**Краевое государственное бюджетное**

**профессиональное образовательное учреждение**

**«Минусинский сельскохозяйственный колледж»**

**Методические указания по выполнению**

**практических работ**

**по МДК.01.01. Раздел 3 Эксплуатация котельных установок**

**ПМ.01. Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения**

**специальности 13.02.02** Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

**Минусинск, 2020**

Рассмотрены

на заседании цикловой комиссии

преподавателей

теплотехнических дисциплин

Протокол № от «\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Методист ЦК

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.А. Кулакова

Методические указания по выполнению практических работ по МДК.01.01. Раздел 3 Эксплуатация котельных установок адресованы студентам очной формы обучения по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование.

Методические указания содержат перечень образовательных результатов в соответствии с требованиями ФГОС, инструкционно-технологические карты на практические работы, рекомендации по оформлению отчета.

Для каждого практического занятия определены цели работы, приведены краткие теоретические сведения, содержание и последовательность выполнения задания, приведены краткие инструкции с методикой выполнения.

Автор: Евдокимова Светлана Владимировна, преподаватель высшей квалификационной категории, Минусинский сельскохозяйственный колледж

Рецензент: Глебова Татьяна Николаевна, преподаватель первой квалификационной категории, Минусинский сельскохозяйственный колледж.

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 4 |
| Рекомендации по оформлению отчета | 7 |
| Практическое занятие 1,2. Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания | 8 |
| Практическое занятие 3. Определение тепловых потерь и КПД брутто | 11 |
| Практическое занятие 4. Определение расчетным путем расхода топлива | 16 |
| Практическое занятие 5. Изучение конструкции топочных камер по чертежам и построение эскиза  | 18 |
| Практическое занятие 8. Изучение конструкций внутрибарабанных сепарационных и промывочных устройств по чертежам | 18 |
| Практическое занятие 9. Изучение компоновок и конструктивных особенностей паровых котлов по чертежам | 18 |
| Практическое занятие 10. Изучение компоновок и конструктивных особенностей водогрейных котлов по чертежам | 18 |
| Практическое занятие 11. Изучение компоновок и конструкций пароперегревателей, экономайзеров, воздухоподогревателей по чертежам | 18 |
| Практическое занятие 6,7. Определение геометрических размеров топочных камер по эскизам | 30 |
| Практическое занятие 12. Изучение конструкций арматуры различных типов и конструкций тягодутьевых машин различных типов | 35 |
| Практическое занятие 13. Расчет аэродинамического сопротивления газовоздушного тракта. Выбор тягодутьевых машин | 39 |
| Практическое занятие 14. Ознакомление с тепловыми схемами и компоновкой оборудования котельных | 42 |
| Практическое занятие 15. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, выбор высоты дымовой трубы | 46 |
| Список использованной литературы | 49 |

**Введение**

УВАЖАЕМЫЙ СТУДЕНТ!

Методические указания по выполнению практических работ по МДК.01.01. Раздел 3 Эксплуатация котельных установоксозданы Вам в помощь для подготовки к практическим занятиям, работы на занятиях и правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, необходимо внимательно прочитать цели и задачи, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные результаты.

Отчет о работе выполнить по приведенному алгоритму в инструкционно-технологической карте.

Наличие положительной оценки по практической работе необходимо для получения допуска по дисциплине к экзамену, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за работу необходимо найти время для ее выполнения или пересдачи.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим занятиям или при выполнении заданий у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя или посмотреть на двери его кабинета.

Желаем Вам успехов!!!

Практическое обучение является центральной частью профессионального образования и направленно на понимание значимости выбранной профессии, на отработку у обучающихся умений, навыков и знаний по учебным дисциплинам.

Цель практических занятий: формирование у студентов общих и профессиональных компетенций, приобретение практических профессиональных умений в рамках МДК.01.01. Раздел 3 Эксплуатация котельных установок.

При выполнении практических работ студенты закрепляют знания основ монтажного проектирования, нормативных требований, предусмотренных строительными нормами и правилами при монтаже систем отопления и вентиляции, последовательности операций при монтаже систем отопления и вентиляции, методики проведения технических испытаний систем отопления и вентиляции.

Задачи практических работ:

-сформировать умения по чтению принципиальных тепловых схем тепловой электростанции (ТЭС), котельных;

-сформировать умения по составлению принципиальных тепловых схем тепловой электростанции (ТЭС), котельных;

-сформировать умения по расчёту схем тепловой электростанции (ТЭС), котельных;

-сформировать умения по выполнению работ по повышению энергоэффективности теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения;

-сформировать умения по внедрению энергосберегающих технологий в процессы производства, передачи и распределения тепловой энергии;

-изучить методику поверочного расчета поверхностей парогенератора.

В процессе изучения материала на занятиях, при выполнении практических работ у студентов должны быть сформированы общие, профессиональные компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Осуществлять пуск и останов теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.

ПК 1.3. Осуществлять мероприятия по предупреждению, локализации и ликвидации аварий теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.

При выполнении практических работ на студентов распространяются правила охраны труда, правила внутреннего распорядка, действующие в образовательном учреждении и правила пожарной безопасности.

Выполненная работа представляется преподавателю в форме отчета на отдельном листе.

Критерии оценки качества выполнения практических работ:

* Отметка «5». Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студент работает полностью самостоятельно: подбирает необходимые для проведения практической работы теоретические знания, практические умения и навыки. Работа оформляется аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме. Работа выполнена в срок, студент сумел рассчитать время, необходимое для подготовки работы, четко понимает цель задания. Грамотно отвечает на поставленные вопросы, используя профессиональную лексику.
* Отметка «4». Работа выполняется в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний. Работа показывает знание основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежности в оформлении результатов работы.
* Отметка «3». Работа выполняется и оформляется студентом при помощи преподавателя или уже выполнивших на «отлично» данную работу студентов. На выполнение работы затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе.
* Отметка «2» выставляется в том случае, когда студенты не подготовлены к выполнению этой работы. Полученные результаты не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Работа оформлена небрежно. Показывается плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений, низкий интеллект. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных учащихся неэффективны по причине плохой подготовки.

**Рекомендации по оформлению отчета** (общие требования)

* Для отчетов по практическим работам используется рукописный текст на развернутых листах тетрадей в клетку, цвет текста - синий, фиолетовый, черный.
* Титульный лист должен выполняться в соответствии с приложением А.
* Содержание отчета и порядок расположения заданий должны соответствовать инструкционно-технологической карте на выполнение работы.
* Текст и оформление иллюстраций, таблиц должны удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.
* Ошибки, помарки и графические неточности допускается исправлятьаккуратной подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением натом же месте исправленного текста. Повреждения листов,помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) недопускаются.
* Сокращения слов в тексте отчета и подрисуночном тексте не допускаются.
* Порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемыхвеличин.
* Расчет в общем случае должен содержать:
* задачу расчета;
* данные для расчета;
* расчет.
* Заключение должно содержать оценку результатов, выводы о проделанной работе.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы № **1,2**

***Тема:* Топливо и его сжигание**

***Наименование работы:* Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания**

***Цель:* формирование умений по определению энтальпий воздуха и продуктов сгорания**

***Задачи:***

-изучить методику расчета энтальпий воздуха и продуктов сгорания;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

***Образовательные результаты:***

Студент должен

**уметь**:

-выполнять расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания

**знать:**

-методику расчета по определению энтальпий воздуха и продуктов сгорания

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, калькулятор, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

Количество теплоты, содержащееся в воздухе или продуктах сгорания, называют теплосодержанием (энтальпией) воздуха или продуктов сгорания. При выполнении расчетов принято энтальпию воздуха и продуктов сгорания относить к 1 кг сжигаемого твердого и жидкого топлива и к 1 м3 (при нормальных условиях) газообразного топлива.

Расчет энтальпий продуктов сгорания производится при действительных коэффициентах избытка воздуха после каждой поверхности нагрева (значение коэффициента избытка воздуха после поверхности нагрева берутся из табл.).

Расчет следует производить для всего возможного диапазона температур после поверхности нагрева, так как температуры эти неизвестны. В дальнейших расчетах при пользовании значениями энтальпии допускается линейная интерполяция в интервале температур 100 К. Поэтому при расчетах энтальпии интервал температур не должен быть более 100 К.

**Вопросы для закрепления теоретического материала к практическому занятию:**

1. Сформулировать определение энтальпии.

2. Перечислить поверхности нагрева для которых рассчитывается энтальпия.

3.Указать расчетный температурный интервал.

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Повторить теоретический материал по теме практического занятия.

2. Ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

3. Выполнить расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания (исходные данные для расчетов по вариантам выдает преподаватель). Последовательность расчетов приведена в приложении 1.

4.Результаты расчетов свести в таблицу (приложение 2).

5.Вычертить график энтальпий по поверхностям нагрева.

Приложение1

1. Вычислить энтальпию теоретического объёма воздуха, для всего выбранного диапазона температур для твердого и жидкого топлива (кДж/кг) и газа (кДж/м 3)

;

где - энтальпия 1 м 3 воздуха, кДж/м 3, принимается для каждой выбранной температуры

- теоретический объем воздуха, необходимого для горения

2.Определить энтальпию теоретического объёма продуктов сгорания для всего выбранного диапазона температур для твердого и жидкого топлива (кДж/кг) и газа (кДж/м3)

,

где - энтальпия 1 м 3 трехатомных газов, теоретического объема азота, теоретического объема водяных паров, принимаются для каждой выбранной температуры по табл. 2.6, кДж/м 3;

- объем трехатомных газов, теоретический объем азота и водяного пара

3.Определить энтальпию избыточного количества воздуха для всего выбранного диапазона температур для твердого и жидкого топлива (кДж/кг) и газа (кДж/м 3)

.

4. Определить энтальпия продуктов сгорания при коэффициенте избытка воздуха L > 1 (кДж/кг или кДж/м 3)

,

где - энтальпия золы, учитывается только при >1,4 кг 10 2/МДж

;

здесь - энтальпия 1 кг золы, кДж/кг.

Результаты расчета энтальпии продуктов сгорания по газоходам котлоагрегата свести в табл.

Приложение 2

Таблица - Энтальпия продуктов сгорания

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поверхность нагрева | Температура после поверхности нагрева, ОС |  |  |   |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Топочная камера, | 2000 |   |   |   |   |
| 1900 |   |   |   |   |
| 1800 |   |   |   |   |
| 1700 |   |   |   |   |
| 1600 |   |   |   |   |
| 1500 |   |   |   |   |
| 1400 |   |   |   |   |
| 1300 |   |   |   |   |
| 1200 |   |   |   |   |
| 1100 |   |   |   |   |
| 1000 |   |   |   |   |
| 900 |   |   |   |   |
| 800 |   |   |   |   |
|  1 конвективный пучок, | 1000 |   |   |   |   |
| 900 |   |   |   |   |
| 800 |   |   |   |   |
| 700 |   |   |   |   |
| 600 |   |   |   |   |
|  2 конвективный пучок,  | 800 |   |   |   |   |
| 700 |   |   |   |   |
| 600 |   |   |   |   |
| 500 |   |   |   |   |
| 400 |   |   |   |   |
| Водяной экономайзер,  | 600 |   |   |   |   |
| 500 |   |   |   |   |
| 400 |   |   |   |   |
| 300 |   |   |   |   |
| 200 |   |   |   |   |

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы № 3

***Тема:* Топливо и его сжигание**

***Наименование работы:* Определение тепловых потерь и КПД брутто**

***Цель:* формирование умений по определению тепловых потерь и КПД брутто**

***Задачи:***

-изучить методику расчета по определению тепловых потерь и КПД брутто;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

***Образовательные результаты:***

**уметь**:

-выполнять расчет по определению тепловых потерь и КПД брутто

**знать:**

-методику расчета по определению тепловых потерь и КПД брутто

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, калькулятор, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

При работе парового или водогрейного котла вся поступившая в него теплота расходуется на выработку полезной теплоты, содержащейся в паре или горячей воде, и на покрытие различных потерь.

