МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

КАФЕДРА «ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

профессор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014 г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА**

Методическое пособие к выполнению курсовой работы

по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы»

для студентов, обучающихся по направлению

«Теплоэнергетика и теплотехника»

очной и заочной формы обучения

Ижевск

2014

УДК

ББК

П

Методическое пособие составлено на основе Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, утвержденного

Рекомендовано к изданию Методической комиссией факультета энергетики и электрификации ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА Протокол №\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014 г.

Рецензент:

Составитель:

доцент кафедры энергетики и электротехнологии,

старший преподаватель кафедры энергетики и электротехнологии

**П Проектирование производственно-отопительной котельной населенного пункта:** Метод. пос. /Сост.: ФГБОУ ВПО ИжГСХА. – Ижевск: РИО ИжГСХА, 2014 – 77 с.

В методическом пособии приведены расчет тепловых нагрузок котельной, основные тепловые схемы котельных, пример теплового расчета, выбор вспомогательного оборудования и компоновки котельной. Методическое пособие предназначено для студентов факультета энергетики и электрификации, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» очного и заочного форм обучения.

© ФГБОУ ВПО ИжГСХА, 2014 г.

# **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ

КУРСОВОЙ РАБОТЫ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

## 1 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ КОТЕЛЬНОЙ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

### 1.1 Расход теплоты на отопление и вентиляцию . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

### 1.2 Расход теплоты на горячее водоснабжение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

### 1.3 Расход теплоты на технологические нужды . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

## 2 ПОСТРОЕНИЕ ГОДОВОГО ГРАФИКА ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ . . . . . . . . . . . .

3 РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ . . . . . . . . . . . . . . . .

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ . . . . . . . . . . . . . . . .

3.1 Определение параметров воды и пара . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

3.2 Расчёт редукционно-охладительной установки (РОУ) . . . . . . . . . . . .

3.3 Расчёт сепаратора непрерывной продувки . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

3.4 Расчёт расхода химически очищенной воды . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

3.5 Расчёт водяного подогревателя сырой воды . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

3.6 Расчёт пароводяного подогревателя сырой воды . . . . . . . . . . . . . . . . .

3.7 Расчёт конденсатного бака. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

3.8 Расчёт охладителя выпара . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

4 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА КОТЕЛЬНОЙ . . . . . . . . . . . . .

5 ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА

КОТЛОАГРЕГАТОВ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

6 РАСЧЕТ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ

ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИЙ ПРОДУКТОВ

СГОРАНИЯ И ВОЗДУХА . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

8 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА . . . . . . . . . . . . . . . . . .

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОГО РАСХОДА ТОПЛИВА В ОДНОМ

КОТЕЛЬНОМ АГРЕГАТЕ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

10 ТЕПЛОВОЙ И КОНСТРУКЦИОННЫЙ РАСЧЕТЭКОНОМАЙЗЕРА . . . . .

11 РАСЧЕТ И ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

КОТЕЛЬНОЙ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

12 КОМПОНОВКА КОТЕЛЬНОЙ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ПРИЛОЖЕНИЕ А . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ПРИЛОЖЕНИЕ Б . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ПРИЛОЖЕНИЕ В . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

# **ВВЕДЕНИЕ**

Данная курсовая работа преследует цели обучения расчетам тепловой нагрузки котельной, углублённой проработки студентами основных типов тепловых схем котельной, подробного расчёта заданного варианта тепловой схемы и отдельных её элементов, составление теплового баланса котлоагрегата на его основе, определение стоимости годового расхода топлива для различных вариантов компоновки котлоагрегатов, выбора вспомогательного оборудования, компоновки котельной.

Тепловая схема во многом определяет экономичность работы котельной. Подробный расчёт тепловой схемы с составлением его теплового баланса позволяет определить экономические показатели котельной, расхода пара и воды, по которым производится выбор основного и вспомогательного оборудования.

Составление теплового баланса котлоагрегата позволяет оценить его экономичность для вариантов с использованием водяного экономайзера и без него.

Приведённая методика расчётов тепловой схемы и составление теплового баланса парогенератора максимально упрощена с целью уменьшения объёма необходимых расчетов.

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» позволяет развить в студенте:

– готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции;

– способность проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные детали и узлы с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ВАРИАНТА**

Задачей курсовой работы является углубление знаний, полученных в процессе изучения курса «Котельные установки и парогенераторы». При выполнении курсовой работы студенты практически знакомятся с итерационным методом расчёта тепловой схемы котельной (метод последовательных приближений).

Задания на курсовую работу имеют десять вариантов исходных данных для расчёта и десять различных тепловых схем (всего 100 вариантов). Тепловая схема выбирается по первой букве фамилии студента, а исходные данные – по последней цифре номера студенческого билета и выданному шифру.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Начальная буква  фамилии студента | А  Б  В | Г  Д  Е | Ж  З  И | К  Л | М  Н  О | П  Р  С | Т  У | Ф  Х  Ц | Ч  Ш  Щ | Э  Ю  Я |
| Номер тепловой схемы | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |

**Структура курсовой работы**

Введение

1 Расчет тепловых нагрузок производственных и коммунально-бытовых потребителей тепла

2 Построение теплового графика нагрузки

3 Расчет принципиальной тепловой схемы производственно-отопительной котельной

4 Составление теплового баланса котельной

5 Выбор типоразмера и определение количества котлоагрегатов

6 Расчет теоретических и действительных объемов продуктов сгорания

7 Определение энтальпий продуктов сгорания и воздуха

8 Тепловой баланс котельного агрегата

9 Определение годового расхода топлива

10 Тепловой и конструктивный расчет водного экономайзера

11 Расчет и подбор вспомогательного оборудования котельной

12 Компоновка котельной

13 Индивидуальное задание

Заключение.

Литература.

Расчетно-пояснительная записка в объеме 20-30 страниц текста.

Графическая часть: на листах формата А3.

1) полная тепловая схема котельной с указанием температур и расхода теплоносителя

2) компоновка котельной с указанием оборудования

## **1 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ КОТЕЛЬНОЙ**

Котельной установкой называют комплекс устройств и агрегатов, предназначенных для получения пара или горячей воды за счет сжигания топлива. По назначению различают отопительные, производственные и отопительно-производственные котельные установки. Общий случай для расчета представляют отопительно-производственные котельные, так как они работают, как правило, круглый год.

Тепловая нагрузка котельной по характеру распределения во времени классифицируется на сезонную и круглогодовую. Сезонная (расходы теплоты на отопление и вентиляцию) зависит в основном от климатических условий и имеет сравнительно постоянный суточный и переменный годовой график нагрузки. Круглогодовая (расходы теплоты на горячее водоснабжение и технологические нужды), практически не зависит от температуры наружного воздуха и имеет очень неравномерный суточный и сравнительно постоянный годовой график потребления теплоты.

Расчетную тепловую нагрузку котельной отопительно-производственного типа определяют отдельно для холодного и теплого периодов года. В зимнее время она складывается из максимальных расходов теплоты на все виды теплопотребления

(1.1)



где  *ΣФот, ΣФв, ΣФг.в ΣФт* – максимальные потоки теплоты, расходуемой всеми потребителями системы теплоснабжения соответственно на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды, Вт; *kз* – коэффициент запаса, учитывающий потери теплоты в тепловых сетях, расход теплоты на собственные нужды котельной и резерв на возможное увеличение теплопотребления хозяйством, *kз* = 1,2.

В летнее время нагрузку котельной составляют максимальные расходы теплоты на технологические нужды и горячее водоснабжение

 (1.2)

Суммарные расходы теплоты на все виды теплопотребления определяют по приближенным формулам [1,2,3,4,5,7].

Таблица 2.1 – **Выбор варианта для расчета тепловой нагрузки котельной**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра зачетной книжки | Наименование здания | Объем здания, т.куб.м. | Предпоследняя цифра зачетной книжки | Наименование здания | Объем здания, т.куб.м. | Последняя  цифра зачетной книжки | Жесткость воды г.экв/м3 | Количество  жителей в поселке, чел |
| У всех | Хлебозавод  100 работающих | 20 | - | - | - | - |  | - |
| У всех | Банно-прачечный комбинат | 20 | - | - | - | - |  | - |
| У всех | Животноводческая ферма на 2000 голов | 50 |  |  |  |  |  |  |
| 0 | Детский сад на 50 детей | > 10 | 0 | Парикмахерская | > 5 | 0 | 5,1 | 4000 |
| 1 | Школа на 100 учащихся | > 10 | 1 | Кафе на 20  посетителей | > 5 | 1 | 8,2 | 4500 |
| 2 | Мастерская | > 5 | 2 | Столярная  мастерская | > 5 | 2 | 2,44 | 5000 |
| 3 | Гараж на 20  легковых  машин | > 10 | 3 | Ремонтная  мастерская | > 10 | 3 | 7,6 | 5500 |
| 4 | Магазин | > 5 | 4 | Поликлиника на 50 посетителей | > 10 | 4 | 5,8 | 6000 |
| 5 | Клуб на 50  посетителей | > 5 | 5 | Общежитие на 50 мест | > 5 | 5 | 3,5 | 7000 |
| 6 | Столовая на 50 посетителей | > 5 | 6 | Ясли на 50 мест | > 5 | 6 | 5,1 | 8000 |
| 7 | Общежитие на 100 мест | > 10 | 7 | Гараж на 20  грузовых  машин | > 15 | 7 | 8,2 | 9000 |
| 8 | Гостиница на 50 мест | > 5 | 8 | Магазин | > 10 | 8 | 2,44 | 2000 |
| 9 | Поселковая  администрация | > 5 | 9 | Почта | > 5 | 9 | 7,6 | 3000 |

В том случае, где необходимо знать количество одновременно находящихся посетителей в помещении берем от 1-10% от общего числа жителей, если не указано иное.

### **1.1 Расход теплоты на отопление и вентиляцию**

Максимальный поток теплоты, Вт, расходуемой на отопление жилых и общественных зданий поселка, включенных в систему централизованного теплоснабжения, можно определить по укрупненным показателям в зависимости от жилой площади помещения по формулам

 (1.3)

 (1.4)

где *ϕ* – укрупненный показатель максимального удельного потока теплоты, расходуемой на отопление 1 м2 жилой площади, Вт/м2; *F* – жилая площадь, м2, (условно принимаем 20 кв.м. жилой площади на одного человека).

Значения *ϕ* определяются в зависимости от расчетной зимней температуры наружного воздуха [13]

tн, оС −10 –15 –20 –25 –30 –35 –40

*ϕ*, Вт/м2  128 140 151 164 175 182 186.

Максимальный поток теплоты, Вт, расходуемой на нагрев вентиляционного воздуха общественных зданий

 (1.5)

Для отдельных жилых, общественных и производственных зданий максимальные потоки теплоты, Вт, расходуемой на отопление и подогрев воздуха в приточной системе вентиляции, можно определить по их удельным тепловым характеристикам

 (1.6)

 (1.7)

где *qот* и *qв* – удельные отопительная и вентиляционная характеристики здания, Вт/(м3⋅оС) (табл. В.1); *Vн* – объем здания по наружному обмеру (без подвальной части), м3; *a* – поправочный коэффициент, учитывающий влияние на удельную тепловую характеристику местных климатических условий *a* = 0,54 + 22/(*tв –tн*).

### **1.2 Расход теплоты на горячее водоснабжение**

Средний поток теплоты, Вт, расходуемой за отопительный период на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, находят по формуле

 (1.8)

где *qг.в* – укрупненный показатель среднего потока теплоты, Вт, расходуемой на горячее водоснабжение одного человека с учетом общественных зданий поселка, принимается в зависимости от средней за отопительный период нормы потребления воды при температуре 55 оС на одного человека g, л/сут:

g, л/сут 85 90 105 115

*qг.в*, Вт 320 331 378 407

Для жилых домов квартирного типа, оборудованных умывальниками, мойками и душами, g=85 л/сут; для таких же домов, но с ваннами g =105 л/сут; *n* – число жителей.

Максимальный поток теплоты, Вт, расходуемой на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

 (1.9)

Для производственных зданий максимальный поток теплоты, Вт, расходуемой на горячее водоснабжение, определяют по формуле

 (1.10)

где *Gv* – часовой расход горячей воды, м3/ч; *ρв* – плотность воды, принимается равным 983 кг/м3; *Св* – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг⋅оС); *tг* – расчетная температура горячей воды, равная 55 оС; *tх* – расчетная температура холодной (водопроводной) воды, принимаемая в зимний период равной 5оС, а летний период 15оС.

Расход горячей воды для различных объектов определяется по табл. В.2.

Для животноводческих помещений максимальный поток теплоты, Вт, расходуемой на горячее водоснабжение (*tг* =40...60 оС) для санитарно-технических нужд (подмывание вымени, мытье молочной посуды, доильных аппаратов, молокопроводов, шлангов и другого оборудования, уборка помещений), подсчитывают по формуле

 (1.11)

где *β* – коэффициент неравномерности потребления горячей воды в течение суток, принимают *β* = 2,5; *ni* – число животных данного вида в помещении; *gi* – среднесуточный расход воды на одно животное, кг, принимают для коров 15 кг, телят и молодняка 2 кг, свиноматок 3 кг, свиней на откорме 0,5 кг.

Поток теплоты, Вт, расходуемой на горячее водоснабжение (*tг* = 10...20 оС) для поения животных

 (1.12)

где *mi* – среднесуточная норма потребления горячей воды данной группой животных, кг (табл. В.3)

Поток теплоты, Вт, расходуемой на горячее водоснабжение жилых, общественных и производственных зданий в летний период, по отношению к отопительному снижается и определяется по следующим формулам:

для жилых и общественных зданий

 (1.13)

для производственных зданий

 (1.14)

### **1.3 Расход теплоты на технологические нужды**

Поток теплоты, Вт, расходуемой на технологические нужды ремонтных мастерских и автогаражей, подсчитывают по формуле

 (1.15)

где *ψ* – коэффициент спроса на теплоту, равный 0,6...0,7; *G* – расход теплоносителя (воды или пара), кг/ч; *h* – энтальпия теплоносителя, кДж/кг; *hвоз* – энтальпия обратной воды или возвращаемого конденсата, кДж/кг (можно принять *hвоз* = 270...295 кДж/кг); *p –* коэффициент возврата обратной воды или конденсата, обычно принимаемый равным 0,7.

Расход теплоносителя – воды (при 95 оС) для получения смешанной воды с температурой *tсм* определяют по формуле

 (1.16)

Расход горячей воды (*tсм* = 60 оС) для автогаражей

 (1.17)

где *n* – число автомобилей, подвергающихся мойке в течение суток; *g* – среднесуточный расход воды на мойку одного автомобиля, кг/сут. Для легкового автомобиля *g* = 175 кг/сут, для грузового *g* = 250 кг/сут.

Расход пара *D* (*G = D*) для ремонтных мастерских можно принять равным 100...120 кг/ч.

