графического задания.

Таблица 2 – Шкала оценки домашней контрольной работы

Результат выполнения домашней контрольной работы	Оценка результатов учебной деятельности
Работа выполнена не в полном объеме или не соответствует заданию и т.д. Допущены существенные ошибки, такие как не раскрыты теоретические вопросы (основные понятия, формулировки, отсутствует описание или объяснение схем; неполное описание классификации агрегатов и т. д.), если имеются грубые ошибки в решении задач (неверно или неполно произведен расчет, имеются ошибки в расчетных зависимостях, неверно указано значение из справочной литературы).	Не зачтено
Работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию и т.д. Допущены несущественные ошибки, не искажающие сути вопроса, такие как нарушена логическая последовательность изложения ответа и (или) если ответы даны на все вопросы задания и в каждом ответе изложено не менее 75% материала от необходимого по данному вопросу.	Зачтено

7. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ (ЛИТЕРАТУРА)

Основная:

1. Жихар Г.И. Котельные установки ТЭС: учеб. пособие/Г.И. Жихар. – Минск, «Вышэйшая школа» 2017. – 224 с.
2. Резников М.И., Липов Ю. М. Котельные установки электростанций. «Энергоатомиздат» 1987. – 288 с.
3. Резников М.И. Парогенераторные установки электростанций. «Энергия» 1974. – 244 с.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Санкт-Петербург, 1998г. – 256 с.
5. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). «Энергия» 1977. – 387 с.
6. Липов Ю. М. и др. Компоновка и тепловой расчет парового котла, «Энергоатомиздат» 1988.
7. Стрикович М.А., Каковская Ю.Т. Серпов Е.П. Парогенераторы электростанций. «Энергия» 1966. – 255 с.
8. Нормы расчета элементов паровых котлов на прочность «Недра», 1966.
9. Резников М.И., Липов Ю.М. Паровые котлы тепловых электростанций. «Энергоиздат», 1981. – 237 с.
10. Кроль ЛБ. Основные особенности котельных агрегатов высокого и сверхкритического давления. «Госэнергоиздат», 1962. – 187 с.
11. Мейкляр М.В. Современные котельные агрегаты ТКЗ «Энергия» 1978.
12. Лебедев А.Н. Подготовка и размол топлива на электростанциях. «Энергия» 1969. – 208 с.
13. Русанов А.А., Урбах И.И., Анастасиади А.П., Очистка дымовых газов в промышленной энергетике. «Энергия» 1969. – 256 с.
14. Кузнецов П.М. Удаление шлака и золы на электростанциях. «Энергия» 1970.
15. Рихтер ЛА. Газовоздушные тракты тепловых электростанций. «Энергия» 1969.
16. Методическое руководство по курсовому проекту котельного агрегата. МЭТ 2000.
17. Двойников В. А., Делев Л.В., Изюмов М.А. Конструкция и расчет котлов и котельных установок. М. «Машиностроение». 1988. – 220 с.

Дополнительная:

1. Тепловые и атомные электростанции, справочник под общей редакцией Клименко А.В., Зорина В.М. Издательский дом МЭИ, Москва, 2007 г. – 648 с.
2. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). Энергия, 1977 г. – 381 с.
3. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Энергия, 1978 г. – 389 с.

Стандарты:

ГОСТ 23172-78. Котлы стационарные. Термины и определения. Госстандарт, 1978 г.