Суммарное количество теплоты, поступившее в котельный агрегат, называют располагаемой теплотой и обозначают . Между теплотой, поступившей в котельный агрегат и покинувшей его, должно существовать равенство.

Теплота, покинувшая котельный агрегат, представляет собой сумму полезной теплоты и потерь теплоты, связанных с технологическим процессом выработки пара или горячей воды. Следовательно, тепловой баланс котла для 1 кг сжигаемого твердого и жидкого топлива или 1 м3 газа при нормальных условиях имеет вид:

,

где - располагаемая теплота, кДж/кг или кДж/м 3;

- полезная теплота, содержащаяся в паре или горячей воде, кДж/кг или кДж/м 3;

- потери теплоты с уходящими газами, от химической неполноты сгорания, от механической неполноты сгорания, от наружного охлаждения, от физической теплоты, содержащейся в удаляемом шлаке, плюс потери на охлаждение панелей и балок, не включенных в циркуляционный контур котла, кДж/кг или кДж/м 3.

Тепловой баланс котла составляется применительно к установившемуся теп- ловому режиму, а потери теплоты выражаются в процентах располагаемой теплоты:



Коэффициентом полезного действия (КПД) парового или водогрейного котла называют отношение полезной теплоты к располагаемой теплоте. Не вся полезная теплота, выработанная агрегатом, направляется к потребителю. Часть выработанной теплоты в виде пара и электрической энергии расходуется на собственные нужды. Так, например, на собственные нужды расходуется пар для привода питательных насосов, на обдувку поверхностей нагрева и т.д., а электрическая энергия – для привода дымососа, вентилятора, питателей топлива, мельниц системы пылеприготовления и т.д..

Под расходом на собственные нужды понимают расход всех видов энергии, затраченной на производство пара или горячей воды. Поэтому различают КПД агрегата брутто и нетто.

Если КПД агрегата определяется по выработанной теплоте, то его называют брутто, а если по отпущенной теплоте – нетто.

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите известные Вам потери теплоты с уходящими газами.

2. Поясните составляющие уравнения теплового баланса котельного агрегата.

3.Сформулировать понятие КПД брутто и нетто.

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3. Выполнить расчет по определению тепловых потерь и КПД брутто (исходные данные для расчетов по вариантам выдает преподаватель). Последовательность расчетов приведена в приложении 3.

Приложение 3

1. Определить потерю теплоты с уходящими газами , %

Потеря теплоты с уходящими газами определяется по формуле:

 ,

где  - энтальпия уходящих газов, определяется по табл. 2.7, кДж/кг или кДж/м 3;

- энтальпия теоретического объема холодного воздуха, кДж/кг или кДж/м 3 определяется при по формуле:

,

-коэффициент избытка воздуха в уходящих газах, берется из табл. 2.5 в сечении газохода после последней поверхности нагрева;

-потеря теплоты от механической неполноты горения (для газа и мазута ,для твердого топлива в зависимости от типа топочного устройства принимается по табл.),%

- располагаемая теплота, определяется по формулам:

для твердого и жидкого топлива (кДж/кг)

;

для газообразного топлива (кДж/м 3)

,

где - низшая теплота сгорания рабочей массы твердого и жидкого топлива, кДж/кг, принимается по табл. 1.1;

- низшая теплота сгорания сухой массы газа, кДж/м 3, принимается по табл.

 - теплота, внесенная в котельный агрегат воздухом при подогреве его вне агрегата отборным паром или другим теплоносителем в калорифере, устанавливаемом перед воздухоподогревателем, кДж/кг или кДж/м 3, определяется по формуле

;

где - энтальпия теоретического объема холодного воздуха при oC,;

- энтальпия теоретического объема воздуха при входе в воздухоподогреватель после предварительного подогрева в калорифере, определяется по температуре воздуха после калорифера линейной интерполяцией значений 

- отношение количества воздуха на входе в котельный агрегат к теоретически необходимому, определяется по формуле:

;

где - присос воздуха в топку, систему пылеприготовления, принимается по таблице 1

Таблица 1 - Среднее значение присоса воздуха для систем пылеприготовления

|  |  |
| --- | --- |
| Системы пылеприготовления | Присос |
| Молотковые мельницы: |   |
| при работе под разряжением | 0,04 |
| под давлением горячего воздуха | 0 |
| Среднеходовые валковые мельницы при работе под разряжением | 0,04 |
| Мельницы - вентиляторы с подсушивающей трубой | 0,2-0,25 |
| Шаровые барабанные мельницы: |   |
| с промежуточным бункером при сушке горячим воздухом | 0,1 |
| с промежуточным бункером при сушке смесью воздуха и топочных газов | 0,12 |
| с прямым вдуванием | 0,04 |

2. Определить потерю теплоты от химической неполноты сгорания , %

Обусловлена появлением в уходящих газах горючих газов , , . Потеря теплоты от химической неполноты горения зависит от вида топлива и содержащихся в нем летучих, способа сжигания топлива и конструкции топки, коэффициента избытка воздуха в топке, от уровня и распределения температуры в топочной камере, организации смесеобразовательных процессов в топке (горелке и топочной камере). Берется из табл.

3. Определить потерю теплоты от механической неполноты горения, %

Наблюдается только при сжигании твердого топлива и обусловлена наличием в очаговых остатках твердых горючих частиц. Очаговые остатки состоят из золы, содержащейся в топливе, и твердых горючих частиц, не вступающих в процессы газификации и горения. Считается, что твердые горючие частицы представляют собой чистый углерод. Берется из табл.

4. Определить потерю теплоты от наружного охлаждения , %

Обусловлена передачей теплоты от обмуровки агрегата наружному воздуху, имеющему более низкую температуру. Потеря теплоты от наружного охлаждения зависит от теплопроводности обмуровки, ее толщины, поверхности стен, приходящейся на единицу паропроизводительности парового или теплопроизводительности водогрейного котла. Берется из табл.

Потеря теплоты от наружного охлаждения (в %) определяется по формулам:

для парового котла

;

для водогрейного котла;

где  и -потери теплоты от наружного охлаждения при номинальной нагрузке парового и водогрейного котла, определяются по табл. соответственно;

-расчетная нагрузка парового котла, т/ч;

-номинальная мощность водогрейного котла, МВт;

-расчетная мощность водогрейного котла, МВт.

Таблица 2 - Потеря теплоты от наружного охлаждения парового котла

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальная производительность котла, кг/с (т/ч) | ; Потеря теплоты,% |
| Собственно котел | Котел с хвостовыми поверхностями |
|
|
| 0,55 (2) | 3,4 | 3,8 |
| 1,11 (4) | 3,1 | 2,9 |
| 1,67 (6) | 1,6 | 2,4 |
| 2,22 (8) | 1,2 | 2 |
| 2,78 (10) | - | 1,7 |
| 4,16 (15) | - | 1,5 |
| 5,55 (20) | - | 1,3 |
| 8,33 (30) | - | 1,2 |
| 11,11 (40) | - | 1 |
| 16,66 (60) | - | 0,9 |
| 22,22 (80) | - | 0,8 |
| 27,77 (100) | - | 0,7 |
| 55,55 (200) | - | 0,6 |
| 83,33 (300) | - | 0,5 |

Таблица 3 - Потеря теплоты от наружного охлаждения водогрейного котла (ориентировочно)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальная мощность котла, МВт | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 60 | 100 |
| Потеря, % | 5 | 3 | 2 | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,9 | 0,7 | 0,5 |

5. Определить потерю в виде физической теплоты шлаков , %

Имеет место при жидком шлакоудалении, а иногда и при сухом, если сжигается высокозольное топливо. В некоторых конструкциях слоевых топок имеются панели и балки, охлаждаемые водой, которая не используется и сбрасывается в канализацию, что приводит к потери теплоты. У современных паровых и водогрейных котлов панели и балки, охлаждаемые водой, обычно включается в циркуляционный контур котла. Поэтому в современных агрегатах эта потеря отсутствует.

6. Определение КПД брутто котельного агрегата (%) по уравнению прямого баланса:

для парового котла

;

для водогрейного котла

,

где - полезная мощность парового котла, кВт;

- полезная мощность водогрейного котла, кВт;

 - расход топлива паровым или водогрейным котлами, кг/с или м 3/с;

- располагаемая теплота, кДж/кг или кДж/м 3.

При тепловом расчете парового ил водогрейного котла тепловой баланс составляет для определения КПД брутто и расчетного расхода топлива.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы № 4

***Тема:* Топливо и его сжигание**

***Наименование работы:* Определение расчетным путем расхода топлива**

***Цель:* формирование умений по определению расчетным путем расхода топлива**

***Задачи:***

-изучить методику расчета по определению расчетным путем расхода топлива;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

***Образовательные результаты:***

**уметь**:

-выполнять расчет по определению расчетным путем расхода топлива

**знать:**

-методику расчета по определению расчетным путем расхода топлива;

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, калькулятор, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

При тепловом расчете парового ил водогрейного котла тепловой баланс составляет для определения КПД брутто и расчетного расхода топлива.

Определить расход топлива (кг/с или м 3/с), подаваемого в топку парового или водогрейного котла, из уравнения прямого теплового баланса:

Расчетный расход топлива вносится во все последующие формулы, по которым подсчитывается суммарный объем продуктов сгорания и количества теплоты.

***Контрольные вопросы:***

1. Пояснить 2 возможных направления по расчету расхода топлива.
2. Перечислить единицы измерения расход топлива.
3. Пояснить все составляющие, входящие в формулу для расчета расхода топлива.

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3. Выполнить задание: выполнить расчет по определению расхода топлива **(**исходные данные для расчетов по вариантам выдает преподаватель**).** Последовательность расчетов приведена в приложении 4.

Приложение 4

1. Определить расход топлива (кг/с или м 3/с), подаваемого в топку парового или водогрейного котла, из уравнения прямого теплового баланса:

;

.

2. Определить расход топлива (кг/с или м 3/с), подаваемого в топку парового или водогрейного котла, из уравнения обратного теплового баланса:

для твердого топлива

;

для газа и мазута

.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы № **5,8,9,10,11**

***Тема:*** Паровые и водогрейные котлы

***Наименование работы:***

Изучение конструкции топочных камер по чертежам и построение эскиза**.**

Изучение конструкций внутрибарабанных сепарационных и промывочных устройств по чертежам.

Изучение компоновок и конструктивных особенностей паровых котлов по чертежам.

Изучение компоновок и конструктивных особенностей водогрейных котлов по чертежам.

Изучение компоновок и конструкций пароперегревателей, экономайзеров, воздухоподогревателей по чертежам.