Поток теплоты, Вт, расходуемой на технологические нужды животноводческих помещений, определяют по укрупненным нормам расхода пара и горячей воды на тепловую обработку кормов

 (1.18)

где  *β* – коэффициент неравномерности потребления теплоты на технологические нужды в течение суток, принимают *β* = 4; *Mi* – количество подлежащего тепловой обработке корма данного вида в суточном рационе одного животного, кг (таблица В.4); *di* – удельный расход пара или горячей воды на обрабатываемый корм данного вида, кг/кг (таблица В.4); *hi* – энтальпия используемого пара или горячей воды, кДж/кг; *ni* – число животных данного вида в помещении.

Поток теплоты, Вт, расходуемой на пастеризацию молока

 (1.19)

где *mм* – масса молока, обрабатываемая в пастеризаторе, кг/ч; *См* – теплоемкость молока, равная 3,94 кДж/(кг⋅оС); *t’’м* – температура молока после пастеризации, принимают *t’’м*= 85 оС; *t’м* – температура молока до пастеризации, (у охлажденного *t’м* = 5 оС, после дойки *t’м* = 35 оС).

Поток теплоты, Вт, расходуемой на пропаривание молочных фляг

 (1.20)

где *dф* – расход пара на пропаривание одной фляги (0,2 кг); *n* – число фляг; *hп* – энтальпия пара, кДж/кг (при избыточном давлении 39,2 кПа *hп* = 2636 кДж/кг).

Результаты расчетов тепловой нагрузки объектов проектирования сводят в табл. 1.2.

Таблица 1.2 **– Перечень зданий и сооружений поселка**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назначение здания | температура | | V  здания, м3 | Фот, Вт | Фв, Вт | Фг.в, Вт | ΣФ |
| tн | tвн |
| Животноводческая ферма |  |  |  |  |  |  |  |
| Хлебозавод |  |  |  |  |  |  |  |
| Банно-прачечный  комбинат |  |  |  |  |  |  |  |
| Жилые дома |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Сумма |  |  |  | ΣФот= | ΣФв= | ΣФг.в= |  |

Подсчитаем расчетную тепловую нагрузку котельной отопительно-производственного типа по выражению (1.1) Фр.в.= . И данная нагрузка на чертеже схемы представлена Qб = Фр.в.

## **2 ПОСТРОЕНИЕ ГОДОВОГО ГРАФИКА ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ**

Годовой расход теплоты на все виды теплопотребления можно определить аналитически или графически из годового графика тепловой нагрузки. По годовому графику устанавливаются также режимы работы котельной в течение всего года. Строят такой график в зависимости от длительности действия в данной местности различных наружных температур.

На рис. 2.1 приведен годовой график нагрузки котельной, обслуживающей жилую зону поселка и группу производственных зданий со средневзвешенной расчетной внутренней температурой соответственно *tв.ср*=18 оС и *tв.ср*=16 оС.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 2.1 **– Годовой график тепловой нагрузки**  1 - расход теплоты на отопление производственных зданий; 2 - на вентиляцию производственных зданий; 3- на отопление общественных зданий; 4 – на вентиляцию общественных зданий; 5 - на горячее водоснабжение и технологические нужды; 6 - суммарный график расхода теплоты; 7 - график тепловой нагрузки за отопительный период; 8 - нагрузка летнего периода. |

Средневзвешенная расчетная внутренняя температура определяется по выражению

 (2.1)

где *Vi* – объемы зданий по наружному обмеру, м3; *ti* – расчетные внутренние температуры этих зданий, оС.

Строят график следующим образом. В правой его части по оси абсцисс откладывают продолжительность работы котельной (в часах), в левой части – температуру наружного воздуха; по оси ординат откладывают расход теплоты.

Сначала строят график расхода теплоты на отопление производственных зданий. На оси ординат откладывают точку, соответствующую максимальному потоку теплоты, расходуемому на отопление этих зданий при наружной температуре *tн*. Полученную точку соединяют прямой с точкой, соответствующей средневзвешенной расчетной внутренней температуре *tв.ср*=16 оС (прямая 1). Так как отопительный сезон начинается при tн = 8 оС, то линию графика до этой температуры показывают пунктиром. График расхода теплоты на вентиляцию строят в виде наклонной прямой до расчетной вентиляционной температуры *tн.в* (прямая 2)*.* При более низких температурах к приточному наружному воздуху подмешивается воздух помещения, т.е. происходит рециркуляция, и расход теплоты остается неизменным (график проходит параллельно оси абсцисс).

Таким же образом строят графики расхода теплоты на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий при средневзвешенной расчетной внутренней температуре *tв.ср*=18 оС (прямые 3, 4).

Расходы теплоты на горячее водоснабжение и технологические нужды не зависят от *tн*. Общий график по этим видам теплопотребления изображен прямой 5.

Суммарный график расхода теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха представляет собой ломаную линию 6 (точка излома соответствует температуре *tн.в*), отсекающей на оси ординат отрезок, равный максимальному потоку теплоты, расходуемой на все виды теплопотребления.

Вправо по оси абсцисс откладывают для каждой наружной температуры число часов отопительного сезона (с нарастающим итогом), в течение которых держалась температура, равная и ниже той, для которой делается построение (табл. Б.1), и через эти точки проводят вертикальные линии. Далее на эти линии из суммарного графика расхода теплоты проецируют ординаты, соответствующие максимальным расходам теплоты при тех же наружных температурах. Полученные точки соединяют плавной кривой 7, представляющей собой график тепловой нагрузки за отопительный период.

Площадь, ограниченная осями координат, кривой 7 и горизонтальной линией 8, показывающей суммарную летнюю нагрузку, выражает годовой расход теплоты, ГДж/год

 (2.2)

где *F* – площадь годового графика тепловой нагрузки, мм2; *mф* и *mτ*  – масштабы расхода теплоты и времени работы котельной, соответственно Вт/мм и ч/мм.

**3 РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ**

**ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ**

До начала расчётов принципиальной тепловой схемы котельной студенту необходимо внимательно ознакомится с заданием и подобрать все необходимые материалы.

Следует изучить все узлы тепловой схемы, познакомиться с конструкцией редукционно-охладительной установки, деаэратора, подогревателей и т.д.

Следует помнить, что в тепловых схемах приняты деаэраторы атмосферного типа. Вода должна поступать в химводоочистку с температурой 25-35 0С.

Для упрощения тепловых расчётов можно пренебречь потерями воды, проходящей через подогреватели, а также потерями тепла в деаэраторе.

При расчёте каждого узла тепловой схемы необходимо составить принципиальную тепловую схему с указанием всех параметров.

Перечень обозначений к расчёту тепловой схемы.

*Р1* – давление пара на выходе из котлоагрегата, МПа;

*Р2* – давление пара после РОУ, МПа;

*t1/* *–* температура воды на выходе из сетевых подогревателей, 0С;

*t2/ –* температура воды в обратной линии теплосети, 0C;

*tк –* температура конденсата, возвращаемого с производства, 0С;

*tкб* – температура конденсата на выходе из бойлера, 0С;

*tiкб* – температура конденсата после i-го подогревателя, 0С;

*tcв* – температура сырой воды, 0С;

*tхво –* температура воды на входе и выходе из химводоочистки, 0С;

*tn1* – температура питательной воды перед экономайзером, 0С;

*tn2* – температура питательной воды за экономайзером, 0С;

*tсм* – температура смеси на выходе из конденсатного бака, 0С;

*tух1* – температура продуктов горения перед экономайзером, 0С;

*tух2* – температура продуктов горения за экономайзером, 0С;

*tкв* – температура холодного воздуха, подаваемого в топку (*tкв=30 0С);*

*ri –* теплота парообразования при давлении *Pi*, кДж/кг;

*х1 –* степень сухости пара на выходе из котлоагрегата;

*х2 –* степень сухости пара на выходе из расширителя непрерывной продувки;

*i/1* – энтальпия кипящей воды в котлоагрегате, кДж/кг;

*i/2* – энтальпия кипящей воды в расширителе непрерывной продувки (при давлении *Рг*) кДж/кг;

*iх1* – энтальпия влажного пара на входе из котлоагрегата, кДж/кг;

*iх2* – энтальпия влажного пара на входе из расширителя непрерывной продувки, кДж/кг;

*i//1* – энтальпия сухого насыщенного пара при давлении *Р1,* кДж/кг;

*iпв1* – энтальпия питательной воды перед экономайзером, кДж/кг;

*iпв1=i/г*;

*iпв2* – энтальпия питательной воды после экономайзера, кДж/кг;

*i//2* – энтальпия сухого насыщенного пара при давлении *Р2,* кДж/кг;

*iсв* – энтальпия сырой воды, кДж/кг;

*iхво* – энтальпия воды перед и после химводоочистки, кДж/кг;

*Dcvh*– паропроизводительность котельной, кг/с;

*Dк* – паропроизводительность одного котлоагрегата, кг/с;

*DТ* – расход пара на технологические нужды, кг/с;

*Dб* – расход пара в подогревателе сетевой воды (бойлеры), кг/с;

*Dр* – количество пара, выделяющегося в расширителе из продувочной воды, кг/с;

*Dд* – расход пара на деаэрацию, кг/с;

*Dcв* – расход пара на подогрев сырой воды перед химводоочисткой, кг/с;

*D1* – расход острого пара, поступающего в РОУ, кг/с;

*Dред* – количество редуцированного пара, кг/с;

*Dвып* – количество выпара из деаэратора, кг/с;

*Dут –* потери пара внутри котельной, кг/с;

*dут –* потери пара внутри котельной в процентах от *Dcvh*;

*Wпр* – расход котловой воды на непрерывную продувку, кг/с;

*dпр* – расход котловой воды на продувку в процентах от *Dcvh*;

*Wki* – возврат конденсата от потребителя, кг/с;

*mi* – возврат конденсата от потребителя в процентах от *Dcvh*;

*W1* – расход увлажняющей воды, поступающего в РОУ, кг/с;

*Wn0* – расход питательной воды, поступающей в котлоагрегат;

*Wб* – расход воды через сетевой подогреватель (бойлер), кг/с;

*Wтс* – потери воды в теплосети, кг/с;

*dтс* – потери воды в теплосети в процентах от *Wб*;

*Wхво* – расход воды через химводоочистку, кг/с;

*Wд* – расход деаэрированной воды на выходе из деаэратора, кг/с;

*Wр* – расход воды из расширителя непрерывной продувки, кг/с;

*Qб* – расход тепла на подогрев сетевой воды, кДж/с;

*Qт* – расход тепла на технологические нужды, кДж/с.

Условные обозначения принятые в схемах.

– пар

* деаэрированная вода
* сырая вода
* химочищенная вода
* конденсат
* продувочная вода
* вторичный пар

Все исходные данные для расчёта тепловой схемы выбираются из табл. 2 в соответствии с номером варианта исходных данных (не путать с номером задания) или из предложенного варианта тепловой схемы. Использование при выполнении исходных данных, взятых на примере расчёта недопустимо.

1. Пар для технологических нужд производства имеет параметры:
2. *Р1*=1,31 МПа; *х1*=0,96; *DТ* =9,53 кг/с.
3. Температура сырой воды *tсв*=50С.
4. Давление пара после РОУ *Р2*=0,117 МПа.
5. Сухость пара на выходе из расширителя непрерывной продувки *х2=*0,95.
6. Потери пара в котельной в процентах от *Dcvh dYT=*2,3%.
7. Расход тепловой воды на непрерывную продувку в процентах от *Dcvh dпр*=3,7%.
8. Расход тепла на подогрев сетевой воды *Qб*=16,8∙103 кДж/с.
9. Температура воды на выходе из сетевых подогревателей *t/1=*900C.
10. Температура в обратной линии теплосети *t/2=52*0C.
11. Температура воды перед и после ХВО *tхво*=250С.
12. Температура конденсата на выходе из бойлера *tкб*=600С.
13. Возврат конденсата от потребителя производится двумя потоками с температурой *tк1=*540С, *tк2=73*0С и в количестве *m1=*30%*DТ*, *m2=45*%*DТ*.
14. Потери воды в тепловой сети *dТС=*2,7%.
15. Температура конденсата после охладителя *tк1*=900С.
16. Температура воды, сбрасываемой в барботер *tр*=400С.
17. Температура конденсата после пароводяного подогревателя сырой водя *t//к1*=710С.

**3.1** **Определение параметров воды и пара**

При давлении *Р1*=1,31 МПа в состоянии насыщения имеем [1-32] *t1=*191,95 0С, *i//1=*2786,3 кДж/кг, *i/1*=816,3 кДж/кг, *r1*=1970,0 кДж/кг.

При давлении *Р2*=0,117 МПа в состоянии насыщения имеем [1-31] *t2=*104,06 0С, *i//2=*2682,7 кДж/кг, *i/2*=436,2 кДж/кг, *r1*=22464 кДж/кг.

Энтальпия влажного пара на выходе из котлоагрегата:

*iх1=i//1 -(1-х1)∙r1* = 2786,3-(1-0,96)∙1970,0=2707,5 кДж/кг.

Энтальпия влажного пара на выходе из расширителя:

*iх2=i//2 -(1-х2)∙r2* = 2682,7-(1-0,95)∙2246,4=2570,4 кДж/кг.

Энтальпия воды при температуре ниже 1000С может быть с достаточной точностью определена баз использования таблиц по формуле:

*iв=Св∙tв,*

где *Св*=4,19 кДж/кг град.

В дальнейшем определение энтальпии воды (конденсата) особо оговариваться не будет.

Общие замечания о расчёте водоподогревательных установок.

Для водоподогревателя:

. (3.1)

Для пароводяных водоподогревателей:

, (3.2)

где *W1* и *W2* – расходы воды (греющей и подогреваемой), кг/с;

*t/1*, *t/2* и *t//1, t//2* – начальные и конечные температуры воды, 0С;

*D1* – расход греющего пара, кг/с;

*i1* – энтальпия пара, кДж/кг;

*iк* – энтальпия конденсата, кДж/кг;

*ηn* – коэффициент, учитывающий потери тепла аппаратом и трубопроводами в окружающую среду (*ηn*=0,95).



Рисунок 3.1 – **Схема водоподогревательной установки**

Расчёт подогревателей сетевой воды.

Определим расход воды через сетевой подогреватель из уравнения теплового баланса:

. (3.3)

 кг/с.

Потери воды в тепловой сети заданы в процентах от *Wб*:

 кг/с.

Подпиточный насос подаёт в теплосеть воду из деаэратора с энтальпией *i/2*=436,2 кДж/кг в количестве *WТС*. Поэтому расход тепла на подогрев сетевой воды в бойлерах уменьшится на величину:

,

где – соответствует температуре ;

кДж/кг.

Расход пара на подогрев сетевой воды определяется из уравнения:

.

Откуда:

 кг/с.

Определение расхода пара на подогрев сетевой воды и на технологические нужды.