***Цель:* Закрепление знаний компоновок топочных поверхностей нагрева по чертежам**

***Задачи:***

-изучить назначение топочных поверхностей нагрева;

- изучить конструкции топочных поверхностей нагрева

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

**уметь**:

* читать чертежи и схемы топочных поверхностей нагрева
* **знать:**

-конструкцию, работу топочных поверхностей нагрева

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

**Топочная камера**

Камерная топка - топка паровых и водогрейных котлов, выполненная в виде прямоугольной призматической камеры, в которой топливо сгорает в струе воздуха (в факеле). В таких топках сжигают пылевидное твердое топливо под котлами паропроизводительностью 50—4000 т/ч и более, а также газообразное и жидкое котельное топливо — под котлами. Основными элементами камерной топки являются: собственнотопочная камера, лучевоспринимающие поверхности нагрева, горелки (или амбразуры), устройства для приема щлака и его удаления. Топочная камера своей верхней частью примыкает к газоходу пароперегревателя, отделяясь от него рядами сильно разреженных котельных труб, называемым фестоном. В нижней части камеры находится золовая воронка, выполненная в виде опрокинутой усеченной пирамиды. Топочная камера — отделенное обмуровкой котла от окружающей среды пространство, в котором происходит процесс горения топлива. Обмуровка вертикальных стен, потолочного перекрытия и золовой воронки (или горизонтального пода) должна быть не теплопроводной — для сведения к минимуму количества теплоты, теряемой камерной топкой в окружающую среду, и плотной — для исключения подсоса в камерную топку холодного воздуха извне или выбивания дымовых газов при работе котла с наддувом.
Лучевоспринимающими поверхностями нагрева камерной топки являются топочные экраны и фестон, а в котлах высокого давления — частично трубы пароперегреватели. Топочные водяные экраны предохраняют кладку камеры от износа и разрушений под действием высокой температуры факела и расплавленных шлаков, но в большей степени представляют собой эффективную поверхность нагрева, воспринимающую большое количество теплоты, излучаемой факелом. Распространены экраны из гладких труб. При сжигании трудно воспламеняющегося топлива шпа антрацита возникает необходимость уменьшать тепловосприятие экранов в зоне горелок, чтобы улучшить условия зажигания пыли. Для этого часть экранов на уровне горелок покрывают огнеупорным материалом высотой 2—4 метра (зажигательный пояс). Применяют топочные экраны из плавниковых труб. В этих экранах вдоль диаметрально противоположных образующих труб приваривают продольные ребра — плавники. В совокупности такие трубы образуют сплошную экранную поверхность с повышенной лучевоспринимающей способностью. Камерную топку экранируют с расчетом, чтобы температуpa дымовых газов при выходе из них не превышала температуру начала деформации золы и чтобы исключалась возможность шлакования труб фестона расплавленных золой. Температуру дымовых газов в конце камерной топки принимают равной 1050—1150°С при сжигании углей и 950°С при сжигании сланцев и торфа.

В стенках топочной камеры или по углам взависимости от паропроизводительноссти котлоагрегата и других факторов располагают горелки. Горючая смесь образуется в камерной топке непосредственно на выходе из горелок.

Пылеугольные топки бывают одно-, двух- и трехкамерными. В двухкамерных выделяют зоны горения, догорания и охлаждения, в трехкамерных — зоны догорания и охлаждения. По характеру движения и взаимодействия газовых потоков пылеугольные тонки подразделяют на вихревые и факельные топки. При сжигании пылевидного топлива часть золы уносится из топки дымовыми газами в газоходы котла, остальная часть выпадает из факела в виде капель шлака. Камерные топки подразделяют на топки с твердым и жидким шлакоудалением. Первые представляют собой вертикальную шахту, заканчивающуюся внизу холодной воронкой. Такие топки называют открытыми. Пылеугольные топки с твердым шлакоудалением обычно применяют для сжигания топлива с большим и умеренным выходом летучих веществ при тугоплавкой золе и высокой влажности. Твердый шлак из камерных топок удаляют через смывную шахту, размещаемую под шлаковой холодной воронкой. Выпадающие из факела капли шлака, охладившись при проходе через холодную воронку, скапливаются на дне шлакоприемной шахты, откуда их периодически удаляют, смывая струей воды, подаваемой из особых сопел. Под крупными котлами устанавливают шлакоприемные устройства с непрерывным удалением шлака, сооружая под шлаковой шахтой заполненную водой ванну, из которой шлак удаляется металлическим конвейером. Под камерной топкой имеется небольшой уклон и утеплен. В его нижней части расположена летка с выходным отверстием для выпуска шлака в шлакоприемное устройство, заполненное водой. Во избежание размыва края летки окантованы змеевиковым холодильником. В тогасах с жидким шлакоудалением, благодаря более высокой температуре горения улучшается выгорание топлива, однако возрастают потери с физической теплотой шлака. Основной недостаток камерной топки с жидким шлакоудалением — опасность застывания шлака при пониженной нагрузке котлоагрегата. Камерная топка с жидким шлакоудалением применяют в основном при сжигании слабореактивиых топлив с умеренными значениями температуры плавления золы (1300— 1350°С), влажности (20%) и зольности (25%), а также при сжигании топлива с низкой температурой плавления золы, которая в Камерной топке с твердым шлакоудалением может вызвать шлакование. При жидком шлакоудалении улучшаются показатели топочных устройств, нормализуется удаление золы и интенсифицируется теплопередача в конвективных поверхностях нагрева, так как повышается скорость движения продуктов сгорания. Недостаток камерной топки — низкое энерговыделение в топочной камере.

**Внутрибарабанные сепарационные и промывочные устройства**

Барабан парового котла (Рисунок 1) представляет собой толстостенный (до 90 - 110 *мм*) цилиндрический корпус, заканчивающийся с обоих концов донышками выпуклой формы с установленными в них лазами. Основное назначение барабана, как отмечалось, состоит в разделении пароводяной смеси на пар и воду с раздельным их выводом по трубам *8, 13* соответственно к пароперегревателю или в опускные трубы контуров циркуляции. В барабане размещаются устройства, обеспечивающие требуемые движения пароводяной смеси, воды и пара и водный режим (например, труба *2* ввода фосфатов), прогрев барабана при пуске котла (трубы *12*), а также сепарационные (разделительные) устройства.

Пароводяная смесь по трубам подводится к камере *5*, из которой по патрубкам *4* распределяется в отдельные внутрибарабанные циклоны *3*. Отделенная в циклонах вода стекает вниз и далее направляется к опускным трубам *13*, перед которыми устанавливают успокоительную решетку *1*, препятствующую захвату пара водой. Питательная вода из экономайзера поступает по трубе *10* и равномерно распределяется по дырчатой решетке *7*, с которой потом стекает к опускным трубам.

В барабанном котле чистота пара определяется растворимостью солей в паре и механическим уносом капель влаги потоком пара из барабана. Растворимость веществ в паре с ростом давления увеличивается, а в котлах среднего давления не играет большой роли. Поэтому при низких и средних давлениях, когда растворимость солей в паре мала, чистота пара в основном определяется уносом капелек влаги. Концентрация солей в паре в этом случае не только зависит от количества захваченной паром влаги, но и от концентрации солей в ней. Чем меньше концентрация солей в котловой воде, тем чище пар. В соответствии с этим методы получения чистого пара основаны на достижении наиболее высокой его сухости, на отделении частиц влаги, увлекаемых паром с поверхности испарения. Отделение пара от воды можно обеспечить поддержанием соответствующих скоростей пара в паровом объеме или установкой внутрибарабанных и выносных циклонов.

Рисунок 1 - Барабан котла с сепарационными устройствами:

а — высокого давления; б — среднего давления; 1 — успокоительная антикавитационная решетка, 2 — труба ввода фосфатов, 3 — внутрибарабанные циклоны, 4 — подводящий патрубок, 5 — камера, б — корпус барабана, 7 — промывочный дырчатый щит, 8, 13 — отводящие трубы пара и воды, 9 — парораспределительная решетка, 10 — труба подвода питательной воды, 11 — труба аварийного слива, 12 — труба для парового разогрева, 14 — погружной дырчатый лист; I, II, III — нормальный, верхний и нижний уровни воды.

При подаче пароводяной смеси под уровень воды в барабане  пар, двигаясь вверх, захватывает частицы влаги, вынося их с поверхности воды, называемой зеркалом испарения, в паровой объем барабана. По мере движения в паровом объеме барабана частицы воды замедляются и выпадают обратно на поверхность зеркала испарения. Наиболее же мелкие частицы продолжают движение с паром. Раз мер выносимых частиц и, следовательно, влажность и солесодержание пара определяются, в первую очередь, скоростью пара и высотой парового объема барабана, а также солесодержанием воды в барабане. С увеличением скорости пара резко возрастает вынос влаги.

Понижение скорости пара и рост высоты парового объема связаны с увеличением диаметра и толщины стенок барабана, что утяжеляет котел и удорожает его изготовление. В современных котлах диаметр доходит до 1,8-2 *м*. Но и в больших барабанах вынос влаги может быть существенным, если не обеспечить равномерного распределения пароводяной смеси и пара по поверхности зеркала испарения. Это достигается установкой в барабане погружных *14* и пароприемных *9* дырчатых листов  равномерным подводом пароводяной смеси по длине барабана и отводом пара.

Во внутрибарабанных циклонах пароводяная смесь поступает в цилиндрический корпус *3* циклона по патрубку *4*, установленному по касательной к внутренней поверхности корпуса. Под действием центробежного эффекта вода отжимается к стенке, стекая вниз, а пар по центральной части цилиндрического корпуса через отверстие в крышке *2* выходит в паровой объем барабана. для повышения степени отделения влаги в выходном отверстии крышки размещают жалюзийный сепаратор *1*, набираемый из гнутых пластин, на которых осаждаются капельки влаги. Внизу в центральной части циклона устанавливается глухое донышко *5*, а между донышком и корпусом располагаются лопатки *6*, гасящие вихревое движение водяного потока и уменьшающие прорыв пара в водяной объем барабана.

**Паровые котлы**

**Водогрейные котлы**

**Пароперегреватели, экономайзеры, воздухоподогреватели**

**Воздухоподогреватель** вместе с экономайзером и пароперегревателем входит в число так называемых хвостовых поверхностей котлоагрегата. Если водяной экономайзер и пароперегреватель, отнимая тепло от отходящих газов, передают его непосредственно теплоносителю, нагревая питательную воду и пар, то роль воздухоподогревателя иная. Воздухоподогреватель, отнимая тепло от отходящих газов и соответственно уменьшая потерю с отходящими газами, непосредственно это отнятое тепло теплоносителю не сообщает. Горячий воздух направляется от воздухоподогревателя в топку котла, где улучшаются условия сгорания топлива, уменьшаются топочные потери q и а, увеличивается теоретическая температура горения, следовательно, увеличивается передача тепла радиацией по сравнению с менее эффективной теплоотдачей — конвекцией. В итоге увеличивается к. п. д. всей установки в целом при одинаковых прочих условиях, уменьшается поверхность нагрева котла.

При слоевом сжигании топлива с забрасыванием новых порций сверху на горящий слой условия зажигания топлива достаточно благоприятны, и можно обходиться без горячего дутья даже при сжигании сырых и многозольных топлив. На механических топках типа цепной решетки или ступенчато-переталкивающей решетки условия зажигания топлива значительно менее благоприятны, и для успешной работы обязательно требуется горячее дутье. То же следует сказать и про условия горения пылевидного топлива, где с целью повышения теплового напряжения объема топочного пространства также применяется горячее дутье.

Воздухоподогреватели (ВП) применяют для подо­грева воздуха, поступающего от котельного вентилятора. В ка­честве горячего теплоносителя в ВП используют дымовые газы, отработавший пар или воду. Подача в топку горячего воздуха улучшает топочный процесс, способствует повышению темпе­ратуры газа в топке и газоходе котла. Использование ВП мо­жет увеличить к. п. д. котла на 3–5%. Воздухоподогреватели, в которых греющей средой служат продукты сгорания топлива, называются газовыми, а ВП с паровым или водяным обогре­вом – соответственно паровыми или водяными. Поверхность на­грева ВП может быть выполнена из труб или профильных ли­стов, поэтому ВП могут быть трубчатые или пластинчатые. Трубчатые ВП изготовляют из гладких или оребренных труб обычно круглого поперечного сечения. Находят применение та­кие трубы эллиптического, овального и каплеобразного сечения.

В судовых котлах чаще применяют газовые ВП рекуператив­ного типа, в которых греющая среда и воздух разделены непро­ницаемой стенкой. Однако, как и в стационарных котлах, ис­пользуют и регенеративные ВП, обычно вращающегося типа. В регенеративных ВП одна и та же поверхность теплообмена (насадка), обычно выполняемая из профильных листов, перио­дически омывается средами, обменивающимися теплотой: вна­чале дымовыми газами, затем воздухом. На первом этапе теп­лоту горячих газов воспринимает и аккумулирует насадка, на втором – воздух воспринимает теплоту от насадки и нагре­вается.

Конструктивная схема газового рекуперативного трубчатого ВП представлена на рисунке 2. Дымовые газы *1* омывают трубы *5* изнутри, а воздух (стрелка *4*) движется в межтрубном про­странстве и омывает трубы ВП снаружи. Трубы крепят к труб­ным решеткам *3* с помощью сварки. Для обеспечения переме­щения труб при тепловом расширении предусмотрена установка компенсатора *2*. При эксплуатации сажистые и золовые отло­жения в таких ВП появляются на внутренней поверхности труб, которую периодически очищают сажеобдувочными устройствами.

|  |
| --- |
| Рисунок 2 - Конструктивная схема газовоготруб­чатого воздухоподогревателя |

Воздухоподогреватели работают в области низких темпера­тур дымовых газов, поэтому их поверхности нагрева могут быть подвержены сернистой коррозии, особенно при использовании низкосортных топлив с большим содержанием серы. Необхо­димо, чтобы температура стенки труб ВП была выше темпера­туры точки росы, то есть температуры, при которой происходит конденсация водяных паров, содержащихся в продуктах сгора­ния. Это обстоятельство учитывают при проектировании и экс­плуатации ВП. Если воздухоподогреватель отсутствует, то сер­нистой коррозии подвергаются трубы водяного экономайзера.

Регенеративные вращающиеся газовые ВП ме­нее подвержены сернистой коррозии, так как температура ме­талла насадки периодически меняется. Основным элементом вращающегося ВП (Рисунок 3) является ротор *1*, разделенный перегород­ками *2* на секторы, заполненные профильными листами *3*. Ротор установлен на подшипниках *5* в корпусе *7*, который для умень­шения протечек воздуха имеет уплотнительные листы *6*. Вал *4* ротора вращает с частотой 2–3 об/мин приводной механизм *8* с электродвигателем, мощность которого сравнительно невелика (2–3 кВт). Патрубки *9*, *10*  присоединенные к верхней и нижней частям корпуса *7*, служат для отвода и под­вода воздуха и дымовых газов. Котельная установка судна, со­стоящая из двух котлов, снабжается только одним вращающим­ся ВП, обеспечивающим подогрев воздуха от температуры 30°С до 250–260°С и снижение температуры уходящих газов с 315–320°С до 130–135°С. Вращающиеся ВП имеют меньшую массу и габариты по сравнению с рекуперативными, обладают малым гидравлическим сопротивлением, надежны и экономичны. Вместе с тем в таких ВП велики протечки воздуха, особенно при износе уплотнений.

Применение в качестве горячего теплоносителя отработав­шего пара исключает сернистую коррозию элементов ВП, повы­шает их надежность в период эксплуатации. Паровые ВП уста­новлены на главных котлах типа КВГ-34. В таких ВП влажный насыщенный пар из раздаточного коллектора направляется внутрь оребренных труб малого диаметра. Оребрение позволяет увеличить поверхность ВП и выполнить его более компактным. Конденсат греющего пара отводится по трубам через сборный коллектор к общему конденсационному сосуду.

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
| Рисунок 3 - Вращающийся воздухоподогреватель:а – общий вид; б – размещение патрубков подвода (от­вода)теплоносителей на ВП |

Водяные ВП включают перед низкотемпературной секцией основного газового ВП. Они предназначены для предваритель­ного подогрева воздуха, чтобы избежать сернистой коррозии деталей основного ВП, особенно при частичных нагрузках котла. Водяные ВП имеют змеевиковую или петлевую конструкцию с оребрением наружной поверхности труб.

**Экономайзер** — элемент [котлоагрегата](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%82%D1%91%D0%BB), [теплообменник](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA), в котором питательная вода перед подачей в котёл подогревается уходящими из котла газами. При давлении до 22 кгс/см² (2,2 [МПа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29)) и температуре питательной воды ниже точки росы дымовых газов или недеаэрированной воде экономайзер изготовляют из гладких или ребристых чугунных труб, на более высокие давление и температуру — из стальных, преимущественно гладких, труб. Устройство повышает [КПД](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%8F) установки.Экономайзеры делят на кипящие и некипящие. Конструкция кипящих и не кипящих экономайзеров принципиально одинаковая, в первом случае вода на выходе кипящая (желательно чтобы паросодержание не превышало 25 %). Также существуют экономайзеры для печных труб жилых домов.Чаще всего водяные экономайзеры выполняют из труб, согнутых в вертикальные змеевики и скомпонованных в пакеты. Для удобства эксплуатации и ремонта поверхность экономайзера разделяют на пакеты высотой до 1 м, делая между ними разрывы 65 — 80 см. Расположение труб экономайзера, как правило, шахматное; коридорное расположение по условиям теплообмена нецелесообразно. На электростанциях питательную воду до поступления в котел подогревают в [регенеративном цикле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB) за счёт отбора пара из турбины до 215 — 270° C, что уменьшает величину поверхности экономайзера.Мощность 32 КВ

Водяные экономайзеры (ВЭ) предназначены для подогрева питательной воды, поступающей в котел, теплотой дымовых газов. Их устанавливают в низкотемпературной зоне котла. Подогрев воды в ВЭ на один градус вызывает охлажде­ние газов на 2,5–3°С, что способствует росту к. п. д. котла. Кроме того, наличие ВЭ способствует снижению размеров па­рообразующей поверхности нагрева котла, его массы и габа­ритов.

По конструктивному выполнению ВЭ можно разделить на змеевиковые и петлевые. Наибольшее распространение получили

|  |
| --- |
| Рисунок 4 - Гладкотрубный водяной экономайзер |

змеевиковые конструкции в одно- и многосекционном исполне­нии. В ВЭ вода, как правило, недогревается до температуры кипения на 30–70°С. Кипящие экономайзеры из-за низкой на­дежности в судовой практике распространения не получили. Чтобы исключить застаивание паровых и воздушных пузырей вблизи стенок труб, в ВЭ чаще используют восходящее движе­ние воды (прямоток) в трубах. Нисходящее движение приме­няют только для секций ВЭ, размещенных в зоне более низких температур газа. Водяные экономайзеры изготовляют из глад­ких труб или труб с наружными ребрами. Последние сложны в изготовлении и менее надежны в эксплуатации (пожароопасны) из-за интенсивного загрязнения золой и сажей.

На рисунке 4 показан гладкотрубный ВЭ. Он состоит из двух коллекторов *1*, *3* и прикрепленных к ним змеевиков *4*. Пита­тельная вода поступает в коллектор *1* и, пройдя по змеевикам *4*, входит в коллектор *3*. Коллекторы жестко связаны с каркасом котла. Для увеличения скорости движения воды коллекторы разделены поперечными перегородками на отдельные камеры, соединенные между собой перепускными трубами *2*. Охлаждае­мые трубы *5*, включенные в питательную магистраль, служат опорами змеевиков ВЭ.

**Пароперегреватели** служат для перегрева пара, то есть для получения пара, температура которого превышает темпера­туру насыщения при давлении в котле. Использование в энер­гетической установке перегретого пара вместо насыщенного уве­личивает ее к. п. д. на 10–15%, а с повышением температуры перегрева пара на 20–25°С к. п. д. установки возрастает на 1–1,5%. Поэтому ПП являются обязательной составной частью не только главных, но и многих вспомогательных и утилизацион­ных котлов.

В ПП из пароводяного коллектора поступает влажный на­сыщенный пар, который, проходя внутри труб, омываемых ды­мовыми газами, сначала подсушивается, а затем перегревается. Для большего перегрева пара ПП размещают в высокотемпе­ратурной зоне газохода котла. Пароперегреватель – наиболее теплонапряженный элемент котла.

Пароперегреватели классифицируют по ряду признаков. По назначению выделяют ПП основные и промежуточные (послед­ние применяют в ПТУ с вторичным перегревом пара, например, котел КВГ-80 танкеров типа «Крым». В таких ПТУ пар, отра­ботавший в турбине высокого давления, поступает в промежу­точный ПП котла, где вновь перегревается до начальной темпе­ратуры и направляется к турбине среднего давления главного турбозубчатого агрегата). По тепловосприятию ПП делят на конвективные, конвективно-радиационные и радиационные. По­следние два типа из-за более низкой надежности ПП широкого распространения на судах не получили. По конструкции ПП (Рисунок 5) разделяют на петлевые (Рисунок 5 а, б), змеевиковые (Рисунок 5в) и вертикальные двухколлекторные (рисунок 5г).

Петлевые ПП выполняют одноколлекторными и двухколлекторными. Одноколлекторную компо­новку применяют при числе петель труб в ПП больше трех. Диа­метр коллектора 1 в этом случае (для вальцовки труб, а во время эксплуатации – для осмотра и глушения вышедших из строя петель) составляет не менее 400–500 мм. Внутри коллек­тора размещают продольную 2 и ряд поперечных 3 перегородок, разделяющих коллектор на ряд камер и служащих для обеспечения необходимой скорости (25–15 м/с) пара. В двухколлекторном варианте размеры коллекторов 4 могут быть существен­но меньше. Вальцовку, контроль и глушение трубок ПП в этом случае осуществляют через специальные лючковые затворы (на схеме не показаны). При такой компоновке внутри коллекторов устанавливают только поперечные перегородки.

Наличие перегородок является существенным недостатком петлевых ПП, так как кроме трудностей монтажа и демонтажа их при ремонте неизбежны перетечки пара из одной камеры в другую во время эксплуатации, что снижает перегрев пара, ухудшает работу ПП. Основное преимущество петлевых ПП в том, что при возможном в условиях эксплуатации пережоге ка­кой-либо трубы выходит из строя одна петля, которая состав­ляет относительно малую часть его поверхности нагрева.

Рисунок 5

**Начало формы**

**Компоновка парового котла.** Компоновкой парового котла называют взаимное располо­жение газоходов и направление движения в них продуктов сгорания. Различают П-, Т-, N-, U-образную, четырехходовую и башенную компоновки

П-образная компоновка — наиболее рас­пространенная. В подъемной шахте располагается топочная камера, в опускной — конвективные поверхности нагре­ва. Ее преимущество — подача топлива и вы­ход газов производятся в нижней части агре­гата, что удобно для вывода жидкого шлака и установки дробевой очистки конвективных поверхностей нагрева. Тягодутьевые машины устанавливают на нулевой отметке, что исключает вибрационные нагрузки на каркас котла. Недостатки компоновки: в связи с раз­воротом на 180° возникают неравномерности омывания поверхностей нагрева продуктами сгорания и концентрации золы по сечению конвективной шахты.

Шахты и высоты соединительного газохода в мощных котлах применяют Т-образную ком­поновку с двумя конвективными шахтами, расположенными по обе стороны топки). Суммарное сечение обеих кон­вективных шахт увеличивается при сохране­нии обычных габаритов и способов крепления конвективных поверхностей нагрева. Тяго - дутьевые машины также устанавливаются на нулевой отметке. Т-образная компоновка особенно подходит для котлов, работающих на топливе с абразивной золой (типа экиба - стузских), для которых в целях уменьшения золового износа ограничивают скорость про­дуктов сгорания. Однако при такой компонов­ке возникают конструктивные затруднения в отводе продуктов сгорания от двух конвек­тивных шахт. Конструкция Т-образного кот­ла сложнее П-образного, она требует и боль­шего расхода металла.

|  |
| --- |
|  |

|  |
| --- |
|  |

Иногда применяют, особенно часто в ФРГ, где принята верхняя установка дымососов, трехходовую компоновку. В этом случае топка и конвективный газоход имеют подъемное движение продуктов сгорания, а соединительный газоход — опускное. При сжигании очень зольных топлив, имеющих легкоплавкую золу (сланцы), применяют четырехходовую компоновку. Ха­рактерная особенность такой компоновки — на­личие промежуточных га­зоходов, в которых во избежание шлакования проходных сечений в зо­не высоких температур размещены разреженные поверхности нагрева (на­пример, ширмы).