Расход тепла на технологические нужды составит:

, (3.4)

где *iко* – средневзвешенная энтальпия конденсата от технологических потребителей:

**; (3.5)

*iк1*=226,3 кДж/кг; *tк1*=54 0С;

*iк2*=305,9 кДж/кг; *tк1*=73 0С;

*iсв*=21,0 кДж/кг; *tк1*=5 0С;

*iко*=0,30∙226,3+0,45∙305,9+(1-0,3-0,45)∙21,0=210,8 кДж/кг.

В случае отсутствия возврата конденсата от технологических потребителей *iко*= *iсв*.

кДж/с.

Суммарный расход на подогрев сетевой воды и на технологические нужды составит:

 кДж/с.

Расход пара на подогрев сетевой воды и на технологические нужды составит:

кг/с.

При отсутствии сетевых подогревателей *D0=DТ* .

Ориентировочное определение общего расхода свежего пара.

Суммарный расход острого пара *Dг* на подогрев сырой воды перед химводоочисткой и деаэрацию составит 3-11% от *Dc*.

Примем *Dг=*0,03∙*D0*=0,03∙17,597=0,528 кг/с.

Общий расход свежего пара:

 кг/с.

**3.2 Расчёт редукционно-охладительной установки (РОУ)**

Назначение РОУ – снижение параметров пара за счёт дросселирования

(мятия) и охлаждения его водой, вводимой в охладитель в распылённом состоянии. РОУ состоит из редукционного клапана для снижения давления пара, устройства для понижения температуры пара путём впрыска воды через сопла, расположенные на участке паропровода за редукционным клапаном и системы автоматического регулирования температуры и давления дросселирования пара.

В охладителе РОУ основная часть воды испаряется, а другая с температурой кипени отводится в конденсационные баки или непосредственно в деаэратор.

Примем в курсовой работе, что вся вода, вводимая в РОУ, полностью испаряется, и пар на выходе является сухим, насыщенным.

Подача охлаждённой воды в РОУ производственных котельных обычно осуществляется из магистрали питательной воды после деаэратора.

Тепловой расчёт РОУ ведётся по балансу тепла (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – **Схема РОУ**

Расход редукционного пара *Dред* с параметрами *Р2, t2, i//2* и расхода увлажняющей воды *W1* определяем из уравнения теплового баланса РОУ:

 (3.6)

из уравнения материального баланса РОУ:

 (3.7)

Решая совместно уравнения (6) и (7), получим:

, (3.8)

где *D1* – расход острого пара, кг/с, с параметрами *Р1*, *х1*;

 – энтальпия влажного пара, кДж/кг;

 – энтальпия увлажняющей воды, поступающей в РОУ, кДж/кг.

Определим расход свежего пара, поступающего в РОУ:

кг/с

Составляем схему РОУ:



Рисунок 3.3 – **Узел РОУ**

Определяем расход увлажняющей воды:

кг/с.

**3.3 Расчёт сепаратора непрерывной продувки**

Непрерывная продувка барабанных котлоагрегатов осуществляется для уменьшения солесодержания котловой воды и получения пара надлежащей чистоты. Величина продувки (в процентах от производительности котлоагрегатов) зависит от солесодержания питательной воды, типа котлоагрегатов и т.п.

Для уменьшения потерь тепла и конденсата с продувочной водой применяются сепараторы – расширители (рисунок 3.4). Давление в расширителе непрерывной продувки принимается равным Р2. Пар из расширителей непрерывной продувки обычно направляют в деаэраторы.

Тепло продувочной воды (от сепаратора непрерывной продувки) экономически целесообразно использовать при количестве продувочной воды больше 0,27 кг/с. Эту воду обычно пропускают через теплообменник подогрева сырой воды. Вода из сепаратора подаётся в охладитель или барботер, где охлаждается до 40-50 0С, а затем сбрасывается в канализацию.



Рисунок 3.4 **– Схема непрерывной продувки**

Расход продувочной воды из котлоагрегата определяется по заданному его значению *dпр* в процентах от *Dcyh.*

кг/с.

Количество пара, выделяющегося из продувочной воды, определяется из уравнения теплового баланса:

 ,

и массового баланса сепаратора:

.



Рисунок 3.5 – **Узел сепаратора непрерывной продувки**

Имеем:

кг/с. (3.10)

Расход воды из расширителя:

кг/с.

**3.4 Расчёт расхода химически очищенной воды**

Общее количество воды, добавляемой из химводоочистки, равно сумме потерь воды и пара в котельной, на производстве и в тепловой сети.

1. Потери конденсата от технологических потребителей:
2. кг/с.
3. В случае отсутствия возврата конденсата от технологических потребителей *W2=DТ*.
4. Потери продувочной воды *Wр*=0,551 кг/с.
5. Потери пара внутри котельной заданы в процента от *Dcyh*.
6. кг/с.
7. Потери воды в теплосети *WТС=*2,849 кг/с.
8. Потери пара с выпаром из деаэратора могут быть определены только при расчёте деаэратора. Предварительно примем *Dвып*=0,05 кг/с.

Общее количество химически очищенной воды равно:

 (3.11)

Для определения расхода сырой воды на химводоочистку необходимо учесть количество воды, идущей на взрыхление катионита, его регенерацию, отмывку и прочие нужды водоподготовки. Их обычно учитывают величиной коэффициента *К*=1,10 – 1,25. в данной курсовой работе следует принимать *К*=1,20.

Имеем *Wсв=К∙Wхво*=1,20∙6,252=7,502 кг/с.

**3.5** **Расчёт водяного подогревателя сырой воды**

Запишем уравнение теплового баланса подогревателя:

. (3.12)

отсюда энтальпия воды на выходе из подогревателя:

кДж\кг.

Температура сырой воды на выходе из подогревателя *tсв1=*9,4 0C.



Рисунок 3.6 – **Схема водоводяного подогревателя сырой воды**

**3.6** **Расчёт пароводяного подогревателя сырой воды**



Рисунок 3.7 – **Схема пароводяного подогревателя сырой воды**

Запишем уравнение теплового баланса подогревателя:

 (3.13)

Расход редуцированного пара в подогреватель сырой воды:

кг/с.

**3.7** **Расчёт конденсатного бака**

Возврат конденсата от технологических потребителей необходим для экономии топлива и улучшение качества питательной воды котлоагрегатов. Конденсат собирается в сборные конденсатные баки, которые устанавливаются в котельной или на предприятии. Вода поступает в конденсатные баки самотёком или под напором. Температура смеси конденсата *tсм* (см. рисунок 3.8) определяется из выражения:

, (3.14)

где *Wi* – расход конденсата, кг/с; *ti* – температура потока конденсата, 0С; *Wсм=∑Wi* – суммарное количество конденсата, поступающего в конденсатный бак, кг/с.



Рисунок 3.8 – **Расчётная схема конденсатного бака**

Находим суммарное количество воды *Wсм*, которое поступает в конденсатный бак. В бак подаётся два потока конденсата: от технологических потребителей и вода от химводоочистки:

**



Температура смеси конденсата:

0С,

чему соответствует *iсм*=195,3 кДж/кг.

Общие замечания о расчёте деаэратора. Для удаления растворённых в воде газов применяются смешивающие термические деаэраторы. В общем случае они могут быть атмосферного типа с давлением в колонке 0,11-0,13 МПа, повышенного давления и вакуумные с давлением ниже атмосферного. В курсовой работе применён смешивающий термический деаэратор атмосферного типа (Р2=0,17 МПа). Под термической деаэрацией воды понимают удаление растворённого в ней воздуха при нагреве до температуры кипения, соответствующей давлению деаэраторной колонке. Целью деаэрации является удаление входящих в состав воздуха агрессивных газов, вызывающих коррозию металла оборудования (кислорода и угольной кислоты). Подогрев воды, поступающей в деаэратор, до температуры насыщения осуществляется редуцированным паром (Dр).

Газы, выделяемые деаэрированной водой, переходят в паровой поток и остатком неконденсированного избыточного пара (выпара) удаляются из деаэраторной колонки через штуцер, а затем сбрасываются в барботер (иногда – через охладитель выпара). Расход избыточного пара (Dвып) по имеющимся опытным данным ЦКТИ составляет 2-4 кг на 1 тонну деаэрированной воды. В курсовой работе следует принять: Dвып=0,003\*Wz, где Wz – суммарный расход деаэрируемой воды.

Энтальпия пара (выпара) принимается равной энтальпии сухого насыщенного пара при данном давлении (İ2”). Деаэрированная вода (Wg) из бака деаэратора подаётся питательным насосом (ПН) в котельный агрегат.

При расчёте деаэратора неизвестными являются расход пара на деаэратор (Dg) и расход деаэрированной воды (Wg). Эти величины определяются при совместном решении уравнений массового и теплового балансов деаэратора.

Произведём уточнение раннее принятого расхода Dвып. Суммарный расход деаэрируемой воды.

Произведём уточнение ранее принятого расхода *Dвып*. Суммарный расход деаэрируемой воды:

 кг/с

 кг/с.

**3.8 Расчёт охладителя выпара**

В охладителе выпара вода из конденсатного бака подогревается паром выпара.

Запишем уравнение теплового баланса:

.

Откуда

кДж/кг,

что соответствует температуре 49,0 0С.

Неизвестными при расчёте являются расход деаэрированной воды *Wд* и расход пара на деаэрацию. Запишем уравнение теплового и массового балансов (предположим для деаэратора *ηn=*1);

; (3.15)

, (3.16)



Рисунок 3.9 – **Расчётная схема охладителя выпара**

из уравнения (3.16) находим:

 Подставляем полученное значение в уравнение (3.15) и решаем его относительно *Wд*:

**(***Wд*-20,681)∙2682,7+13,4∙205,4+0,219∙322,6+7,004∙251,2+0,12∙2570,4=

=*Wд*∙436,2+0,062∙2682,7;

*Wд*∙2246,5=50756,4; *Wд*=22,594 кг/с;

*Dд*= *Wд*-20,681=22,594-20,681=1,913 кг/с.



Рисунок 3.10 – **Расчётная схема деаэратора**

Проверка точности расчёта первого приближения. Из уравнения массового баланса линии редуцированного пара определяем значение *Dд*:

*Dд= Dред- Dб- Dсв=*8,690-7,004-0,219=1,467 кг/с.

При расчёте деаэратора получено *Dд=*1,913 кг/с. Ошибка расчёта составляет 23%. Допустимое расхождение 3%. Следовательно необходимо провести второй цикл приближений.

Уточненный расчёт РОУ.

Расход редуцированного пара:

*Dред*= *Dд+ Dсв+ Dб=*1,913+0,219+7,004=9,136 кг/с.

Из уравнений (6) и (7) имеем: *D1= Dред-W1;*

**.

Отсюда:

**кг/с.

*D1= Dред-W1*=9,136-0,100=9,036 кг/с.

Общий расход свежего пара:

*D0= D1+ DТ=*9,036+9,53=18,566 кг/с.

Уточнённый расход тепловой схемы.

1. Расчёт расширителя непрерывной продувки:

**кг/с;

 кг/с;

кг/с.

2. Расчёт расхода химически очищенной воды:

кг/с;

*Wхво=W2+ Wp+DYT+ WТС+Dвып*=2,383+0,565+0,427+2,849+0,062=6,286 кг/с;

*Wсв=К∙Wхво; Wсв=*1,2∙6,286=7,543 кг/с.

3. Расчёт водяного подогревателя сырой воды:

кДж/кг.

4. Расчёт пароводяного подогревателя сырой воды:

кг/с.

5. Расчёт конденсатного бака:

кг/с;

 0С;

*iсм=*194,8 кДж/кг.

6. Расчёт охладителя выпара:

кг/с;

*Dвып*=0,003∙*W∑*=0,003∙20,658=0,062 кг/с;

кДж/кг.

7. Расчёт деаэратора:

*Dд=Wд+ Dвып–Wсм–Dсв– Dб– Dр= Wд*+0,062-13,434-0,220-7,004-0,122= *Wд*-20,718;

*(Wд*-20,718)∙2682,7+13,434∙204,8+0,220∙322,6+7,004∙251,2+0,122∙2570,4= *=Wд*∙436,2+0,062∙2682,7;

*Wд*∙2246,5=50850;

*Wд*=22,635 кг/с;

*Dд=*22,635-20,718=1,917 кг/с.

Проверка математического баланса линии дедуцированного пара.

Имеем:

*Dд*= *Dред – Dcd – Dб* = 9,136-0,220-7,004=1,912 кг/с.

Из расчёта деаэратора *Dд*=1,917 кг/с. Расхождение составляет 0,3%, дальнейших уточнений не требуется.

Определение полной нагрузки на котельную. Полная нагрузка определяется по формуле:

*Dcyh= D1+ DТ +DYT* = 9,036+9,53+0,427=18,993 кг/с.

В то же время:

*Dcyh=Wд–W1–WТС–Wпр=*22,635-0,100-2,849-0,687=18,989 кг/с.

В то же время



**4 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА КОТЕЛЬНОЙ**

Тепловой баланс котельной составляется для определенных КПД, оценки относительной величины различных потерь, что позволяет оценить экономичность предложенной тепловой схемы.

Суммарное поступление теплоты в схему:



здесь



Расход теплоты с паром на технологические нужды с учетом возврата конденсата:



Процент расхода теплоты на технологические нужды:



Расход теплоты в теплосеть с учетом потерь воды в теплосети:

Аналогично:



Полезно расходуемый процент теплоты (КПД схемы) :



Суммарные потери теплоты:



Основные составляющие потерь теплоты:

1. Потери от утечек свежего пара



1. Потери в окружающую среду в бойлере



Неучтенные потери составляют



При выполнении курсовой работы неучтенные потери не должны превышать 1%. Для выполнения этого условия при расчете различных тепловых схем котельных может возникнуть необходимость учесть не только указанные ранее потери.

Продолжим вычисление потерь:

3.Потери с водой при производстве химводоочистки:



4. Потери теплоты со сбрасыванием в барботер продувочной водой (после водоводяного подогревателя)



5. Потери в окружающую среду в подогревателе сырой воды:



6. Потери с выпаром



7. Потери в окружающую среду в водоводяном подогревателе:



Итого имеем:



Незначительное расхождение вызвано погрешностью расчетов. При выполнении курсовой работы допустимо расхождение, не превышающее 1 %, следовательно, малые потери учитывать нецелесообразно.

**5 ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА**

**КОТЛОАГРЕГАТОВ**

Отопительно-производственные котельные в зависимости от типа установленных в них котлов могут быть водогрейными, паровыми или комбинированными – с паровыми и водогрейными котлами.

Расчетную тепловую мощность котельной принимают по тепловой нагрузке для зимнего периода

 (5.1)

где *Фуст* – суммарная тепловая мощность всех котлов, установленных в котельной, Вт.

В котельной должно быть не менее двух и не более четырех (стальных) или шести (чугунных) котлов, причем котлы однотипные по теплоносителю должны иметь одинаковую площадь поверхности нагрева. Устанавливать резервные котлы не допускается.