В мощных котлах с наддувом иногда при­меняют башенную ком­поновку. Здесь продукты сгорания в топке и конвен - тивной шахте движутся только вверх. Такая компоновка обладает следующими достоинст - ствами: минимальная площадь агрегата в плане; равномерное омывание конвектив­ных поверхностей нагрева продуктами сгора­ния из-за отсутствия поворотов газов; мини­мальное газовое сопротивление благодаря от­сутствию опускных газоходов и поворотов га­зов. К недостаткам компоновки этого типа от­носятся: трудность в создании конструкции для опирання конвективных поверхностей на­грева, размещение на большой высоте выход­ных пакетов пароперегревателей, вентилято­ров и дымососов, невозможность применения дробевой очистки конвективных поверхностей. Существуют полубашенные компоновки, в которых регенеративный воздухоподогрева­тель и тягодутьевое оборудование устанавли­ваются внизу, соединяясь с башенной частью [котла](https://msd.com.ua/energy-saving/parogenerator-d-240/) незаполненным поверхностями нагрева опускным газоходом.

|  |
| --- |
| Схемы компоновок |

Башенная компоновка более целесообраз­на для газомазутных котлов с наддувом и при установке воздухоподогревателей, воздуходу­вок и дымовой трубы на их каркасе, что тре­бует усиления его конструкции. Башенная компоновка целесообразна и для котлов, сжи­гающих бурые многозольные угли, так как

При такой компоновке удается избежать по­ворота озоленных продуктов сгорания и свя­занного с ним интенсивного золового износа конвективных поверхностей нагрева.

В U-образной двухходовой компоновке продукты сгорания \*в топке дви­жутся вниз, а в конвективной шахте — вверх (инвертный вариант). Горелки расположены на потолке топочной камеры. Достоинства такой компоновки: факел хорошо заполняет топочную камеру, пароперегреватели распо­ложены низко (короче паропроводы к тур­бинам), аэродинамическое сопротивление воз­душного тракта минимально (воздухоподогре­ватель находится вблизи горелок). Недостат­ки: транспортировка топлива на большую вы­соту и расположение на большой высоте вен­тиляторов, дымососов и золоуловителей. U - образная компоновка с инвертной топкой мо­жет использоваться при сжигании газа, мазу­та, а также твердого топлива при удалении шлака в твердом состоянии.

В котлах большой мощности возникают дополнительные требования к компоновке, выдвигаемые их конструкцией. Эти требова­ния вызваны большими размерами агрегата в плане, необходимостью применения вторич­ного перегрева пара и повышения надеж­ности котла, работающего в блоке с тур­биной.

Уменьшения пролета потолочных балок достигают при разделении топки и конвектив­ной шахты на две части. Образуется паровой котел в виде двух корпусов (каждый со своим каркасом и отдельной обмуровкой), в кото­рых поверхности нагрева расположены сим­метрично (двухкорпусная симметричная ком­поновка). При наличии отключающей армату­ры отдельного корпуса и симметричных обоих корпусов технологическая схема соответству­ет дубль-блоку. В дубль-блоке симметричная компоновка позволяет работать с половинной мощностью блока на одном корпусе при ос­тановленном другом, что несколько улучшает маневренные свойства, но удорожает установ­ку и повышает удельный расход топлива нз 1 кВт-ч, так как при работе на одном кор - пусе с половинной нагрузкой блока гидрав­лическое сопротивление перегревателя соот­ветствует номинальному. Экономичность тур­бины на частичных нагрузках тоже снижа­ется.

В двух - и многоходовых схемах движения газов топку и газоходы выполняют с проме­жутком между ними и самостоятельной об­муровкой или без промежутка с общей разде­ляющей стенкой из плотных экранов Их называют соответственно разомкнутыми и сомкнутыми газоходами.

Для размещения воздухоподогревателей либо используют нижнюю часть конвектив­ной шахты, либо их выносят за пределы кот­ла или даже за пределы главного здания. Этим освобождается место для установки го­релок или при необходимости для применения дробевой очистки конвективных поверхностей нагрева.

Компоновка водогрейного котла. Теплоэнергетика нашей страны долгое время была ориентирована на поддержание пиковой тепловой нагрузки с помощью пиковых водогрейных котлов, которые могли быть установлены как в котельных, так и на ТЭЦ, были относительно дешевы и просты в эксплуатации. В 50-70-е годы XX в. под эти котлы был разработан весь комплекс основного и вспомогательного теплофикационного оборудования (паровые турбины, сетевые подогреватели и т.д.).

Водогрейные котлы предназначаются для подогрева воды, поступающей на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Существующие водогрейные котлы рассчитывались на подогрев воды от 70 до 150 °С и удовлетворяли наиболее распространенному графику работы теплофикационной системы.

Существует два характерных режима работы водогрейных котлов: основной (базовый) и пиковый. Подогрев воды от 70 °С до конечной температуры производится в тех случаях, когда котлы являются основным источником теплоснабжения. В условиях ТЭЦ, когда первоначальный подогрев сетевой воды осуществляется в сетевых подогревателях за счет отборного пара турбин, пиковые водогрейные котлы предназначаются для догрева воды сверх той температуры, которую в состоянии обеспечить основные подогреватели. С учетом мощности современных ТЭЦ единичная теплопроизводительность водогрейных котлов для ТЭЦ составляет 100 и 180 Гкал/ч (116,3 и 209,4 МВт). Эти котлы также могут устанавливаться и в крупных отдельно расположенных водогрейных котельных.

В целях максимальной унификации утверждена следующая шкала теплопроизводительностей водогрейных котлов: 4,0; 6,5; 10,0; 20,0; 30; 50; 100 и 180 Гкал/ч. Котлы теплопроизводительностью от 4 до 20 Гкал/ч должны обеспечивать работу только в основном режиме; котлы теплопроизводительностью 30 Гкал/ч и выше могут работать как в основном, так и в пиковом режиме.

В настоящее время на водогрейных котельных и ТЭЦ используется значительное количество котлов типа ПТВМ (П - пиковый, Т - теплофикационный, В - водогрейный, М - мазутный) теплопроизводительностью 34,9-209,4 МВт, которые изготавливались на отечественных котельных заводах с 1961 по 1981 год.

При их разработке применена башенная компоновка, которая имела ряд преимуществ: малую площадь пола для котла; малый объем здания котельного помещения; максимальные удобства для эксплуатации и проведения летних ремонтов при полуоткрытой установке котла; простую симметричную гидравлическую схему, обеспечивающую перевод котла с пикового режима работы на основной без переделок; малое количество коллекторов; отсутствие водоперепускных и других необогреваемых труб; малую массу металла, работающего под давлением; наименьшее сопротивление газового тракта.

Вынос конвективной части котла в отдельного шахту при П-образной компоновке поверхностей нагрева агрегата дает выигрыш в высоте не менее 2 м по сравнению с размещением этой поверхности непосредственно над топкой для котлов мощностью 58,2 и 116,3 МВт, но при этом требуется создание поворотной камеры, соединяющей топку с конвективной шахтой. Площадь пола, занимаемая П-образным котлоагрегатом, больше, чем площадь, занимаемая башенным, в 1,6 раза, что приводит к увеличению площади и объема здания котельной. Число и масса коллекторов при П-образной компоновке больше примерно в 1,35 раза, а гидравлическое сопротивление при одинаковых скоростях движения воды в трубах больше примерно в 1,5 раза. Общий расход металла, площадь оборудованных стен и аэродинамические сопротивления при П-образной компоновке при прочих равных условиях также больше. Несимметричное расположение поверхностей нагрева вызывает необходимость применения необогреваемых водоперепускных труб для организации надежной гидравлической схемы. Для полуоткрытой установки П-образные котлоагрегаты не приспособлены. Здание котельной должно быть выше котлов, чтобы обеспечить возможность замены змеевиков конвективной части котла.

Котлы Дорогобужского котельного завода типа ПТВМ-ЗОМ П-образной компоновки (конструкция треста «Центроэнергомонтаж»), один из которых изображен на рисунке 6, в процессе длительной эксплуатации зарекомендовали себя как устойчиво работающие агрегаты.

Рисунок 6

Многолетний опыт эксплуатации показал, что теплопроизводи- тельность котла может быть увеличена до 40 Гкал/ч при работе на газе и до 35 Гкал/ч при работе на мазуте; расход воды при этом составляет соответственно 495 и 435 т/ч. Котел снабжается двумя дутьевыми вентиляторами типа ВД-12 и дымососами Д- 15,5x2. Котлы ПТВМ-30М применяются в основном для районных отопительных котельных. Количество котлов, работающих в пиковом режиме, измеряется единицами.

Башенные котлы ПТВМ-50-1, ПТВМ-100 и ПТВМ-180 (рисунок 7) в основном аналогичны по конструкции и собираются или из одинаковых, или из подобных элементов, что обеспечивает унификацию их производства. Конструкция этих агрегатов допускает полуоткрытую их установку. В помещение заключена только нижняя часть котла, где расположены горелочные устройства, арматура, автоматика и дутьевые вентиляторы. Это снижает затраты на строительство здания котельной и создает удобства для летних ремонтов.

Рисунок 7 – Стальной пиковый водогрейный котел ПТВМ-180

Для всех котлов, кроме ПТВМ-180, предусмотрена возможность их установки как со стальной дымовой трубой, непосредственно опирающейся на каркас котла, так и с отдельно стоящей железобетонной трубой. Трубы экранов для всех котлов приняты диаметром 60x3 мм с шагом 64 мм; трубы конвективной части - диаметром 28x3 мм с шагом s\ = 62 мм; s2 =32,5 мм. Относительный шаг экранных труб s/d = 1,07 принят по соображениям защиты от нагрева натрубной обмуровки. Вся трубная система подвешена к каркасной раме и свободно расширяется вниз вместе с облегченной натрубной обмуровкой. Конструкция котлов предусматривает их поставку крупными блоками, собираемыми на заводе-изготовителе. Обмуровка монтируется в единое целое с блоками котла.

Топочная камера агрегатов производительностью 116,3 МВт разделена на 8 пространственных блоков, в состав которых входят экранные трубы, камеры и каркас. Для получения котла мощностью 58,2 МВт используют лишь 4 угловых топочных блока. Конвективная часть разделена на 6 блоков. Масса каждого из них для котлов производительностью 58,2 МВт составляет примерно 4,7 т, а мощностью 116,3 МВт - около 10 т. Собираются эти блоки из секций, представляющих собой трубу (стояк) размером 83x3,5 мм, разделенную перегородками на 3 участка, в которую вварены своими концами U-образные змеевики, расположенные в два ряда в шахматном порядке. Трубы змеевиков сварены между собой и образуют жесткую ферму.

Водогрейные котлы ПТВ-50, ПТВМ-50-1 и ПТВМ-50 имеют по 12 газомазутных горелок с индивидуальными дутьевыми вентиляторами типа П-13-50 № 4, а котлы ПТВМ-100 - 16 горелок с вентиляторами ЭВР-6 производительностью по 9000 м3/ч. Облегченная обмуровка котлов типа ПТВМ укреплена непосредственно на экранных трубах и состоит из трех слоев: шамотобетона на глиноземистом цементе, минеральной ваты и уплотнительной газонепроницаемой обмазки (общая толщина обмуровки 115 мм, масса 1 м2 100 кг).

Рисунок 8 – Профили водогрейных котлов

а – КВ- ГМ-10, 20, 30; б – КВ-ТС-10, 20, 30; в – КВ-ТСВ-10, 20, 30; г – КВ-ГМ-50, 100

***Контрольные вопросы:***

1.Пояснить назначение поверхностей нагрева: топочных камер, внутрибарабанных сепарационных и промывочных устройств, пароперегревателей, экономайзеров, воздухоподогревателей

2. По схемам перечислить конструктивные элементы топочных камер, внутрибарабанных сепарационных и промывочных устройств, пароперегревателей, экономайзеров, воздухоподогревателей

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3. Описать работу топочных камер, внутрибарабанных сепарационных и промывочных устройств, пароперегревателей, экономайзеров, воздухоподогревателей, паровых котлов,

водогрейных котлов по чертежам.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы № 6, 7

***Тема:* Паровые и водогрейные котлы**

***Наименование работы:* Определение геометрических размеров топочных камер по эскизам.**

***Цель:* Закрепление теоретических знаний по определению геометрических размеров топочных камер по эскизам.**

***Задачи:***

-изучить методику по определению геометрических размеров топочных камер по эскизам;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

**уметь**:

* определять размеры топочных камер по эскизам
* **знать:**
* -методику определения размеров топочных камер по эскизам

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, калькулятор, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

При проектировании и эксплуатации котельных установок чаще всего выполняется поверочный расчет топочных устройств. Конструктивный расчет производится только при разработке новых агрегатов конструкторскими бюро заводов - изготовителей или при реконструкции топочных камер существующих котлоагрегатов.

При поверочном расчете топки по чертежам необходимо определить:

 - объем топочной камеры;

 - степень ее экранирования;

 - площадь поверхности стен;

 - площадь лучевоспринимающих поверхностей нагрева;

 - конструктивные характеристики труб экранов (диаметр труб, расстояние между осями труб).

Для определения геометрических характеристик топки составляется ее эскиз. Активный объем топочной камеры складывается из объема верхней, средней (призматической) и нижней частей топки. Для определения активного объема топки ее следует разбить на ряд элементарных геометрических фигур.

Верхняя часть объема топки ограничивается потолочным перекрытием и выходным окном, перекрытым фестоном или первым рядом труб конвективной поверхности нагрева. При определении объема верхней части топки за его границы принимают потолочное перекрытие и плоскость, проходящую через оси первого ряда труб фестона или конвективной поверхности нагрева в выходном окне топки. В топках с ширмовыми поверхностями нагрева объем ширм, расположенных в верхней части топки по всему поперечному сечению входного окна, а также занимающих часть поперечного сечения топки в районе выходного окна, в объем топки не включается. Границами средней (призматической) части объема топки являются осевые плоскости экранных труб или стен топочной камеры.

Нижняя часть камерных топок ограничивается подом или холодной воронкой, а слоевых - колосниковой решеткой со слоем топлива. За границу нижней части объема камерных топок принимается под или условная горизонтальная плоскость, проходящая посередине высоты холодной воронки. За границы объема слоевых топок с механическими забрасывателями принимаются плоскость колосниковой решетки и вертикальная плоскость, проходящая через концы колосников или скребки шлакоснимателя. В топках с цепными механическими решетками из этого объема исключается объем слоя топлива и шлака, находящегося на решетке. Средняя толщина слоя топлива и шлака принимается равной для каменных углей 150-200 мм, для бурых углей – 300 мм, для древесной щепы – 500 мм.

Полная площадь поверхности стен топки  вычисляется по размерам поверхностей, ограничивающих объем топочной камеры.

Площадь поверхности стен двухсветных экранов и ширм определяется как удвоенное произведение расстояния между осями крайних труб этих экранов и

освещенной длины труб.

При наличии ширм, включаемых в объем топки, общая площадь поверхности стен определяется как сумма площадей поверхности стен свободного объема , площадей поверхности ширм  и стен, прилегающих к ширмам , с учетом неполного их освещения.

**Контрольные вопросы:**

1.Пояснить назначение топочной камеры.

2.Перечислить элементы топочной камеры.

3.Пояснить сущность поверочного расчета.

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3. Определить геометрические размеры топочной камеры (исходные данные для расчетов по вариантам выдает преподаватель). Последовательность выполнения расчета дана в Приложении 5.

Приложение 5

1. Определить полную площадь стен топочной камеры, (м 2)

;

,

где - длина стенки, м;

- ширина стенки, м,

- вид стенки, показано на рисунке

B

E

A

F

D

C

 Вид А Вид В Вид С

 Вид D Вид Е Вид F

Рисунок 1 – Эскиз геометрических характеристик топки

2. Определить объем топочной камеры, (м 3)

,

где - длина топки, м;

- ширина топки, м;

- высота топки, м.

3. Определить лучевоспринимающую площадь поверхности нагрева настен-ных экранов, (м 2)

,

где - угловой коэффициент экрана, определяется по рисунку 2.2;

- площадь стены, занятая экраном, м 2, определяется формулой:

,

где - диаметр труб, м;

- длина труб, м;

 -количество труб, шт.

Рисунок 2 - Угловой коэффициент однорядного гладкотрубного экрана

1 – при расстоянии от стенки l ≥ 1,4d; 2 – при l = 0.8d; 3 – при l=0.5d; 4- при l=0;

5 - без учета излучения обмуровки при l ≥ 0.5d.

Для ошипованных и плавниковых экранов, а также для экранов, закрытыми чугунными плитами, угловой коэффициент принимается равным 1, как и для поверхности, проходящей через первый ряд труб котельного пучка, фестона и ширм, расположенных в выходном окне топки.

4. Определить степень экранирования топки

,

где - площадь лучевоспринимающей поверхности нагрева, м 2;

- полная площадь поверхности стен топки, м 2.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы № **12**

***Тема:* Вспомогательное оборудование**

***Наименование работы:***

**Изучение конструкций арматуры различных типов и конструкций тягодутьевых машин различных типов**

***Цель:* Закрепление знаний по устройству арматуры различных типов и тягодутьевых машин**

***Задачи:***

-изучить назначение арматуры различных типов и тягодутьевых машин;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

**уметь**:

* распознавать по чертежам арматуру различных типов и тягодутьевых машин
* **знать:**
* конструкцию, работу арматуры различных типов и тягодутьевых машин

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

| Классификация трубопроводной арматуры по типу конструкции затвора |
| --- |
| **Название** | **Схема** | **Способ движения затвора** | **Преимущества** | **Недостатки** |
| **Задвижки** |  | Возвратно-поступательно вдоль уплотнительной поверхности. | Малое гидравлическое сопротивление. Отсутствие противодавления рабочей среды. | Большая строительная высота, малая строительная длина. Медленноесрабатывание. Большое усилие на привод затвора.Сильный износ поверхности седла на загрязненныхжидкостях |
| **Клапан** |  | перпендикулярно к уплотнительной поверхности | Малая строительная высота. Быстрое срабатывание. Высокая герметичность. | Большая строительная длина. Большое усилие на привод затвора. Большое гидравлическое сопротивление. Наличие противодавления рабочей среды. |
| **Кран** |  | вращательно на 90° вдоль уплотнительной поверхности | Малая строительная высота, малая строительная длина. Быстрое срабатывание.  | Малое гидравлическое сопротивление. Отсутствие противодавления рабочей среды. Большое усилие на привод затвора. Сильный износ поверхности седла и пробки на загрязненных и агрессивных жидкостях. |
| **Заслонка** |  | вращательно на 90° | Малая строительная высота, малая строительная длина. Быстрое срабатывание. Малое гидравлическое сопротивление. Малое усилие на привод затвора. Отсутствие противодавления рабочей среды. Применяется на газах. | Малая герметичность. |
| **Клапан диафрагмовый (мембранный)** |  | возвратно-поступательно перпендикулярно к уплотнительной поверхности | Малая строительная высота. Быстрое срабатывание. Малое усилие на привод затвора. Применяется на агрессивных жидкостях. | Большая строительная длина. Большое гидравлическое сопротивление. Наличие противодавления рабочей среды. |
| **Клапан шланговый** |  | возвратно-поступательно перпендикулярно к уплотнительной поверхности | Малая строительная высота. Быстрое срабатывание. Малое усилие на привод затвора. Применяется на агрессивных жидкостях. Малое гидравлическое сопротивление. | Большая строительная длина. Наличие противодавления рабочей среды.  |

Тягодутьевые машины позволяют обеспечить горение топлива вне зависимости от внешних условий, влияющих на [тягу](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%B0_%28%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29). Топки и другие элементы газовоздушного тракта топливопотребляющих установок можно сделать более компактными, отказаться от высоких труб (для [паровозов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7) и крупных [энергетических котлов](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%82%D1%91%D0%BB&action=edit&redlink=1) устроить естественную тягу достаточной силы было бы очень сложно). Рециркуляция газов, применяемая в современных установках, без специальной машины была бы невозможна. Работа некоторых типов [горелок](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BA%D0%B0) невозможна без принудительной подачи воздуха под давлением (нагнетатель может быть встроен в горелку); принудительное [дутьё](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D1%82%D1%8C%D1%91) позволяет распределить подачу воздуха по зонам горения оптимально, без него немыслимо [сжигание в кипящем слое](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B6%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2_%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D1%8F%D1%89%D0%B5%D0%BC_%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B5).

В небольших установках (бытовых [печах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%87%D1%8C), маломощных [котлах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%82%D1%91%D0%BB_%28%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) на жидком и газообразном [топливе](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE) или со [слоевым сжиганием](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B0#%D0%A1%D0%BB%D0%BE%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B8) твёрдого топлива) применение тягодутьевых машин может быть неоправданно — они усложняют конструкцию и требуют энергии (как правило, электрической) для своей работы.

[Вентиляторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80) перемещают [воздух](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85), забираемый в установку снаружи.

[Дымососы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%8B%D0%BC%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%81) работают над [продуктами сгорания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F), удаляемыми из установки. Также в некоторых [котлах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%82%D1%91%D0%BB_%28%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) на газообразном и жидком топливе есть специальные дымососы, возвращающие часть дымовых газов в топку для подавления [окислов азота](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4%D1%8B_%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%B0).

Внешне дымосос можно отличить от вентилятора по наличию на нём [теплоизоляции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F).

Чем меньше [объём](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D1%91%D0%BC) перекачиваемой среды, тем меньше [работа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0) машины, а объём [газов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7) зависит от [температуры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0). Поэтому вентиляторы стремятся поставить перед любыми устройствами подогрева воздуха (кроме необходимых для предотвращения обмерзания машины), а дымосос — после всех поверхностей нагрева, отбирающих теплоту от газов. Поскольку уходящие газы, как правило, значительно теплее воздуха, а их [массовый](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0) и [молярный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0) расход больше, дымососы требуют большей энергии на привод, чем вентиляторы, на одной и той же технологической установке.

Условия работы дымососов гораздо тяжелее, чем у вентиляторов, по причине [коррозионной активности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F) дымовых газов, содержания в них абразивных [золовых](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%BE%D0%BB%D0%B0) частиц, проскакивающих через улавливатели (для твердотопливных котлов), высоких температур, его [износ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D1%81_%28%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) часто происходит очень быстро. Проще было бы для создания принудительного движения газов обойтись только вентиляторами. Однако, если тяга трубы не позволяет поддерживать по всему газовому тракту давление ниже наружного (котёл с наддувом), для предотвращения утечек газов в котельное помещение при этом требуется делать топку и тракт газоплотными (герметичными). Крупные установки работают, как правило, с уравновешенной [тягой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%B0_%28%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29) — совместная работа вентиляторов и дымососов поддерживает в топке давление около атмосферного, в воздушном тракте наддув и в газовом тракте разрежение. Газовый тракт всё равно при этом стремятся сделать по возможности газоплотным, поскольку присасываемый воздух создаёт дополнительную нагрузку на дымососы[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B#cite_note-2).