Если для покрытия нагрузок требуется горячая вода, и пар, то в зависимости от принятых параметров теплоносителей котельную оборудуют либо одними паровыми котлами, работающими как на паровые, так и на водяные сети (через водоподогреватели), либо водогрейными и паровыми котлами. В котельных последнего типа летом работают только паровые котлы, покрывающие нагрузку горячего водоснабжения и паровую технологическую нагрузку.

Число котлов в котельной

 (5.2)

где *Фк* – тепловая мощность одного котла, Вт.

Для более рационального использования котлов значение *Фк* должно быть равно или кратно летней тепловой нагрузке котельной *Фр.л*. Допускается работа котлов с перегрузкой или недогрузкой, не превышающей 25 % средней нагрузки.

Паровые котлы допускается выбирать по паропроизводительности. Паропроизводительность D, кг/ч, находят по формуле

 (5.3)

где *hп* – энтальпия пара, соответствующая его рабочему давлению и температуре, кДж/кг; *hп.в* – энтальпия питательной воды (при температуре *tп* = 55...65 оС), кДж/кг.

При отсутствии данных по тепло– и паропроизводительности подбор котлов ведут по площади их поверхности нагрева *Aк*, м2. Суммарную площадь поверхности нагрева водогрейных и паровых котлов низкого давления определяют по формуле

 (5.4)

где *Ф/Aк* – удельное тепловое напряжение поверхности нагрева котлов (теплосъем), Вт/м2.

Можно принять для котлов КЧ-1 значение *Ф/Aк* (12...14)⋅103, для котлов КЧ-2 - (13...14)⋅103, для котлов КЧ-3 - (12...14)⋅103 Вт/м2.

Для паровых котлов высокого давления

 (5.5)

где *Dр.н* – расчетное количество нормального пара, кг/ч (нормальный пар имеет энтальпию, равную 2680 кДж/кг); *Dн/Aк* – напряжение поверхности нагрева по нормальному пару (паросъем), кг/(м2⋅ч).

Расчетное количество нормального пара

 (5.6)

где *Dр* – количество расходуемого пара при давлениях в точках потребления, кг/ч.

Количество котлов в котельной

 (5.7)

Основные технические характеристики котлов, устанавливаемых в отопительно-производственных котельных, приведены в табл. В.6-В.11.

**6 РАСЧЕТ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ**

**ОБЪЕМОВ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ**

* 1. **Исходные данные и порядок расчета**

Для определения объемов продуктов сгорания необходимо знать элементарный состав топлива. Вид применяемого топлива задан в задании. Элементарный состав различных топлив приведен в таблице 6.1.

Количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива при условии безостаточного использования кислорода, называют теоретически необходимым объемом воздуха Vв0 и определяют по процентному составу топлива:



Здесь и далее объемы продуктов сгорания приведены к нормальным атмосферным условиям: 0 °С; 101,3 кПа (760 мм рт. ст.).

Таблица 6.1 – **Элементарный состав топлива**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид топлива | Рабочая масса топлива | | | | | | | | Низшая теплота сгорания Qнр МДж/кг |
| Состав % | | | | | | | |
| Wр | Aр | Sкр | Sорр | Cр | Hр | Nр | Oр |
| Донецкий каменный уголь | 13,0 | 19,6 | 2,4 | 1,6 | 50,6 | 3,7 | 1,1 | 8,0 | 20,3 |
| Челябинский бурый уголь | 17,0 | 24,9 | 0,7 | 0,5 | 41,8 | 3,0 | 1,0 | 11,1 | 15,8 |
| Мазут 40 | 3,0 | 0,3 | - | 0,5 | 85,3 | 10,2 | 0,3 | 0,4 | 40,7 |
| Мазут 100 | 1,5 | 0,15 | - | 1,5 | 85,1 | 9,5 | 1,75 | 0,5 | 40,5 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Теоретические объемы продуктов полного сгорания 1 кг топлива определяются по следующим формулам:

объем трехатомных газов

(6.1)



объем азота

(6.2) объем водяных паров



(6.3)



Теоретически полный объем продуктов сгорания

(6.4)



Для повышения полноты сгорания действительный объем воздуха подаваемого в топку, всегда несколько больше теоретического Vв > Vв0, причем отношение этих объемов называют коэффициентом избытка воздуха α= Vв /Vв0.

Коэффициент избытка воздуха на выходе из топочной камеры зависит от вида сжигаемого топлива и задан в задании. При наличии экономайзера вследствие присосов (давление в газовом тракте ниже атмосферного) коэффициент избытка воздуха в выходном сечении экономайзера возрастает на величину Δαэ (см. задание), т.е.



Расчет действительных объемов продуктов сгорания в курсовой работе производится для двух вариантов конструкции котлоагрегата:

1. C установкой экономайзера,
2. Без установки экономайзера.

(В дальнейшем для кратности варианты ”С” и ”Б” соответственно).

В курсовой работе влагосодержание воздуха принято αв=10 г/кг и учтено третьим слагаемым при определении теоретического объема водяных паров. В связи с тем, что в реальном случае всегда α >1, действительный объем водяных паров будет отличаться от теоретического:

(6.5)



При определении действительного объема продуктов сгорания необходимо учесть объем не участвующего в процессе горения

**6.2** **Пример расчета объемов продуктов сгорания**

(6.6)



Котлоагрегат работает на каменном угле следующего состава:

Wр=10 %; Aр =15,4 %; Sкр =1,0 %; Sорр = 0,8 %;

Ср =62,0 %; Нр = 4,6 %; Nр =5,4 %; Ор = 5,4 %.

Теоретический объем воздуха, необходимый для полного сгорания 1 кг топлива:



объем трехатомных газов:



объем азота:



объем водяных паров:



Коэффициент избытка воздуха на выходе из топочной камеры задан: αт=1,35. Величина присосов воздуха в газоходе экономайзера Δαэ=0,10.

Далее расчет производится для двух вариантов. Коэффициент избытка воздуха уходящих газов:



Действительный объем водяных паров:

;



Действительный объем продуктов сгорания:



**7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИЙ ПРОДУКТОВ**

**СГОРАНИЯ И ВОЗДУХА**

Исходные данные и порядок расчета.

Для определения энтальпий продуктов сгорания необходимо знать их состав и объем, а также температуру, которая различна для вариантов С и Б и задана в задании.

Значение энтальпий 1 м3 различных газов и влажного воздуха в зависимости от их температуры приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – **Энтальпии 1 м3 газов и влажного воздуха**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **t, °С** | **Энтальпии газов, кДж/м3** | | | |
| **(С∙t)RO2** | **(С∙t)N2** | **(С∙t)H2O** | **(С∙t)b** |
| 100 | 170 | 130 | 151 | 132 |
| 200 | 353 | 260 | 305 | 267 |
| 300 | 560 | 392 | 463 | 403 |
| 400 | 773 | 527 | 627 | 542 |

Энтальпией газов при промежуточных температурах определяются методом линейной интерполяции.

Энтальпия теоретических объемов воздуха и продуктов сгорания, отнесенная к 1 кг топлива, определяется по формулам:

(7.1)



(7.2)



Энтальпия действительных объемов продуктов сгорания определяется с учетом реального коэффициента избытка воздуха

(7.3)



**Пример расчета энтальпий**

Расчет энтальпий произведем отдельно для вариантов С и Б.

С) С установкой экономайзера.

Температура уходящих газов tух = 175 °C (табл. 2).

=311,0 кДж/м3; =227,5 кДж/м3 ;



=266,5 кДж/м3; =233,3 кДж/м3,



Энтальпия действительных объемов продуктов сгорания при температуре tух2



Б) Без установки экономайзера.

Температура уходящих газов tух = 295 °C (табл. 2).

=549,9 кДж/м3; = 385,4 кДж/м3;



=455,1 кДж/м3; = 396,2 кДж/м3,



Энтальпия действительных объемов продуктов сгорания при температуре tух1



**8 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА**

Общие положения.

Тепловой баланс составляется для определения КПД котлоагрегата и расхода топлива при установившемся тепловом состоянии котлоагрегата.

Уравнение теплового баланса:

(8.1)



где – располагаемое тепло, кДж/кг; Q1 – теплота, полезно воспринимаемая в котлоагрегате поверхностями нагрева, кДж/кг; – потери тепла соответственно с уходящими газами, от химической неполноты сгорания, от механического недожога, в окружающую среду, с физическим теплом шлаков, кДж/кг.



В курсовой работе не учитывается тепло горячего воздуха, подаваемого в топку и подогретого вне котлоагрегата, а также тепло парового дутья, затраты тепла на размораживание смерзшегося топлива и т.д. Поэтому можно принять: , кДж/кг.



Приняв располагаемое тепло за 100 %, выражение (8.1) можно записать в таком виде:

(8.2)



Если известны потери тепла в котлоагрегате, его коэффициент полезного действия брутто определяется из выражения:

(8.3)



Потери тепла с уходящими газами определяются по формуле:

(8.4)



(8.5)



Здесь – энтальпия теоретического объема воздуха, подаваемого в топку. В курсовой работе условно температуру холодного воздуха принять равной tхво (не следует искать смысловую связь между этими температурами).



Удельная теплоемкость 1 м3 воздуха в интервале температур 0 – 100 °C составляет Схв = 1,3 кДж/м3∙°С.

В связи с тем, что объемы продуктов сгорания рассчитываются в предположении полного сгорания топлива, в уравнение (8.2) введена поправка на величину q4 – механической неполноты сгорания.

Потери тепла от химической неполноты сгорания q3 принимаются в зависимости от вида топлива и метода сжигания, согласно характеристикам топочных устройств (см. табл. 8.1).

Потеря тепла от механической неполноты сгорания q4 называются провалом, уносом и недожогом топлива в шлаках. При тепловых расчетах значение потерь тепла q4 можно принять по таблице 8.1.

Потери тепла котлоагрегатом в окружающую среду могут быть найдены для стационарных котлоагрегатов по графику, приведенному на рисунке 11.

Таблица 8.1 – **Расчетные характеристики слоевых и камерных топок**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тип топки** | **Наименование топлива** | **Потери тепла** | |
| **от химической**  **неполноты сгорания, q3** | **от механической**  **неполноты сгорания, q4** |
| Слоевая | Антрацит | 0,5 | 10,0 |
| Каменный уголь | 1,0 | 6,0 |
| Бурый уголь | 0,1-1,0 | 7,0 |
| Камерная | Мазут, природный газ | 1,0 | 0 |

В курсовой работе рекомендуется определять потери по таблице 8.1.

Потерей тепла с физическим теплом шлаков q6 в курсовой работе можно пренебречь.

После нахождения всех потерь можно определить коэффициент полезного действия котлоагрегата (брутто):

(8.6)



и расход топлива из уравнения

(8.7)



С учетом потери q4 расчетный расход полностью сгоревшего в топке твердого топлива составит:

(8.8)



Таблица 8.2 – **Потери тепла в окружающую среду в зависимости от марки** **котлоагрегата**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Марка котлоагрегата** | **Потери тепла q5, %** | |
| **Без экономайзера** | **С экономайзером** |
| КЕ – 2,5 – 13 | 2,8 | 3,6 |
| КЕ – 4 – 13 | 2,2 | 3,0 |
| КЕ – 6,5 – 13 | 1,4 | 2,3 |
| КЕ – 10 – 13 | 0,9 | 1,7 |
| КЕ – 1 – 23 | 0,5 | 1,3 |

Пример расчета.

Используемое топливо имеет низшую расчетную теплоту сгорания Qнр=25 МДж/кг.

Принимаем Qpp=Qнр.

Из таблицы 8.1 для каменного угля, сжигаемого в слоевой топке имеем:

потери от химической неполноты сгорания q3=1,0 %,

потери от механической неполноты сгорания q4=6,0 %.

Температура холодного воздуха tхв=25 °С.

Энтальпия теоретического объема холодного воздуха, необходимого для полного сгорания 1 кг топлива:



Составление теплового баланса производим отдельно для двух вариантов конструкции.

С экономайзером

Потери теплоты с уходящими газами



Из таблицы 8.2 для выбранного в результате расчета тепловой схемы котельной котлоагрегата ДКВР-20-13 имеем: q5c=1,3 %.



Из расчета тепловой схемы имеем:

Dка=5,56 кг/с i1x=2707,5 кДж/кг;

i`2=436,2 кДж/кг; i`1=816,3 кДж/кг; dпр=3,7 %.

Расход топлива, подаваемого в топку:



Расход полностью сгоревшего в топке топлива:



Без экономайзера

Потери теплоты с уходящими газами



Из таблицы 8.2 q5б=0,5 %



Расход топлива, подаваемого в топку в данном варианте, изменится только за счет изменения ηбрБКА, поэтому



Расчетный расход топлива



**9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОГО РАСХОДА ТОПЛИВА**

**В ОДНОМ КОТЕЛЬНОМ АГРЕГАТЕ**

Общие положения.

Для сравнения экономичности котлоагрегатов различной компоновки необходимо определить годовой расход топлива в одном котельном агрегате при номинальной нагрузке. Учитывая, что график расхода теплоты (пара) для упрощения не задан, можно принять:



где Dгод – годовой расход пара, вырабатываемый одним котельным агрегатом; 6600 – условное число часов работы в течение года одного котельного агрегата при номинальной нагрузке.

Приращение энтальпии рабочего тела в котлоагрегате не зависит от установки экономайзера и его площади.



Годовой расход теплоты



Годовой расход топлива:



В общем случае применение экономайзера приводит к увеличению и, следовательно, снижению затрат топлива. Годовая экономия может быть условно определена при сравнении годового расхода топлива варианта без экономайзера и варианта с экономайзером.



Пример расчета.

Годовой расход пара, вырабатываемого одним котельным агрегатом (Dка =5,56 г/с):



Приращение энтальпии рабочего тела в котлоагрегате



Годовой расход теплоты:



Годовой расход топлива для двух вариантов:



**10 ТЕПЛОВОЙ И КОНСТРУКЦИОННЫЙ РАСЧЕТ**

**ЭКОНОМАЙЗЕРА**

Основные положения теплового расчета.

Водяной экономайзер представляет собой поверхностный теплообменник и служит для подогрева питательной воды перед подачей ее в барабан котла за счет теплоты уходящих газов. При этом снижаются потери теплоты с уходящими газами, но в то же время несколько увеличиваются потери теплоты в окружающую среду и подсосы воздуха в газоходе. Присосы воздуха в газоходе не только снижают ηбрБКА, но и вызывают значительное повышение расхода электроэнергии на собственные нужды (привод дымососа).

Исходными данными для расчета водяного экономайзера являются:

1. Температура воды перед экономайзером tпв1, °C.
2. Температура газов перед экономайзером tух1, °C.
3. Температура газов после экономайзера tух2, °C.

Расчетом определяется:

1. Температура воды на выходе экономайзера tпв2, °C.
2. Поверхность нагрева экономайзера Hэ, м2.

Тепловосприятие экономайзера определяется из уравнения теплового баланса:

(10.1)



где φ – коэффициент сохранения тепла.



Затем определяется энтальпия воды, выходящей из экономайзера, по формуле:

(10.2)



Температура воды после экономайзера определяется по соответствующей энтальпии воды iпв2.

Если энтальпия воды после водяного экономайзера меньше энтальпии воды при температуре кипения, то водяной экономайзер получается некипящим.

Если энтальпия воды после экономайзера больше энтальпии воды при температуре кипения, то водяной экономайзер получается кипящим. В этом случае применяются стальные змеевиковые экономайзеры.

После этого производится определение поверхности нагрева водяного экономайзера по формуле:

(10.3)



где Кэ – коэффициент теплопередачи в экономайзере, кВт/м2∙К; Δtэ – температурный напор, °С.

В чугунных ребристых экономайзерах скорость продуктов сгорания обычно составляет 6-8 м/с. Значение коэффициентов теплопередачи при этих скоростях составляет 0,0155 – 0,0215 кВт/м2∙К (см. задание).

Температурный напор в экономайзере определяется из выражения:

°С, (10.4)



где Δtб – разность температур теплообменивающихся сред на том конце поверхности нагрева, где она наибольшая, °С; Δtн – разность температур теплообменивающихся сред на том конце поверхности нагрева, где она наименьшая, °С.

При любых значениях температуры наибольший возможный температурный напор Δtэ достигается при использовании противоточной схемы и наименьший при прямотоке (при прочих равных условиях), в связи с чем рекомендуется применение противоточной схемы.

Если степень паросодержания х >0, но не более 30 %, то температурный напор для экономайзеров рассчитывается по формуле (10.4), но вместо температуры воды на выходе из экономайзера в эту формулу подставляется условная температура воды.

°С, (10.5)



где - количество тепла, затраченное в водяном экономайзере на парообразование, кДж/кг.



Паросодержание воды на выходе из экономайзера определяют по формуле:

(10.6)



После определения Hэ подбирают тип экономайзера или рассчитывают.

**Конструктивные характеристики экономайзера и его расчет.**

В парогенераторах малой и средней мощности применяют экономайзеры двух типов: чугунные ребристые и стальные гладкотрубные.

Чугунные ребристые экономайзеры собирают из стандартных ребристых труб длиной 1,5; 2,5; 3 м. При выборе длины и количества труб в горизонтальном ряду учитывают компоновку экономайзера в газоходе, а также скорость движения газов, которая должна находиться в пределах от 6 до 12 м/с. Общее количество труб определяется отношением расчетной поверхности нагрева экономайзера H к площади поверхности нагрева одной трубы с газовой стороны.

Стальные гладкотрубные экономайзеры выполняют в виде горизонтальных змеевиков из бесшовных труб с наружным диаметром 28, 32, 38 мм и толщиной стенки 3-3,5 мм.

Основные величины, которыми следует руководствоваться при разработке конструкций стальных экономайзеров следующие:

Наружный диаметр труб dнар, мм 28, 30, 32, 38.

Расположение труб в пучке шахматное.

Скорость дымовых газов при

номинальной производительности wг, м/с 6-12 (оптимальная 8-10).

Скорость воды в трубах wв, м/с:

экономайзеров кипящего типа 0,4;

экономайзеров не кипящего типа 0,8.

Относительный шаг труб:

поперек хода газов s1/d 2-3 (оптимальный 2,3 -2,5)

по ходу газов s2/d 1-1,5.

Радиус изгиба труб, м (1-1,5)dнар.

Радиус пакета труб, м 0,9 - 1,2.

Методика определения основных конструкционных характеристик стального гладкотрубного экономайзера следующая. Предварительно выбрав размеры горизонтального сечения экономайзера, увязывают их с размерами сечения газохода парогенератора. Ширина газохода конвективного для всех парогенераторов КЕ–2,5 -1690 мм; КЕ–4 – 1805 мм; КЕ–6,5 – 2080 мм; КЕ–10 – 2100 мм. Приняв с учетом вышеприведенных рекомендаций относительные шаги труб поперек движения газов s1, и по ходу движении s2, производят расстановку труб экономайзера (рисунок 10.1).

Согласно выбранным размерам определяют площадь сечения для прохода газов

(10.7)



где Z1 – количество труб в горизонтальном ряду, шт.



Рисунок 10.1 – **Расположение труб экономайзера**

Скорость дымовых газов находят по отношению объемного секундного расхода газов Vc к площади живого сечения газохода F.

, (10.8)



. (10.9)



Если скорость газов выходит за допустимые пределы, то производят соответствующую корректировку размеров живого сечения газохода экономайзера.

Скорость движения в трубах рассчитывают по формуле:

(10.10)



где *Dк –* количество воды проходящей через экономайзер котлоагрегата, кг/с;

*νв –* удельный объём воды, м3/кг; *dвн –* внутренний диаметр трубы, мм; *Z0 –* общее количество параллельно включённых труб по воде, шт.

При шахматном расположении труб в пучке Z0=2Z1.

Если скорость движения воды в трубах пучка будет меньше рекомендуемых значений, необходимо изменить расстановку труб в пучке. Увеличение скорости воды в трубах достигается уменьшением общего количества параллельно включённых труб Z0 или уменьшением диаметра dвн. В ряде случаев уменьшение количества змеевиков ведёт к чрезмерному увеличению экономайзера по высоте. Иногда для повышения скорости воды в трубах более целесообразно использовать одну из схем (а или б) двухходового экономайзера (рис. 10.2).



Рисунок 10.2 **– Схема двухступенчатого экономайзера**

Количество петель в одном змеевике рассчитывают по формуле:

(10.11)



где *Hэ* – расчетная площадь поверхности экономайзера, м2; *l* – длина одной петли, м; dнар – наружный диаметр трубы, мм; Z – количество змеевиков, установленных в газоходе, шт.

При одноходовом (по воде) экономайзере Z=Z0 , при двухходовом Z=2Z0.

Расчетная высота экономайзера равна

(10.12)



Если расчетная высота будет больше 1,5 м, то экономайзер делят на отдельные пакеты высотой 0,8 – 1,2 м с разрывом для ремонта и обслуживания экономайзера.

Пример расчета

Исходные данные:

tпв1 = 175 ˚C; tух1 = 295 ˚С; tух2 = 295 ˚С; Iгс=2557,4 кДж/кг;

Iгб=4089,0 кДж/кг; ηкабрс =83,3; q5c=1,3 %.

Коэффициент сохранения тепла



Тепловосприятие экономайзера



Энтальпия питательной воды на выходе из экономайзера



В курсовой работе допускается условно определять температуру воды на выходе из экономайзера по ее энтальпии через теплоемкость (Св=4,19 кДж/кг∙˚С)

Имеем:

˚С;



˚С;



˚С.



Температурный напор:

˚С.



Поверхность экономайзера (Кэ = 0,02 кВт/м2∙К):



### **11 РАСЧЕТ И ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ**

К вспомогательному оборудованию относят конденсатные и питательные баки, конденсатные и питательные насосы, оборудование водоподготовки. Они обеспечивают бесперебойное снабжение котельных агрегатов водой.

Для паровых котлов низкого давления (избыточное давление пара до 68,7 кПа) применяются *питательные баки*, одновременно выполняющие и функции конденсатных баков. В них поступает конденсат, возвращаемый от потребителей, и питательная вода, восполняющая потери. Обычно устанавливают два бака или один, разгороженный пополам.

Вместимость питательных баков, м3, из расчета часового запаса воды определяют по формуле

 (11.1)

где *Mпв* – расход питательной воды при расчетной нагрузке котельной, кг/с. Принимают из выражения (2.48).

В качестве питательных насосов устанавливают два центробежных насоса с электроприводом (рабочий и резервный). Подача каждого насоса должна быть не менее 110 % суммарной максимальной паропроизводительности всех котлов. Если производительность всех паровых котлов не выше 500 кг/ч, то резервным питательным насосом может служить ручной насос.

Напор, кПа, создаваемый питательным насосом, ориентировочно может быть подсчитан по формуле

 (11.2)

где *Pк* – избыточное давление в котле, кПа.

Для паровых котлов с избыточным давлением пара свыше 68,7 кПа  устанавливают конденсатные и питательные баки. Конденсат насосами перекачивают из конденсатных в питательные баки, расположенные на высоте 3...5 м от пола. В эти баки подается также химочищенная вода для восполнения потерь конденсата. Роль питательного бака может выполнять резервуар термического деаэратора, объем которого должен быть равен 2/3 *Vп.б*. Вместимость конденсатных баков, м3, подсчитывают по формуле

 (11.3)

где *p* – доля возвращаемого конденсата (принимают *p* = 0,7).

Подача конденсатного насоса, м3/ч, должна быть равна часовому объему конденсата *Vк.б*, а напор, создаваемый насосом, с учетом потерь давления в конденсатопроводе и высоты подъема конденсата до места ввода его в головку деаэратора принимают равным 150...200 кПа. Из питательных баков вода подается в котлы.

Для питания котлов устанавливают не менее двух питательных насосов с независимым друг от друга приводами. Насос с электрическим приводом – рабочий, паровой насос – резервный, так как на его привод расходуется большое количество пара (3...5 % всего вырабатываемого пара).

Подачу и напор питательных насосов подсчитывают по тем же нормам, что и для котельных низкого давления. Отличие лишь в том, что подача парового насоса должна составлять не менее 50 % номинальной паропроизводительности действующих котлов.

Для принудительной циркуляции воды в тепловых сетях в отопительно-производственной котельной устанавливают два сетевых насоса с электроприводом (один резервный). Подача сетевого насоса, м3/ч, равна часовому расходу сетевой воды в подающей магистрали *Gп*, рассчитанному по выражению (2.30). Напор, развиваемый сетевым насосом, зависит от общего сопротивления тепловой сети. Ориентировочно принимают *Pс.н* = 200...400 кПа.

Подпиточные насосы компенсируют разбор воды из открытых тепловых сетей на горячее водоснабжение и технологические нужды, а также восполняет утечки воды. Подачу подпиточного насоса, м3/ч, принимают равным *Gпп* (2.32). Напор, развиваемый подпиточными насосами – *Pпп* = 200...600 кПа.

В котельной должно быть не менее двух подпиточных насосов, из которых один резервный. Устанавливают их перед сетевыми насосами, подавая в систему химически очищенную воду из деаэраторов или баков-аккумуляторов подпиточной воды.

Для питания паровых котлов применяют центробежно-вихревые, многоступенчатые секционные и паровые поршневые насосы. В качестве сетевых и подпиточных используют центробежные насосы.

Выбирают насосы по справочным табл. В.13-В.14 по расчетным значениям подачи и напора.

Мощность, кВт, потребляемая центробежным насосом с электроприводом, определяется по формуле

 (11.4)

где *Gн* – подача насоса, м3/ч; *Pн* – напор, создаваемый насосом, кПа; *ηн* – КПД насоса.

Электродвигатель для насосов подбирают по каталогу (табл. Б.3).

##### **Расчет водоподготовки.**

Необходимость подготовки питательной воды обусловлена наличием в природной воде различных примесей. Растворенные в воде соли кальция и магния определяют жесткость воды. При кипении эти соли образуют на стенках котлов плотный осадок – накипь, ухудшающий теплопередачу от котельных газов к воде.

Величину жесткости измеряют в миллиграм-эквивалентах на 1 кг воды (мг⋅экв/кг), что соответствует 28 мг окиси кальция или 21 мг окиси магния.

В зависимости от величины жесткости воду считают: мягкой, с жесткостью до 4 мг⋅экв/кг, средней жесткости – 4…7 мг⋅экв/кг, жесткой – более 7 мг⋅экв/кг.

С целью умягчения воды в производственно-отопительных котельных получила распространение докотловая обработка воды в натрий-катионитовых фильтрах. Объем катионита, м3, требующийся для фильтров, находят по формуле

 (11.5)

где *Gvp* – расчетный расход исходной воды, м3/ч; *τ* – период между регенерациями катионита (принимают равным 8...24 ч); *Hо* – общая жесткость исходной воды, г⋅экв/м3; *E* – обменная способность катионита, г⋅экв/м3, (для сульфоугля *E* = 280...350 г⋅экв/м3).

Расчетный расход исходной воды

 (11.6)

где 4,5 – расход воды на регенерацию 1 м3 катионита, м3; *Gvи*– расход исходной воды, м3/ч.

Для водогрейной котельной *Gvи* равен количеству, воды подаваемой подпиточным насосом *Gvи*=*Gпп*, для паровой котельной

 (11.7)

где *Mпв* - расход питательной воды, кг/с, определяемый из формулы (2.48); *p* - доля конденсата в общем количестве питательной воды.

Расчетная площадь поперечного сечения фильтра

 (11.8)

где *h* – высота загрузки катионита в фильтре, равная 2...3 м; *n* – число рабочих фильтров (1...3).

По табл.11.1 подбирают фильтры с площадью поперечного сечения *F*, близкой к расчетной *Fр* (с запасом в сторону увеличения). Дополнительно к выбранному количеству фильтров устанавливают один резервный.

###### Таблица 11.1 – Расчетные показатели катионитовых фильтров и солерастворителей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Катионитовые фильтры** | | | **Солерастворители** | | |
| **Диаметр, мм** | **Высота слоя катионита, м** | **Площадь**  **поперечного**  **сечения, м2** | **Диаметр, мм** | **Высота слоя**  **кварца, м** | **Полезный объем для соли, м3** |
| 450  700  1000  1500  2000 | 2,0  2,0  2,0  2,0  2,5 | 0,17  0,39  0,76  1,72  3,10 | -  -  450  600  1000 | -  -  0,5  0,5  0,5 | -  -  0,2  0,4  0,9 |

Определяют фактический межрегенерационный период *τ,* ч, и число регенераций каждого фильтра в сутки *nр*

 (11.9)

 (11.10)

где *F* – площадь поперечного сечения выбранного фильтра, м2; 1,5 – продолжительность процесса регенерации, ч.

Число регенераций в сутки по всем фильтрам

 (11.11)

Для регенерации натрий-катионовых фильтров используют раствор поваренной соли NaCl (6...8%). Расход соли, кг, на одну регенерацию фильтра определяют по формуле

 (11.12)

где *a* – удельный расход поваренной соли, равный 200 г/(г⋅экв).

Суточный расход соли по всем фильтрам

 (11.13)

В крупных котельных поваренная соль хранится в железобетонных резервуарах в виде крепкого раствора (26%), который насосом подается в фильтр раствора соли, а затем в бак для разбавления водой до требуемой концентрации.

В котельных малой мощности, если месячный расход соли менее 3 т, ее хранят в сухом виде, а для получения необходимого раствора используют солерастворители.

Стандартные солерастворители подбирают следующим образом. Определяют объем соли, м3, на одну регенерацию

. (11.14)

Тогда при высоте загрузки соли h = 0,6 м диаметр солерастворителя, м

 (11.15)

По табл. 2.1 выбирают солерастворитель, диаметр которого близок к расчетному.