Конструкция[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B&veaction=edit&section=2) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B&action=edit&section=2)]

Тягодутьевые машины, как и [компрессоры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80), делятся на осевые (газ нагнетается вдоль оси вращения) и центробежные (вход среды по оси, лопатками она разбрасывается к периферии). Центробежные машины могут иметь на рабочем колесе лопатки, загнутые вперёд или лопатки, загнутые назад. Машины с лопатками, загнутыми вперёд, наиболее компактны и позволяют развивать больший напор при меньшей скорости вращения, однако их [КПД](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9F%D0%94) низок (60—70 %). Поэтому на современных энергетических установках ставят машины с лопатками, загнутыми назад (КПД 83—87 %), или осевые машины с промежуточными между ними значениями напора и КПД.[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B#cite_note-VspOb-3)

Мельницы-вентилятор

Это устройства для размола [твёрдого топлива](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE), в процессе работы создающие на входе разрежение, достаточное для забора из топки газов с температурой 900—1000 °C, которые нужны для сушки топлива. Используются в индивидуальных [системах пылеприготовления](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BF%D1%8B%D0%BB%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1) энергетических котлов с [камерными топками](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B0#%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B8) при сжигании высоковлажных [углей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C) (Wr>50 %); позволяют держать бо́льшую часть топливного тракта под разрежением, что уменьшает запылённость помещений. Ротор представляет собой кольцевой (в который подаётся топливо и присасываются сушильные газы) и сплошной (со стороны привода) диски, соединённые плоскими радиальными лопатками с [броневыми](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%8F) плитами на лобовой стороне; он вращается в корпусе, состоящем из броневых плит и сверху открывающемся в сепаратор пыли.[[4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B#cite_note-DDI-4)

Эжекционные дымовытяжные установки[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B&veaction=edit&section=4) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B&action=edit&section=4)]

[Эжекционные](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B6%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) дымовытяжные установки применялись на [паровозах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7) и получили название [конусное устройство](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%83%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE). В таких установках для создания тяги использовался выброс в дымовую трубу отработанного пара. Преимуществом эжекционной установки перед ротационными машинами является её предельная простота и отсутствие движущихся частей, что обеспечивало очень большой срок службы.

***Контрольные вопросы:***

1.Перечислить разновидности арматуры различных типов и тягодутьевых машин

2.По схемам перечислить конструктивные элементы арматуры различных типов и тягодутьевых машин

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3. Описать работу арматуры различных типов и тягодутьевых машин

 по предложенным схемам, чертежам.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы №13

***Тема:* Вспомогательное оборудование**

***Наименование работы:* Расчет аэродинамического сопротивления газовоздушного тракта. Выбор тягодутьевых машин.**

***Цель:* Закрепление теоретических знаний по расчету аэродинамического сопротивления газовоздушного тракта и выбору тягодутьевых машин**

***Задачи:***

-изучить методику аэродинамического расчета сопротивления газовоздушного тракта;

-изучить методику подбора тягодутьевых машин;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

**уметь**:

* расчитывать сопротивления газовоздушного тракта
* подборать тягодутьевые машины
* **знать:**
* методику аэродинамического расчета сопротивления газовоздушного тракта
* методику подбора тягодутьевых машин

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, калькулятор, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

Аэродинамический расчет газовоздушного тракта котла выполняется с целью определения аэродинамических сопротивлений всех элементов установки и выбора необходимого тягодутьевого оборудования. Газовоздушный тракт включает в себя воздуховоды, газоходы, калориферы для подогрева воздуха, вентиляторы, дымососы, котельные агрегаты, золоуловители и дымовые трубы. По данным этого расчета должны быть определены: размеры дымовой трубы; типоразмеры дымососов и дутьевых вентиляторов и подобраны к ним электродвигатели.

Различают следующие схемы газовоздушных трактов теплогенерирующих установок: а) с естественной тягой, создаваемой дымовой трубой; б) с подачей воздуха и удалением продуктов сгорания дымососом и трубой; в) с подачей воздуха вентилятором и удалением продуктов сгорания дымососом и трубой (котлы с уравновешенной тягой); г) с подачей воздуха раздельно в пылеприготовительную установку и топку с удалением продуктов сгорания дымососом и трубой; д) с подачей воздуха вентилятором и удалением продуктов сгорания за счет давления в газовом тракте (котлы с наддувом).

Перед тем, как приступить к расчету, необходимо проработать компоновку оборудования котельной, аксонометрическую схему газовоздушного тракта ТГУ и разбить ее на расчетные участки.

**Контрольные вопросы:**

1.Пояснить назначение аэродинамического расчета газовоздушного тракта.

2. Пояснить назначение тягодутьевых машин

3.Пояснить конструктивные элементы тягодутьевых машин

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3.Выполнить аэродинамический расчет газовоздушного тракта (исходные данные для расчетов по вариантам выдает преподаватель). Последовательность выполнения расчета дана в Приложении 6.

4. Подборать тягодутьевые машины (Приложение 6)

Приложение 6

Аэродинамический расчет воздушного тракта котла. При расчете котельного агрегата с уравновешенной тягой считается, что гидравлический нуль по газовоздушному тракту котла находится на выходе из топки.

Аэродинамический расчет воздушного тракта котельных агрегатов проводится в следующей последовательности:

1. Из теплового расчета котельного агрегата принимается теоретический объем воздуха, подаваемого на горение, 0 V , и расход топлива Bр .

 2. Определяем площади поперечного сечения воздуховода, м 2 , для двух характерных значений скоростей движения воздуха 8 и 12 м/с: 0 р в (8) в ( 273) 273 V B t f w ; 0 р в (12) в ( 273) 273 V B t f w , где в t – средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °С, принимаемая по 5 (в соответствии с 6 может быть принята равной 30 С); wв – скорость движения воздуха, м/с.

3. По прил. 1 подбираем размер воздуховода (круглого или прямоугольного поперечного сечения) таким образом, чтобы площадь его поперечного сечения в.д f находилась в полученном диапазоне от (8) f до (12) f . Для выбранного воздуховода 16 выписываем значение в.д f и значение внутреннего диаметра канала (для круглого воздуховода) или геометрические размеры канала (для прямоугольного воздуховода).

4. Определяем действительную скорость движения воздуха, м/с, в воздуховодах 0 р в в.д в.д ( 273) 273 V B t w f . 5. Рассчитываем потери напора в воздуховоде на трение, Па, по формуле 2 в.д тр в λ ρ 2 w h d , где λ – коэффициент сопротивления трения (для металлических каналов равен 0,02; для кирпичных или бетонных каналов при экв d 0,9 м – λ = 0,03, а при экв d 0,9 м – λ = 0,04); λ – длина воздуховода от всасывающего патрубка до котла, м; wв.д – действительная скорость движения воздуха по каналу, м/с; в – плотность воздуха, определяемая по формуле в в 353 ( 273) t , кг/м3 ; d – внутренний диаметр канала (для прямоугольных каналов принимается эквивалентный диаметр экв d a b a b 2 ( ) , где а и b – размеры сторон прямоугольного сечения, м).

6. Рассчитываем потери напора в местных сопротивлениях, Па, воздуховода (повороты, разветвления, изменения сечения, шиберы) по формуле 2 в.д м в 2 w h , где – сумма коэффициентов местных сопротивлений, определяемых согласно прил. 2. 17

7. Определяем полные потери напора, Па, в воздушном тракте котла: в м тр в.к h h h h , где в.к h – потери напора в воздушном тракте котельного агрегата, Па, принимаемые по прил. 3. Выбор дутьевого вентилятора осуществляется по расходу воздуха, проходящего через вентилятор (по производительности), и по необходимой величине напора.

8. Действительный расход воздуха, м 3 /с, проходящий через дутьевой вентилятор, определяется из выражения 0 в в пр р т т пл 273 ( ) 273 t V B V , где т – коэффициент избытка воздуха в топке (принимается из расчета котельного агрегата); т и пл – присосы воздуха в топке и системе пылеприготовления при сжигании угольной пыли; пр – коэффициент запаса по производительности ( пр = 1,05) 2 .

 9. Расчетное полное давление, Па, которое должен развивать вентилятор, определяется по формуле H h р.в н в , где н – коэффициент запаса по напору ( н = 1,1) 2 .

При выборе дутьевой установки ее расчетное полное давление, Hр.в , необходимо привести к условиям, для которых составлена характеристика вентилятора: 18 пр в р.в р.в 273 30 273 t H H , где 30 – температура, С, для которой составлена характеристика вентилятора.

10. Расчетная мощность электродвигателя, кВт, для привода вентилятора определяется по формуле пр м р.в в эд эд 1000 H V N , где м – коэффициент запаса ( м = 1,05); эд – к. п. д. электродвигателя ( эд = 0,7÷0,8).

11.Используя значения Vв и пр Hр.в , по прил. 4 необходимо подобрать марку вентилятора и электродвигателя.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы № **14**

***Тема:* Тепловые схемы и компоновка котельной**

***Наименование работы:* Ознакомление с тепловыми схемами и компоновкой оборудования котельных**

***Цель:* Закрепление знаний по тепловым схемам и компоновке оборудования котельных**

**устройству арматуры различных типов и тягодутьевых машин**

***Задачи:***

-изучить тепловые схемы и компоновку оборудования котельных

 назначение оборудования котельных по тепловым схемам;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

**уметь**:

* распознавать и читать тепловые схемы котельных
* **знать:**
* элементы, назначение тепловых схем котельных

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

[Котельное оборудование](https://gazovik-gas.ru/katalog/gazovye_kotelnye/) используется для получения тепла и ГВС для обеспечения как бытовых нужд потребителей, так и для производственных нужд технологических и производственных предприятий. Для того или иного назначения котельных при их проектировании выбираются тепловые схемы, которые наилучшим образом смогут удовлетворить потребности любых потребителей.

В соответствии со [СНиП II-35-76 "Строительные нормы и правила. Котельные установки"](https://gazovik-gas.ru/directory/add/snip_2_35_76/) в зависимости от своего назначения котельные бывают:

Отопительные котельные. Данный тип котельных обеспечивает отопление, вентиляцию, кондиционирование помещения и ГВС. Максимальная температура воды, получаемая при помощи использования водогрейных котлов, - 1150С. Проектирование, строительство и эксплуатация отопительных котельных не требует получения разрешительной документации от Ростехнадзора.

Производственные котельные. Данные котельные обеспечивают отопление технологических сооружений при помощи использования паровых или водогрейных котлов. Максимальная температура получаемого пара или перегретой воды - более 1150С. Для проектирования, монтажа и эксплуатации производственных котельных необходимо получение разрешительных документов от Ростехнадзора.

Отопительно-производственные котельные установки. Данный тип котельных используется как в бытовых, так и в производственно-технологических нуждах. Температура вырабатываемого пара или перегретой воды - выше 1150С. Производство и эксплуатация таких котельных регулируется Ростехнадзором.

Тепловая схема котельной зависит от схемы теплоснабжения и разрабатывается на основе технико-экономических показателей. Необходимость того или иного котла (парового или водяного) зависит от назначения котельной и от необходимости обеспечения потребителя водой, теплом, вентиляцией. Только технико-экономическое обоснование может показать, какой вид котельной как элемент теплоснабжения объекта наиболее выгоден с точки зрения экономических затрат и эксплуатационных характеристик.

Таким образом, от способа отпуска тепла потребителям тепловые схемы котельных делятся на:

котельные с зависимым присоединением потребителей, т.е. теплоноситель поступает напрямую к потребителю;

котельные с независимым присоединением потребителей, т.е. источник тепла (котельная) и потребитель изолированы друг от друга при помощи теплообменного оборудования.

Расчет производительности котельных регулируется следующими строительными нормами и правилами:

СНиП II-35-76 "Строительные нормы и правила. Котельные установки" - для котельных, обеспечивающих несколько бытовых зданий;

СП 41-104-2000 "Проектирование автономных источников теплоснабжения" - для [крышных котельных](https://gazovik-gas.ru/katalog/gazovye_kotelnye/krish_kotel/);

СНиП41-02-2003 "Тепловые сети" - для котельных, обеспечивающих несколько бытовых зданий.

В вышеперечисленных нормах и правилах расчетная производительность зависит от фактических часов расхода тепла для отопления, вентиляции, кондиционирования и на ГВС при максимальной нагрузке в зимний период. При этом также следует учитывать потери тепла в результате эксплуатации самой котельной.

Производительность котельной должна рассчитываться таким образом, чтобы в случае неисправности одного или нескольких установленных котлов, остальные должны обеспечивать не менее 87% общей нагрузки (потребители 2-й категории) и 100% (потребители 1-й категории).