В природной воде присутствуют растворенные газы – углекислота и кислород, приводящие к коррозии трубопроводов. Для уменьшения содержания газов применяют дегазацию (деаэрацию) питательной воды.

В паровых котельных применяют деаэраторы атмосферного типа. В них греющий пар под давлением близким к атмосферному (0,11...0,12 МПа), нагревает обрабатываемую воду до кипения (102...104 оС). Выделяемые из воды газы вместе с остатками несконденсировавшегося пара (выпар) выходят из деаэрационной колонки, а деаэрированная вода собирается в баке установки. В водогрейных котельных используют деаэраторы, работающие под вакуумом (0,02...0,03 МПа), соответствующим температуре кипения воды 60...70 оС. Подбирают деаэраторы по их производительности (табл. В.16).

## **12 КОМПОНОВКА КОТЕЛЬНОЙ**

Компоновка предусматривает правильное размещение котельных агрегатов и вспомогательного оборудования в помещении котельной.

В зависимости от климатической зоны котельные строят закрытыми (*tн* < -30  оС), полуоткрытыми (*tн* = -20…-30 оС) и открытыми (*tн* > -20 оС). В закрытых котельных все оборудование размещают внутри здания; в полуоткрытых часть оборудования, не требующего постоянного наблюдения, выносят из здания; в открытых защищают только фронт котлов, насосы и щиты управления.

Оборудование котельной компонуют таким образом, чтобы здание ее можно было построить из унифицированных сборных конструкций. Одна торцевая стена должна быть свободной на случай расширения котельной. В котельных площадью более 200 м2 предусматриваются два выхода, находящихся в противоположных сторонах помещения, с дверьми, открывающимися наружу. Одна из дверей по размерам должна обеспечивать возможность переноса оборудования котельной (хотя бы в разобранном виде). При размещении оборудования необходимо соблюдать следующие требования.

Расстояние от фронта котлов до противоположной стены должно быть не менее 3 м, при механизированных топках не менее 2 м. Для котлов, работающих на газе или мазуте, минимальное расстояние от стены до горелочных устройств 1 м. Перед фронтом котлов допускается устанавливать дутьевые вентиляторы, насосы и тепловые щиты. При этом ширина свободного прохода вдоль фронта принимается не менее 1,5 м. Проходы между котлами, котлами и стенами котельной оставляют равным не менее 1 м, а между котлами с боковой обдувкой газоходов – 1,5 м. Чугунные котлы с целью сокращения длины котельной устанавливают попарно в общей обмуровке. Просвет между верхней отметкой котлов и нижними частями конструкций покрытия здания должен быть не менее 2 м.

Примеры компоновок котельных даны в [1,4,5,].

Приложение А

Таблица А.1 – **Термодинамические свойства воды и водяного пара (аргумент – давление) (выписка из таблиц 1-31; 1-32)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| I, кДж/кг | i``, кДж/кг | i`, кДж/кг | t, ˚С | P, Па |
| 2265,0 | 2673,5 | 411,49 | 98,2 | 9,50· 104 |
| 2253,2 | 2675,7 | 417,51 | 99,63 | 1,00 ·105 |
| 2251,2 | 2680,0 | 428,84 | 102,32 | 1,10 ·105 |
| 2244,4 | 2683,8 | 439,36 | 104,81 | 1,20 ·105 |
| 2238,2 | 2687,4 | 449,19 | 107,13 | 1,30 ·105 |
| 1978,1 | 2784,8 | 806,7 | 189,81 | 1,25 ·106 |
| 1971,3 | 2786,0 | 814,7 | 191,60 | 1,30 ·106 |
| 1964,8 | 2787,3 | 822,5 | 193,35 | 1,35 ·106 |
| 1958,3 | 2788,4 | 830,1 | 195,04 | 1,40 ·106 |
| 1951,9 | 2789,4 | 837,5 | 196,68 | 1,45 ·106 |

Таблица А.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта (последняя цифра шифра) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Температура продуктов горения перед  экономайзером %, t | 315 | 290 | 295 | 305 | 280 | 330 | 320 | 325 | 310 | 310 |
| Потери воды с непре­рывной продувкой, dпр | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,4 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 |
| Потери пара в котельной %, dут | 1,5 | 2,0 | 2,4 | 3,1 | 3,7 | 4,2 | 5,0 | 5,5 | 6,1 | 6,7 |
| Сухость пара выходящего из расширителя  непрерывной продувки, X2 | 0,96 | 0,97 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,98 | 0,99 | 0,96 |
| Сухость пара в барабане котла, X1 | 0,99 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,97 | 0,98 |
| Давление пара после РОУ P2 ,МПа | 0,111 | 0,114 | 0,112 | 0,118 | 0,115 | 0,116 | 0,113 | 0,119 | 0,121 | 0,122 |
| Температура сырой воды ,tсв , оС | 5 | 7 | 10 | 8 | 6 | 9 | 4 | 7 | 8 | 11 |
| Давление пара в барабане котла, P1 МПа | 1,32 | 1,36 | 1,33 | 1,37 | 1,29 | 1,34 | 1,38 | 1,39 | 1,41 | 1,42 |
| Расход пара на технологические нужды Dт, кг/с | 14,82 | 13,31 | 12,23 | 11,15 | 10,06 | 8,32 | 6,98 | 5,65 | 3,30 | 1,42 |
| Коэффициент теплопередачи в экономайзере  Кэ, кВт/м2∙К | 0,0215 | 0,0210 | 0,0205 | 0,0150 | 0,0200 | 0,0190 | 0,0180 | 0,0175 | 0,0155 | 0,0185 |
| Коэффициент избытка воздуха перед  экономайзером , αт | 1,60 | 1,50 | 1,55 | 1,25 | 1,25 | 1,60 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,55 |
| Величина присоса воздуха в газоходе  экономайзера, ∆αэ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Топливо | Мазут 100 | Каменный уголь | Бурый уголь | Мазут 40 | Мазут 100 | Антрацит | Бурый уголь | Мазут 40 | Мазут 100 | Антрацит |
| Температура продуктов горения за экономайзером %, tух2 | 160 | 150 | 170 | 180 | 150 | 165 | 160 | 165 | 170 | 155 |





















# Приложение Б

# Таблица Б.1 **– Расчетные климатические данные отопительного периода**

| **Город** | | **Расчетные**  **температуры,**  **оС** | | | | ***υ,***  **м/с** | ***nот,***  **сут** | | | | | ***Р,***  **кПа** | | | | **Число часов отопительного периода со среднесуточной**  **температурой наружного воздуха, *оС*,**  **равной и ниже данной** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***tн*** | | ***tн.в*** | |  | |  | | | | **-30** | | | **-25** | | | **-20** | | | | **-15** | | | | | **-10** | | | | **-5** | | | | **0** | | | | **+8** | | | |
| Архангельск | | -32 | | -19 | | 5,9 | 251 | | | | 99,9 | | | | 48 | | | 150 | | | 380 | | | | 820 | | | | | 1580 | | | | 2670 | | | | 4300 | | | | 6024 | | | |
| Волгоград | | -22 | | -13 | | 8,5 | 182 | | | | 99,3 | | | | 1 | | | 13 | | | 126 | | | | 420 | | | | | 930 | | | | 1650 | | | | 3100 | | | | 4368 | | | |
| Глазов | | -32 | | -19 | | 4,9 | 230 | | | | 99,3 | | | | 64 | | | 213 | | | 499 | | | | 1074 | | | | | 1974 | | | | 3011 | | | | 4091 | | | | 5519 | | | |
| Горький | | -30 | | -17 | | 5,1 | 218 | | | | 99,3 | | | | 25 | | | 99 | | | 281 | | | | 685 | | | | | 1350 | | | | 2320 | | | | 3820 | | | | 5230 | | | |
| Дебессы | | -32 | | -20 | | 4,6 | 229 | | | | 99,3 | | | | 64 | | | 210 | | | 527 | | | | 1103 | | | | | 1928 | | | | 2977 | | | | 4045 | | | | 5496 | | | |
| Екатеринбург | | -32 | | -21 | | 5,0 | 233 | | | | 99,3 | | | | 54 | | | 198 | | | 491 | | | | 1070 | | | | | 1982 | | | | 3020 | | | | 4080 | | | | 5592 | | | |
| Ижевск | | -32 | | -18 | | 4,8 | 223 | | | | 99,3 | | | | 58 | | | 204 | | | 473 | | | | 1027 | | | | | 1891 | | | | 2899 | | | | 3907 | | | | 5350 | | | |
| Казань | | -29 | | -18 | | 5,7 | 217 | | | | 99,3 | | | | 39 | | | 159 | | | 447 | | | | 994 | | | | | 1789 | | | | 2756 | | | | 3728 | | | | 5206 | | | |
| Киев | | -21 | | -10 | | 4,3 | 187 | | | | 99,3 | | | | 1 | | | 5 | | | 36 | | | | 166 | | | | | 502 | | | | 1128 | | | | 2352 | | | | 4484 | | | |
| Киров | | -31 | | -18 | | 5,3 | 231 | | | | 99,3 | | | | 36 | | | 156 | | | 446 | | | | 998 | | | | | 1912 | | | | 2964 | | | | 4068 | | | | 5544 | | | |
| Минск | | -25 | | -10 | | 5,4 | 203 | | | | 99,3 | | | | 4 | | | 19 | | | 71 | | | | 232 | | | | | 635 | | | | 1344 | | | | 2745 | | | | 4860 | | | |
| Можга | | -32 | | -19 | | 5,0 | 221 | | | 99,3 | | | | 58 | | | 201 | | | 461 | | | | 1013 | | | | | 1853 | | | | 2861 | | | | 3869 | | | | 5301 | | | |
| Москва | | -25 | | -14 | | | | 4,9 | | | | 205 | | 99,3 | | | 15 | | | | | 47 | | | | 172 | 418 | | | | 905 | | | | 1734 | | | | 3033 | | | | 4010 | | | |
| Новосибирск | | -39 | | -24 | | | | 5,7 | | | | 227 | | 99,3 | | | 205 | | | | | 488 | | | | 910 | 1550 | | | | 2430 | | | | 3290 | | | | 4270 | | | | 5450 | | | |
| Санкт-Петербург | | -25 | | -11 | | | | 4,2 | | | | 219 | | 101,3 | | | - | | | | | 21 | | | | 83 | 273 | | | | 708 | | | | 1533 | | | | 2878 | | | | 5240 | | | |
| Сарапул | | -32 | | -19 | | | | 5,0 | | | | 219 | | 99,3 | | | 58 | | | | | 202 | | | | 492 | 1044 | | | | 1860 | | | | 2827 | | | | 3811 | | | | 5255 | | | |
| Саратов | | -25 | | -16 | | | | 6,0 | | | | 198 | | 99,3 | | | 2 | | | | | 38 | | | | 232 | 665 | | | | 1320 | | | | 2200 | | | | 2570 | | | | 4780 | | | |
| Ставрополь | | -18 | | -7 | | | | 7,4 | | | | 169 | | 99,3 | | | - | | | | | 5 | | | | 18 | 85 | | | | 332 | | | | 1038 | | | | 2361 | | | | 4056 | | | |
| Уфа | | -31 | | -19 | | | | 5,6 | | | | 218 | | 99,3 | | | 38 | | | | | 159 | | | | 438 | 985 | | | | 1782 | | | | 2768 | | | | 3892 | | | | 5236 | | | |
| Харьков | | -23 | | -11 | | | | 5,0 | | | | 189 | | 99,3 | | | 1 | | | | | 10 | | | | 55 | 254 | | | | 656 | | | | 1420 | | | | 3060 | | | | 4550 | | | |
| Челябинск | | -29 | | -20 | | | | 4,5 | | | | 216 | | 99,3 | | | 39 | | | | | 166 | | | | 520 | 1110 | | | | 1950 | | | | 2980 | | | | 3920 | | | | 5180 | | | |

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: *tн*  - расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки); *tн.в* - расчетная зимняя вентиляционная температура (средняя температура наиболее холодного периода); υ - средняя скорость ветра за январь; *nот*продолжительность отопительного периода.

## Таблица Б.2 – **Параметры микроклимата животноводческих и птицеводческих помещений**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Помещения** | **внутренняя**  **температура**  ***tв*, оС** | **максимальная**  **относительная**  **влажность *ϕ*, %** | **допустимое**  **содержание**  **CO2, л/м3** | | **допустимое**  **содержание**  **NH3, мг/м3** | | **допустимое**  **содержание**  **H2S, мг/м3** | |
| Коровники, здания для молодняка молочных пород при беспривязном содержании на глубокой подстилке | 3 | 85 | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Коровники, здания для молодняка больше года и скота на откорме, помещения для быков при привязном и боксовом, а также групповом беспривязном содержании на решетчатых полах | 10 | 75 | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Здания для молодняка от 4 до 12 месяцев при групповом беспривязном и боксовом содержании | 12 | 75 | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Телятники для телят от 20 дней до 6 | 15 | 75 | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| месяцев при групповом беспривязном, |  |  |  | |  | |  | |
| боксовом содержании и в индивидуальных клетках |  |  |  | |  | |  | |
| Помещение для отела коров | 15 | 75 | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Профилакторий | 20 | 75 | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Помещение для санитарной обработки | 18 | 75 | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Доильно-молочное отделение скота | 15 | 75 | | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Пункт искусственного осеменения | 18 | 75 | | 2,5 | | 20 | | 15 | |
| Свинарники - помещения для холостых и супоросных маток и хряков | 16 | 75 | | 2,0 | | 20 | | 10 | |
| Тоже для поросят-отъемышей и ремонтного молодняка | 20 | 70 | | 2,0 | | 20 | | 10 | |
| Свинарник-откормочник - помещение для содержания свиней | 18 | 75 | | 2,0 | | 20 | | 10 | |
| Свинарник-маточник - помещение для тяжелосупоросных и подсосных маток | 20 | 70 | | 2,0 | | 20 | | 10 | |
| Куры при содержании на полу и в клетках | 16...18 | 60...70 | | 2,5 | | 15 | | 5 | |
| Индейки | 16 | 60...70 | | 2,5 | | 15 | | 5 | |
| Утки | 14 | 70...80 | | 2,5 | | 15 | | 5 | |
| Гуси | 14 | 70...80 | | 2,5 | | 15 | | 5 | |

Таблица 3 – **Технические данные асинхронных электродвигателей**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Мощность,**  **кВт** | **Синхронная частота вращения, мин -1** | | | |
| **3000** | **1500** | **1000** | **750** |
| 0,06  0,09  0,12  0,18  0,25  0,37  0,55  0,75  1.1  1.5  2,2  3,0  4,0  5,5  7,5  11,0  15,0  18,5  22,0  30,0 | -  4АА50А2УЗ  4АА50В2УЗ  АИР56А2УЗ  АИР56В2УЗ  4АА63А2УЗ  АИР63В2У3  АИР71А2УЗ  АИР71В2УЗ  4АМ80А2УЗ  4АМ80В2УЗ  4АМ90L2У3  АИР100S2УЗ  АИР100L2УЗ  АИР112М2УЗ  АИР132М2УЗ  АИР160S2УЗ  АИР160М2У3  АИР180S2У3  AИР180М2УЗ | 4АА50А4УЗ  4АА50А4У3  АИР56А4УЗ  АИР56В4УЗ  АИР63А4УЗ  АИР63В4УЗ  АИР71А4УЗ  АИР71В4УЗ  4АМ80А4УЗ  4АМ80В4УЗ  4АМ90L4УЗ  АИР100S4УЗ  АИР100L4УЗ  АИР112М4УЗ  АИР132S4УЗ  АИР132М4УЗ  АИР160S4УЗ  АИР160М4УЗ  АИР180S4У3  АИР180M4УЗ | -  -  -  4АА63А6УЗ 4АА63В6УЗ 4А71А6УЗ АИР71В6УЗ 4АМ80A6УЗ 4АМ80В6УЗ АИР90L6УЗ АИР100L6УЗ  АИР112МА6УЗ АИР112MВ6УЗ АИР132S6УЗ АИР132М6УЗ АИР160S6УЗ АИР160М6УЗ АИР180М6УЗ  4АМН180М6У3  5А200L6УЗ | -  -  -  -  4А71В8УЗ 4А80А8УЗ 4А80В8УЭ 4А90LА8УЗ 4А90LB8УЭ 4А100L8УЗ 4А112MА8УЗ  4А112MУЗ АИР132S8УЗ АИР132М8УЗ 5А160S8УЗ 5А160M8УЗ АИР180М8УЗ 5А200М8УЗ  5А200L8У3  5А225М8УЗ |

ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Таблица В.1 – **Удельные тепловые характеристики жилых, общественных и производственных зданий при расчетной наружной температуре -30 оС и их внутренняя расчетная температура**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Здания** | **Объем зданий V, тыс⋅м3** | **Удельные отопительные**  **характеристики, Вт/(м3⋅оС)** | | **Внутренняя расчетная**  **температура, *tв*** |
| **отопительная qОТ** | **вентиляционная qВ** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| Малоэтажные жилые и  общественные здания | <0,3 | 0,87 | не учитывается | 18 |
| 0,5 | 0,76 | >> |
| 0,8 | 0,64 | >> |
| 1,0 | 0,58 | >> |
| Многоэтажные жилые  здания, гостиницы,  общежития | <3 | 0,49 | не учитывается | 18 |
| 5 | 0,44 | >> |
| 10 | 0,38 | >> |
| 15 | 0,36 | >> |
| 20 | 0,34 | >> |
| 25 | 0,32 | >> |
| 30 | 0,31 | >> |
| >30 | 0,30 | >> |
| Бытовые и административно вспомогательные помещения производственных зданий | 0,5-1,0 | 0,70-0,52 | не учитыв. | 18 |
| 1,0-2,0 | 0,52-0,47 | >> |
| Административные здания | <5 | 0,50 | 0,10 | 18 |
| 10 | 0,44 | 0,09 |
| 15 | 0,41 | 0,08 |
| >15 | 0,37 | 0,07 |
| Клубы | <5  10 | 0,43  0,38 | 0,29  0,27 | 16 |
| Кинотеатры | <5  10 | 0,43  0,37 | 0,50  0,45 | 14 |
| Магазины | 10 | 0,38 | 0,09 | 15 |
| Детские сады, ясли | <5 | 0,44 | 0,39 | 20 |
| >5 | 0,39 | 0,12 |
| Школы | <5 | 0,45 | 0,10 | 16 |
| 10 | 0,41 | 0,09 |
| >10 | 0,38 | 0,08 |
| Поликлиники, больницы | <5 | 0,47 | 0,34 | 20 |
| 10 | 0,42 | 0,33 |  |
| Бани | <5 | 0,33 | 1,16 | 25 |
| Прачечные | <5 | 0,44 | 0,93 | 15 |
| Предприятия общественного питания | <5 | 0,41 | 0,81 | 16 |
| 10 | 0,38 | 0,76 |
| >10 | 0,35 | 0,70 |
| Ремонтные мастерские | 5-10 | 0,7-0,6 | 0,23-0,17 | 20 |
| Столярные мастерские | <5 | 0,52 | 0,52 | 16 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| Гаражи | <2 | 0,81 | - | 10 |
| 3 | 0,70 | - |
| 5 | 0,64 | 0,81 |
| >5 | 0,58 | 0,76 |
| Помещения для содержания к.р.с.:  молодняка (телятники)  взрослых животных | <10  <10 | 0,291  0,174 | 1,396  1,047 | 12-15  10 |
| Помещения для содержания свиней:  молодняка  взрослых животных | <5  <5 | 0,407  0,174 | 1,280  1,105 | 20  16-20 |
| Овчарни | <10 | 0,105 | 0,640 | 3-5 |
| Помещения для содержания птицы | <10 | 0,756 | 1,396 | 14-30 |

Таблица 2 – **Нормы расхода горячей воды со средней температурой 55 оС для систем горячего водоснабжения, присоединяемых к закрытым системам теплоснабжения в расчете на одного потребителя**

|  |  |
| --- | --- |
| **Потребитель** | **Норма расхода**  **g, л/сут** |
| **1** | **2** |
| илые дома квартирного типа, оборудованные:  умывальниками, мойками, душами | 85 |
| сидячими ваннами и душами | 90 |
| ваннами длиной от 1500 до 1700 мм и душами | 105 |
| Жилые дома квартирного типа при высоте зданий более 12 этажей |  |
| и повышенных требований к их благоустройству | 115 |
| Общежития с общими душевыми | 60 |
| Общежития с общими душевыми, столовыми и прачечными | 80 |
| Гостиницы, мотели, пансионаты с общими ваннами и душами | 70 |
| Гостиницы с ванными в отдельных номерах:  до 25 % общего числа номеров | 100 |
| до 75 % общего числа номеров | 160 |
| во всех номерах | 200 |
| Гостиница с душами во всех отдельных номерах | 140 |
| Больницы, санатории общего типа, дома отдыха  (с общими ваннами и душами) | 180 |
| Санатории, дома отдыха с ванными при всех жилых комнатах | 200 |
| Поликлиники, амбулатории | 6 |
| Прачечные, на 1 кг сухого белья: немеханизированные | 15 |
| механизированные | 25 |
| Здания и помещения учреждений и управлений предприятий | 7 |
| Учебные заведения, общеобразовательные школы с душевыми  при гимнастических залах | 8 |
| Школы-интернаты | 100 |
| Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей | 30 |
| Детские ясли-сады с круглосуточным пребыванием детей | 35 |

|  |  |
| --- | --- |
| **1** | **2** |
| Предприятия общественного питания, на одно блюдо: |  |
| приготовление пищи, потребляемой в предприятии | 2 |
| приготовление пищи, продаваемой на дом | 1,5 |
| Продовольственные магазины | 100 |
| Парикмахерские | 70 |
| Стадионы, спортивные залы с душевыми | 30 |
| Плавательные бассейны с душевыми | 60 |
| Бани: мытье в мыльной с тазами на скамьях с обмыванием в душе | 120 |
| мытье в мыльной с тазами на скамьях с приемом | 190 |
| оздоровительных процедур |  |
| душевая кабина | 290 |
| ванные кабины | 36 |
| уборка пола помещений мыльных душевых, парильных, на 1 м2 | 3 |
| Обслуживающий персонал общественных зданий | 7 |
| Гаражи при ручной мойке машин, на 1 машину: легковую | 175 |
| грузовую | 250 |
| Цехи с избытками теплоты более 23 Вт/м3 | 24 |
| Остальные цехи | 11 |

Примечания. 1. При температуре воды 60 оС нормы расхода воды принимают с коэффициентом 0,92. 2. Среднюю температуру воды в системах централизованного горячего водоснабжения с непосредственным водоразбором горячей воды из трубопровода тепловой сети следует принимать 65 оС, а нормы расхода воды принимать с коэффициентом 0,85.

Таблица 3 **– Среднесуточная норма потребления горячей воды животными**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Животные** | **Температура воды, 0С** | **Норма потребления воды, кг/сут** |
| Телята | 14-16 | 10 |
| Молодняк КРС | 8-12 | 25 |
| Быки и нетели | 8-12 | 40 |
| Коровы молочные | 8-12 | 65 |
| Хряки-производители | 10-16 | 10 |
| Свиноматки холостые, супоросные | 10-16 | 12 |
| Свиноматки подсосные | 10-16 | 20 |
| Свиньи на откорме | 10-16 | 6 |
| Поросята-отъемыши | 16-20 | 2 |

Таблица 4 **– Количество кормов, кг, подлежащих тепловой обработке в суточном рационе животных и удельный расход теплоносителя**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вид животных** | **Вид корма** | | |
| **Солома** | **Корнеклубнеплоды** | **Концентрированные корма** |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Коровы | 4,0 | - | 2,5 |
| Телята до 6 месяц | 1,5 | 1,0 | 1,1 |
| Молодняк КРС | 2 | - | 2 |
| Свиньи на откорме | - | 6,7 | 1,46 |
| Свиноматки | - | 5,0 | 3,0 |
| Куры | - | 0,07 | - |
| бойлеры | - | 0,06 | - |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Удельный расход, кг/кг:  пара при избыточном давлении 19.6-68,7 кПа  горячей воды при 45 оС | 0,3-0,35\*  2,5 | 0,16-0,18\*\*  0,8-1,5\*\*\* | 0,2-0,25  1,5-2,5 |

Примечания. \*Перед запариванием увлажнить горячей водой 1-1,5 кг/кг;

\*\*Перед запариванием промыть горячей водой (45 оС) 0,8-1,5 кг/кг;

\*\*\*Мытье перед скармливанием.

Таблица 5 – **Удельная теплоемкость кормов**

|  |  |
| --- | --- |
| **Корма** | **Теплоемкость,**  **кДж/(кг⋅оС)** |
| Картофель | 3,52-3,64 |
| Тыква | 3,86 |
| Свекла кормовая | 3,78 |
| Морковь кормовая | 3,69 |
| Зерно | 2,1-2,5 |
| Мука | 1,8-1,88 |
| Солома | 2,30 |
| Пищевые отходы | 1,77 |

Таблица 6 **–Технические данные малометражных чугунных котлов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Котлы** | **Тепловая мощность, кВт** | **Площадь поверхности**  **нагрева, м2** | **Число секций** | **Габаритные размеры, мм** | | | **Масса, кг** |
| **длина** | **ширина** | **высота** |
| КЧМ-1 | 16,3 | 1,39 | 4 | 340 | 450 | 1025 | 181 |
|  | 20,9 | 1,78 | 5 | 425 |  |  | 216 |
|  | 25,6 | 2,11 | 6 | 510 |  |  | 248 |
|  | 31,4 | 2,50 | 7 | 595 |  |  | 284 |
|  | 37,2 | 2,89 | 8 | 680 |  |  | 318 |
|  | 41,9 | 3,28 | 9 | 765 |  |  | 353 |
|  | 46,5 | 3,61 | 10 | 850 |  |  | 386 |
| КЧМ-2 | 19,8 | 1,67 | 4 | 345 | 450 | 1040 | 278 |
|  | 24,4 | 2,11 | 5 | 435 |  |  | 322 |
|  | 29,1 | 2,50 | 6 | 525 |  |  | 365 |
|  | 34,9 | 2,95 | 7 | 615 |  |  | 409 |
|  | 40,7 | 3,39 | 8 | 705 |  |  | 452 |
|  | 46,5 | 3,83 | 9 | 795 |  |  | 497 |
|  | 52,3 | 4,23 | 10 | 885 |  |  | 539 |
| КЧММ -2 | 10,5 | 0,90 | 4 | 590 | 450 | 680 | 150 |
|  | 14 | 1,17 | 5 | 670 |  |  | 172 |
|  | 17,4 | 1,44 | 6 | 750 |  |  | 192 |

Таблица 7 - **Технические данные чугунных секционных котлов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Котлы** | **Площадь поверхности, м2** | **Число секций** | **Тепловая мощность (кВт) при сжигании** | | | | **Габаритные размеры, мм** | | | **КПД, %** |
| **сортированного антрацита** | **рядового антрацита и каменного угля** | **газа** | **жидкого топлива** | **длина** | **ширина** | **высота** |
| Универсал-5 | 15,2 | 14 | 230 | 177 | 213 | 195 | 845 | 2060 | 1910 | 67,4 |
| 19,7 | 18 | 297 | 229 | 276 | 252 | 1095 |  |  |  |
| 24,2 | 22 | 365 | 281 | 368 | 310 | 1345 |  |  |  |
| 28,6 | 26 | 432 | 333 | 400 | 366 | 1595 |  |  |  |
| 33,1 | 30 | 500 | 385 | 463 | 424 | 1845 |  |  |  |
| 37,6 | 34 | 568 | 437 | 526 | 481 | 2095 |  |  |  |
| 42,1 | 38 | 636 | 490 | 589 | 539 | 2345 |  |  |  |
| Универсал-6 | 19,8 | 18 | 322 | 253 | 277 | 253 | 1115 | 1966 | 2030 | 67,0 |
| 24,2 | 22 | 394 | 310 | 339 | 310 | 1365 |  |  |  |
| 28,6 | 26 | 466 | 366 | 400 | 366 | 1615 |  |  |  |
| 33,0 | 30 | 537 | 422 | 462 | 422 | 1865 |  |  |  |
| 37,4 | 34 | 609 | 479 | 524 | 479 | 2115 |  |  |  |
| 41,8 | 38 | 681 | 535 | 585 | 535 | 2365 |  |  |  |
| 46,2 | 42 | 752 | 597 | 647 | 597 | 2615 |  |  |  |
| Энергия-6 | 27,9 | 20 | 487 | 391 | 391 | 357 | 1689 | 2460 | 2390 | 73,0 |
| 40,3 | 28 | 703 | 564 | 564 | 516 | 2217 |  |  |  |
| 52,7 | 36 | 920 | 738 | 738 | 675 | 2745 |  |  |  |
| Тула-3 | 28,1 | 18 | 539 | 484 | 539 | 484 | 1545 | 2300 | 2361 | 67,5 |
| 40,6 | 26 | 779 | 699 | 779 | 699 | 2247 |  |  |  |
| 53,0 | 34 | 1017 | 912 | 1017 | 912 | 2785 |  |  |  |
| Минск-1 | 20,8 | 18 | 541 | 430 | 407 | 407 | 1825 | 2320 | 2760 | 68,0 |
| 30,4 | 26 | 785 | 628 | 582 | 582 | 2360 |  |  |  |
| 40,0 | 34 | 1035 | 826 | 756 | 756 | 2895 |  |  |  |

Примечания. 1. Максимальная температура нагрева воды 115 оС. 2. Для котлов "Тула-3" и "Минск-1", работающих в режиме паровых, тепловая мощность снижается на 4...7 %, для остальных котлов в этом режиме - на 7...9 %; избыточное давление насыщенного пара 68,7 кПа.