Для жаротрубных котлов минимальная нагрузка на котлы рассчитывается как:

25-40% для трехходовых котлов;

60-100% для двухходовых котлов.

В случае уменьшения теплосъема с котельной установки, уменьшается выходная температура газов, что ведет к образованию конденсата и последующему его выходу из строя. Исключение составляют конденсационные котлы, чья конструкция расчитана на получение тепла из уходящих дымовых газов.

***Контрольные вопросы:***

1.Пояснить классификацию котельных по назначению

2.Пояснить назначение хвостовых поверхностей нагрева

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3.Описать цикл работы открытой и закрытой схем теплоснабжения, используя Приложение 7.

Приложение 7

Принципиальные тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения.

1 - котел водогрейный; 2 - насос сетевой; 3 - насос рециркуляционный; 4 - насос сырой воды; 5 - насос подпиточной воды; 6 - бак подпиточной воды; 7 - подогреватель сырой воды; 8 - подогреватель химии чески очищенной воды; 9 - охладитель подпиточной воды; 10 - деаэратор; 11 - охладитель выпара.

Вода из обратной линии тепловых сетей с небольшим напором (20 - 40 м вод. ст.) поступает к сетевым насосам 2. Туда же подводится вода от подпиточных насосов 5, компенсирующая утечки воды в тепловых сетях. К насосам 1 и 2 подается и горячая сетевая вода, теплота которой частично использована в теплообменниках для подогрева химически очищенной 8 и сырой воды 7.

Для обеспечения температуры воды перед котлами, заданной по условиям предупреждения коррозии, в трубопровод за сетевым насосом 2 подают необходимое количество горячей воды, вышедшей из водогрейных котлов 1. Линию, по которой подают горячую воду, называют рециркуляционной. Вода подается рециркуляционным насосом 3, перекачивающим нагретую воду. При всех режимах работы тепловой сети, кроме максимально зимнего, часть воды из обратной линии после сетевых насосов 2, минуя котлы, подают по линии перепуска в количестве G пер в подающую магистраль, где вода, смешиваясь с горячей водой из котлов, обеспечивает заданную расчетную температуру в подающей магистрали тепловых сетей. Добавка химически очищенной воды подогревается в теплообменниках 9, 8 11 деаэрируется в деаэраторе 10. Воду для подпитки тепловых сетей из баков 6 забирает подпиточный насос 5 и подает в обратную линию.

Даже в мощных водогрейных котельных, работающих на закрытые системы теплоснабжения, можно обойтись одним деаэратором подпиточной воды с невысокой производительностью. Уменьшается также мощность подпиточных насосов, оборудование водоподготовительной установки и снижаются требования к качеству подпиточной воды по сравнению с котельными для открытых систем. Недостатком закрытых систем является некоторое удорожание оборудования абонентских узлов горячего водоснабжения.

Для сокращения расхода воды на рециркуляцию ее температура на выходе из котлов поддерживается, как правило, выше температуры воды в подающей линии тепловых сетей. Только при расчетном максимально зимнем режиме температуры воды на выходе из котлов и в подающей линии тепловых сетей будут одинаковы. Для обеспечения расчетной температуры воды на входе в тепловые сети к выходящей из котлов воде подмешивается сетевая вода из обратного трубопровода. Для этого между трубопроводами обратной и подающей линии, после сетевых насосов, монтируют линию перепуска.

Наличие подмешивания и рециркуляции воды приводит к режимам работы стальных водогрейных котлов, отличающимся от режима тепловых сетей. Водогрейные котлы надежно работают лишь при условии поддержания постоянства количества воды, проходящей через них. Расход воды должен поддерживаться в заданных пределах независимо от колебаний тепловых нагрузок. Поэтому регулирование отпуска тепловой энергии в сеть необходимо осуществлять путем изменения температуры воды на выходе из котлов.

Для уменьшения интенсивности наружной коррозии труб поверхностей стальных водогрейных котлов необходимо, поддерживать температуру воды на входе в котлы выше температуры точки росы дымовых газов. Минимально допустимая температура воды на входе в котлы рекомендуется следующая:

при работе на природном газе - не ниже 60°С; при работе на малосернистом мазуте - не ниже 70°С; при работе на высокосернистом мазуте - не ниже 110°С.

В связи с тем, что температура воды в обратных линиях тепловых сетей почти всегда ниже 60°С, тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения предусматривают, как отмечено ранее, рециркуляцинонные насосы и соответствующие трубопроводы. Для определения необходимой температуры воды за стальными водогрейными котлами должны быть известны режимы работы тепловых сетей, которые отличаются от графиков или режимных котлоагрегатов.

Для уменьшения интенсивности наружной коррозии труб «хвостовых» поверхностей нагрева стальных водогрейных котлов необходимо поддерживать температуру воды на входе в котлы выше температуры точки росы уходящих из котлов дымовых газов. Минимально допустимая температура воды на входе в котлы рекомендуется следующая: при работе на природном газе – не ниже 60°С; при работе на малосернистом мазуте – не ниже 70°С; при работе на высокосернистом мазуте – не ниже 110°С. В связи с тем, что температура воды в обратных магистралях тепловых сетей почти всегда ниже 60°С, в обвязке водогрейных котлов предусматривают рециркуляционные насосы и соответствующие трубопроводы. Для определения необходимой температуры воды за водогрейными котлами должны быть известны режимы работы тепловых сетей, которые отличаются от графиков или режимных карт котлоагрегатов.

**Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной**

*1* – сетевой насос; *2* – водогрейный котел; *3* – сетевой насос; *4* – подогреватель химочищенной воды; *5* – подогреватель сырой воды; *6* – вакуумный деаэратор; *7* – подпиточный насос; *8* – насос сырой воды; *9* – химводоподготовка; *10* – охладитель выпара; *11* – водоструйный эжектор; *12* – расходный бак эжектора; *13* – эжекторный насос

При выполнении рабочих (монтажных) схем котельных применяют общестанционную или агрегатную схему компоновки оборудования. Выбор общестанционного или агрегатного способа в каждом отдельном случае решается, исходя из эксплуатационных соображений. Важнейшими из них при компоновке по агрегатной схеме являются облегчение учета и регулирования расхода и параметров теплоносителя от каждого агрегата, уменьшения протяженности в пределах котельной сетевых трубопроводов большого диаметра и упрощения ввода в эксплуатацию каждого агрегата.

Тепловая схема котельной для открытой системы теплоснабжения отличается от таковой для закрытой в основном производительностью водоподготовки для подпитки тепловых сетей. Так как расходы воды при открытой системе неравномерны по времени, то для выравнивания суточного графика нагрузок на горячее водоснабжение и уменьшения расчетной производительности котлоагрегатов и оборудования водоподготовки предусматривают установку баков-аккумуляторов деаэрированной горячей воды. Из них в часы максимума потребления горячая вода подпиточными насосами подается во всасывающую магистраль сетевых насосов. Суммарная емкость баков-аккумуляторов принимается в 10 раз большей среднечасового за сутки расхода воды на бытовое горячее водоснабжение.

**ИНСТРУКЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на выполнение практической работы №15

***Тема:* Тепловые схемы и компоновка котельной**

***Наименование работы:* Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, выбор высоты дымовой трубы.**

***Цель:* Закрепление теоретических знаний по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и выбора высоты дымовой трубы.**

***Задачи:***

-изучить методику расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

-изучить методику выбора высоты дымовой трубы;

-научиться работать с учебником и материалами Интернета;

- научиться прорабатывать и систематизировать теоретический материал.

***Формируемые общие компетенции:*** ОК 2. – ОК 4

***Формируемые профессиональные компетенции:***

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения

**уметь**:

* рассчитывать выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
* знать:
* методику расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

-методику выбор высоты дымовой трубы

***Оснащение рабочего места:*** инструкционно-технологическая карта, рабочая тетрадь, калькулятор, ПК.

***Литература:***

Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].

Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].

**Краткие теоретические материалы**

Выброс вредных веществ в атмосферу должен производиться таким образом, чтобы загрязнение воздушной среды в приземном слое не превышало установленных предельно допустимых концентраций. Необходимую высоту выбросных труб рассчитывают из условия рассеяния вредных веществ в атмосфере. Последнее зависит от ряда факторов: метеорологических условий атмосферы, скорости движения воздушных масс, температуры выбрасываемых газов идр.

При рассеянии вредных выбросов из дымовой трубы максимальная приземная концентрация примесей образуется при неблагоприятныхметеорологических условиях (опасной величине скорости ветра, интенсивном вертикальном турбулентном воздухообмене)

**Контрольные вопросы:**

1.Перечислить вредные выбросы в атмосферу при сжигании твердого топлива

2. Перечислить мероприятия, которые позволяют снизить количество вредных выбросов в атмосферу

**Содержание работы и последовательность ее выполнения**

1. Изучить теоретический материал по теме практического занятия

2. Ответить на вопросы по теме изученного материала.

3.Выполнить расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (исходные данные для расчетов по вариантам выдает преподаватель). Последовательность выполнения расчета дана в Приложении 8.

Приложение 8

Для холодных вентиляционных и промышленных выбросов максимальную концентрацию вредных веществ в приземном слое атмосферы, мг/м3, подсчитывают по формуле

*,*

где А – коэффициент, зависящий от метеорологических условий рассеяния вредностей в атмосфере (температурной стратификации); М – масса выбрасываемых вредных веществ, г/с; n – безразмерный коэффициент; К – коэффициент; F – безразмерный коэффициент, зависящий от скорости оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; Н – высота выброса вредных веществ над уровнем земли (высота, трубы), м.

Значение коэффициента А определяют в зависимости от климатических зон по таблице 1.

Таблица 1 - Значения коэффициента температурной стратификации

|  |  |
| --- | --- |
| Климатическая зона | Коэффициент А |
| Нижнее Поволжье, Кавказ, Сибирь, Дальний Восток | 200 |
| Север и Северо-Запад Европейской территории, Среднее Поволжье, Урал | 160 |
| Центральная часть Европейской территории | 120 |

Значение коэффициента F назначается следующим образом:

для газообразных вредных веществ и мелкодисперсной пыли

F = 1;

для крупнодисперсной пыли при среднем коэффициенте очистки пылеулавливающих устройств

h ≥ 90 %                F = 2;

75 % < h < 90 %    F = 2,5;

h < 75 %                 F = 3.

Безразмерный коэффициент n зависит от параметра Vм следующим образом:

при Vм £ 0,3                 n = 3;

при 0,3 £ Vм £ 2

Параметр Vм находят из выражения:

,

где D – диаметр устья трубы, м; w0 – скорость выхода газов из устья трубы, м/с.

Коэффициент К  определяется по формуле:

,

где V – объем выбрасываемых газов в единицу времени, м3/с.

Максимальную высоту трубы для вентиляционных (холодных) выбросов определяют по формуле:

.

Если найденному значению Н соответствует значение параметра Vм ≥ 2 м/с, то при данной высоте трубы концентрация вредностей в приземном слое не будет превышать ПДК.

**Список использованной литературы**

1. Боровков В.М., Калютик А.А., Сергеев В.В. Теплотехническое оборудование. - М.: ИЦ «Академия», 2015. [Электронный ресурс].
2. Жихар Т.И. Котельные установки тепловых электростанций. Учебное пособие. – Минск: Вышейшая школа, 2015. [Электронный ресурс].
3. Андрюшин А.В. Управление и инноватика в энергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. [Электронный ресурс].
4. Краснов В.И. Справочник монтажника водяных тепловых сетей: Учебное пособие. - М.: ИНФРА – М, 2010.

Интернет – ресурсы:

1. Электронный ресурс «Техническая литература». Форма доступа: http//www.tehlit.ru.
2. Электронный ресурс «Портал нормативно-технической документации». Форма доступа: http//www.pntdoc.ru.