Таблица 8 – **Техническая характеристика котлов-парообразователей низкого давления**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **КВ-300 МТ** | **КВ-300 М** | **КТ-500** | **Д-721А** | **КТ-1000** | **КЖ-1000А** | **КЖ-1500** |
| Паропроизводительность, кг/ч | 360 | 400 | 500 | 900 | 1000 | 1000 | 1500 |
| Температура пара, оС | 130 | 125 | 120 | 115 | 120 | 120 | 120 |
| Расход горячей воды, кг/ч | 1000 | 1500 | 2000 | - | - | - | - |
| Температура воды, оС | 65 | 65 | 65 | - | - | - | - |
| Тепловая мощность, кВт | 300 | 300 | 390 | 670 | 730 | 750 | 1200 |
| Время выхода на рабочий режим, мин | 60 | 25 | 10...45 | 9...15 | 10...45 | 9...15 | 9...15 |
| Установленная мощность электродвигателей, кВт | 0,87 | 0,87 | 2,6 | 4,15 | 2,2 | 2,94 | 4,74 |
| КПД, % | 70 | 81 | 75 | 87 | 75 | 92 | 92 |
| Топливо | Твердое | Жидкое | Твердое | Жидкое | Твердое | Жидкое | Жидкое |
| Расход топлива,\* кг/ч | 50 | 31 | 70 | 65 | 140 | 70 | 105 |
| Габаритные размеры, мм: |  |  |  |  |  |  |  |
| длина | 2875 | 3360 | 2250 | 3130 | 2785 | 3230 | 3690 |
| ширина | 1260 | 1260 | 1900 | 1460 | 2250 | 2000 | 2000 |
| высота без дымохода | 1760 | 1760 | 2300 | 2080 | 2140 | 2350 | 2350 |
| Масса, кг | 1550 | 1385 | 1700 | 1835 | 3000 | 2100 | 3000 |

Примечание. \*Расход топлива указан в пересчете на условное.

Таблица В.9 – **Техническая характеристика котлов-парообразователей серии Е**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **МЗК-7Г**  **(Е-1,0-9Г)** | **МЗК-8Г**  **(Е-0,4-9Г)** | **МЗК-7Ж**  **(Е-1,0-9Ж)** | **МЗК-8Ж**  **(Е-0,4-9Ж)** | **Е-1/9-1** | **Е-1/9-1М** | **Е-1/9-1Г** |
| Паропроизводительность, кг/ч | 1,0 | 0,4 | 1,0 | 0,4 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Тепловая мощность, кВт | 692 | 277 | 692 | 277 | 692 | 692 | 692 |
| Общая площадь поверхности нагрева, м2 | 17,1 | 7,40 | 17,1 | 7,40 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |
| Вид топлива | Газ | Газ | Дизельное | Дизельное | Уголь | Мазут | Газ |
| Расход топлива, кг/ч (газ м3/ч) | 100 | 40 | 80 | 32 | 134,5 | 82,6 | 90,1 |
| КПД, % | 86,0 | 86,0 | 84,0 | 84,0 | 72,8 | 80,5 | 86,0 |
| Масса, кг | 2800 | 1645 | 2800 | 1645 | 5148 | 5386 | 5506 |

Примечание. Избыточное давление пара для всех котлов 785 кПа, температура пара 174,5 оС.

Таблица В.10 – **Основные технические данные котлов ДКВР**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Котлы ДКВР** | **Паропроизводительность, т/ч** | **Рабочее давление пара, МПа** | **Тепловая мощность, МВт** | **Температура, оС** | | **Поверхность нагрева, м2** | | | **Габаритные размеры, мм** | | |
| **пара** | **питательной воды** | **общая** | **конвективная** | **радиационная** | **длина** | **ширина** | **высота** |
| ДКВР-2,5-13 | 2,5 | 1,3 | 1,75 | 194 | 80 | 74,5 | 58 | 16,5 | 4120 | 3200 | 4343 |
| ДКВР-4-13 | 4 | 1,3 | 2,91 | 194 | 80 | 120 | 99 | 21 | 5410 | 3200 | 4343 |
| ДКВР-3-13-250 | 4 | 1,3 | 2,91 | 250 | 80 | 109 | 88 | 21 | 5410 | 3200 | 4343 |
| ДКВР-6,5-13 | 6,5 | 1,3 | 4,88 | 194 | 80 | 198 | 171 | 27 | 6526 | 3830 | 4343 |
| ДКВР-6,5-13-250 | 6,5 | 1,3 | 4,88 | 250 | 80 | 178 | 151 | 27 | 6520 | 3830 | 4343 |
| ДКВР-6,5-23-370 | 6,5 | 2,3 | 4,88 | 370 | 100 | 178 | 151 | 27 | 6520 | 3830 | 4343 |
| ДКВР-10-13 | 10 | 1,3 | 7,56 | 194 | 80 | 264 | 227 | 37 | 6860 | 3830 | 6315 |
| ДКВР-10-13-250 | 10 | 1,3 | 7,56 | 250 | 100 | 239 | 202 | - | 6860 | 3830 | 6315 |
| ДКВР-20-13 | 20 | 1,3 | - | 194 | 100 | 360,7 | 301 | 59,7 | - | - | - |
| ДКВР-20-13-250 | 20 | 1,3 | - | 250 | 100 | 358,5 | 285 | 73,5 | - | - | - |

Примечание. Паропроизводительность и тепловая мощность указаны при работе котлов на твердом топливе; для газа и мазута эти данные на 30% выше (для котлов ДКВР-2,5-13 - на 35%).

Таблица В.11 – **Основные технические данные паровых котлов КЕ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | КЕ-2,5-14 | КЕ-4-14 | КЕ-6,5-14 | КЕ-10-14 | КЕ-25-14 |
| Паропроизводительность, т/ч | 2,5 | 4,0 | 6,5 | 10 | 25 |
| Давление пара, МПа | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| Температура пара, оС | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 |
| Температура питательной воды, оС | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Площадь поверхности нагрева, м2 |  |  |  |  |  |
| радиационная | 19,8 | 20,5 | 27,8 | 30,3 | 125,0 |
| конвективная | 66,5 | 94,0 | 148,9 | 213,9 | 407,0 |
| КПД котла, % | 81-83 | 81-83 | 81-83 | 81-83 | 86 |
| Габаритные размеры, мм:  ширина | 4170 | 4170 | 4170 | 4634 | 5950 |
| длина | 5700 | 6900 | 7940 | 8350 | 13572 |
| высота | 5030 | 5190 | 5190 | 5355 | 7600 |

Таблица В.12 – **Плотность воды**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **t, оС** | **ρВ, кг/м3** | **t, оС** | **ρВ, кг/м3** |
| 40 | 992,2 | 100 | 958,3 |
| 60 | 983,2 | 115 | 947,4 |
| 80 | 971,8 | 130 | 934,8 |
| 90 | 965,3 | 150 | 916,9 |

Таблица 13 **– Основные технические данные центробежных и вихревых насосов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Марка**  **насоса** | | **Подача,**  **м3/ч** | **Напор,**  **Мпа** | | **Частота**  **вращения,**  **об/ мин** | **Мощность**  **электродвигателя, кВт** | |
| **1** | | **2** | **3** | | **4** | **5** | |
| Центробежные насосы | | | | | | | |
|  |  | | |  |  |  | |
| ЦВ-4/85 | 14,4 | | | 0,83 | 2900 | 17 | |
| ЦВ-5/105 | 18 | | | 1,03 | 2900 | 21,2 | |
| ЦВ-5/140 | 180 | | | 1,47 | 2900 | 30 | |
| ЦВ-6,3/160 | 22,7 | | | 1,57 | 2900 | 40 | |
| К-8/18 | 8 | | | 0,18 | 2900 | 1,5 | |
| К-20/18 | 20 | | | 0,18 | 2900 | 1,5 | |
| К-20/30 | 20 | | | 0,29 | 2900 | 2,2 | |
| К-45/30 | 45 | | | 0,29 | 2900 | 7,5 | |
| К-45/55 | 45 | | | 0,54 | 2900 | 15,0 | |
| К-90/20 | 90 | | | 0,20 | 2900 | 7,5 | |
| Кс-12-50/2 | 12 | | | 0,49 | 3000 | 5,5 | |
| Кс-12-110/4 | 12 | | | 1,08 | 3000 | 10,0 | |
| Кс-20-50/2 | 20 | | | 0,49 | 3000 | 7,5 | |
| Кс-20-110/4 | 20 | | | 1,08 | 3000 | 17 | |
| Кс-32-50 | 32 | | | 1,47 | 2900 | 22 |
| Кс-50-55 | 50 | | | 0,54 | 1450 | 17 |
| Кс-50-110 | 50 | | | 1,08 | 1450 | 30 |
| Кс-80-155 | 80 | | | 1,52 | 2940 | 75 |
| Кс-125-140 | 125 | | | 1,37 | 1500 | 100 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | | | **3** | **4** | **5** |
| НКу-90 | 90 | | | 0,37 | 1450 | 22 |
| НКу-150 | 150 | | | 0,34 | 1450 | 30 |
| НКу-250 | 250 | | | 0,31 | 1450 | 45 |
|  |  | | |  |  |  |
| Вихревые насосы | | | | | | |
|  | |  |  | |  |  |
| ВК-1/16 | | 1,1-3,7 | 0,10-0,14 | | 1450 | 1,5 |
| ВК-2/26 | | 2,7-8,0 | 0,59-0,20 | | 1450 | 2,2-5,5 |
| ВК-4/24 | | 5,7-15,8 | 0,69-0,20 | | 1450 | 2,2-5,5 |
| ВК-5/24 | | 8,5-18,4 | 0,69-0,20 | | 1450 | 5,5-10 |

Таблица 14 – **Основные технические данные паровых поршневых насосов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | **46-А** | **46ГМ** | **ПНП-1** | **ПНП-3** | **ПНП-15** |
| Подача, м3/ч | 22-53 | 5,5-14 | 10-25 | 5,5-14 | 25 |
| Напор, кПа | 784 | 1960 | 1960 | 1960 | 3720 |
| Давление пара, кПа  начальное | 1274 | 1660 | 1080 | 1080 | 2160 |
| конечное | 343 | 294 | 294 | 294 | 294 |
| Диаметр цилиндра, мм | 175 | 100 | 130 | 100 | 130 |
| Ход поршня, мм | 200 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Габаритные размеры, мм |  |  |  |  |  |
| длина | 830 | 580 | 780 | 620 | 780 |
| ширина | 722 | 550 | 572 | 536 | 572 |
| высота | 1610 | 1335 | 1495 | 1320 | 1495 |
| Масса, кг | 800 | 363 | 735 | 433 | 770 |

Таблица 15 – **Характеристика некоторых видов топлива**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Топливо** | **Низшая теплота сгорания, кДж/кг** | **Влажность, %** | **Зольность, %** |
| Дрова | 10500-14700 | 35-25 | 0,5-0,9 |
| Торф | 9600-11700 | 45-35 | 3-10 |
| Сланцы | 6300-8400 | 10-15 | 65-75 |
| Бурый уголь | 10500-17600 | 40-20 | 15-35 |
| Каменный уголь | 21000-31400 | 12-3 | 8-25 |
| Антрацит | 21000-30600 | 17-5 | 4-20 |
| Мазут | 39800-44000 | 3-1 | 0 |
| Природный газ (кДж/м3) | 34000-35600 | 0 | 0 |

Таблица 16 – **Основные технические данные атмосферных деаэраторов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | ДСА-5 | ДСА-10 | ДСА-15 | ДСА-25 | ДСА-50 | ДСА-75 | ДСА-100 |
| Производительность колонки, т/ч | 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| Давление в деаэраторе, атм | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Давление греющего пара  не менее, атм | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Температура воды, оС | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 |
| Габариты колонки, мм: |  |  |  |  |  |  |  |
| диаметр | 450 | 700 | 700 | 1112 | 1200 | 1200 | 1200 |
| высота | 1100 | 1100 | 1100 | 1530 | 1530 | 1650 | 1855 |
| Полезная емкость бака- |  |  |  |  |  |  |  |
| аккумулятора, м3 | 4,0 | 7,5 | 10 | 15 | 15 | 25/35 | 35/50 |
| Деаэраторный бак, мм: |  |  |  |  |  |  |  |
| диаметр | 1200 | 1600 | 1600 | 2000 | 2000 | 2200 | 2200 |
| длина | 4400 | 4700 | 6154 | 6104 | 6104 | 8204 | 11450 |
| Наружные габариты |  |  |  |  |  |  |  |
| деаэратора, мм: |  |  |  |  |  |  |  |
| длина | 4800 | 5046 | 6504 | 6504 | 6504 | 8550 | 12050 |
| ширина | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 3150 | 3350 |
| высота | 2709 | 3155 | 3155 | 3600 | 3750 | 3960 | 3987 |

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Амерханов Р., Бессараб А., Драганов Б., Рудобашта С., Шишко Г. Теплоэнергетические установки и системы сельского хозяйства. – М.: Колос, 2002.
2. Амерханов Р., Драганов Б. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства. – Краснодар, 2001.
3. Драганов Б., Кузнецов А., Рудобашта С. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. - М.: Агропромиздат, 1990.
4. Захаров А. Практикум по применению теплоты и теплоснабжению в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1995.
5. Захаров А. Применение теплоты в сельском хозяйстве. - М.: Агропромиздат, 1986.
6. Кораблев А. Экономия энергоресурсов в сельском хозяйстве. - М.: Агропромиздат, 1988.
7. Курсовое проектирование по теплотехнике и применению теплоты в сельском хозяйстве./ Под ред. Драганова Б. - М.: Агропромиздат, 1991.
8. Методические рекомендации по рациональному использованию топлива, тепловой и электрической энергии в хозяйствах на предприятиях и в организациях Госагропрома РСФСР. - М.: ЦНТИ, 1988.
9. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота ОНТП-1 – 89. – М.: Госагропром СССР, 1989.
10. Общесоюзные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий ОНТП-2-85.- М.: Госагропром СССР, 1986.
11. Общесоюзные нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий ОНТП-4-79.-М.: МСХ СССР, 1980.
12. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Нормы проектирования.-М.: Госстрой СССР, 1987.
13. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети. Нормы проектирования. – М.: Госстрой СССР, 1987.
14. СНиП 2.10.04-85. Теплицы и парники. Нормы проектирования. – М.: Госстрой СССР, 1985.
15. Строй А. Теплоснабжение сельских населенных пунктов. - М.: Агропромиздат, 1985.
16. Харченко Н. Индивидуальные солнечные установки. - М.: Энергоатомиздат, 1991.