

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Красноярский государственный аграрный университет»
Институт землеустройства, кадастров и природообустройства

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Теплоснабжение сельскохозяйственных предприятий

Методические указания к курсовой работе по дисциплине
«Отопление, вентиляция, кондиционирование»

Красноярск 2018

Содержание

Введение	3
1. Задание на проектирование	4
1.1. Исходные данные	4
1.2. Расчётно-пояснительная записка	4
1.3. Графическая часть	5
2. Расчет тепловых нагрузок и необходимой мощности котельной	5
2.1. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для отопления всех потребителей	5
2.2. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для вентиляции производственных помещений	6
2.3. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для горячего водоснабжения санитарно-бытовых нужд	7
2.4. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для производственно-технологических нужд	8
2.5. Определение тепловой мощности, потребляемой котельной на собственные нужды	9
2.6. Определение тепловой мощности, теряемой в тепловых сетях ..	9
2.7. Определение расчетной тепловой мощности котельной	10
2.8. Определение количества котлов, необходимого для установки в котельной	10
2.9. Определение установленной мощности котельной	10
3. Построение годового графика теплопотребления	11
4. Расчет тепловой схемы котельной	12
4.1. Определение расхода воды в тепловой сети	13
4.2. Расчет тепловой схемы паровой котельной	14
4.3. Расчет тепловой схемы водогрейной котельной	17
4.4. Выбор вспомогательного оборудования котельной	20
5. Безопасность котлов и оборудования котельных	21
6. Техничко-экономические показатели производства тепловой энергии	24
Приложение	27

Введение

Методические указания составлены для студентов направления подготовки бакалавров 20.03.01 «Техносферная безопасность», всех форм обучения, выполняющих курсовую работу по дисциплине Б1.В.08 «Отопление, вентиляция, кондиционирование».

В указаниях излагается методика выполнения расчета систем отопления и вентиляции сельскохозяйственных предприятий.

В процессе выполнения курсового проекта формируются следующие, предусмотренные Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС-3), компетенции:

- способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способностью к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций (ОК-11);

- способностью ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей (ПК-5);

Выполнение курсовой работы способствует приобретению студентом:

- знаний: нормативной базы и основных методов теплового, гидравлического расчета систем отопления и аэродинамического расчета систем вентиляции и кондиционирования.

- умений: выбирать материалы, оборудование и разрабатывать конструктивные решения для систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

- навыков: владения основами современных методов проектирования и расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

При разработке схем систем отопления и вентиляции следует руководствоваться конструктивными особенностями здания: наличие чердака и подвала, а также эстетическими и архитектурными требованиями, предъявляемыми к помещениям.

В процессе работы следует ориентироваться на новые научно-технические достижения в области техники отопления, вентиляции и кондиционирования. При производстве повторяющихся трудоёмких и однотипных расчётов (теплопотерь помещений, отопительных приборов, потерь давления) целесообразно пользоваться компьютерной программой (например Excel).

Цель курсовой работы заключается в ознакомлении студентов с основными методами расчёта и проектирования систем водяного отопления и вентиляции зданий, оформлением чертежей, нормативной и справочной литературой.

В методических указаниях приведены основные требования к составу и оформлению курсовой работы, последовательность её выполнения, основные расчётные формулы, таблицы, ссылки на нормативно-техническую литературу, примеры расчётов и оформление работы.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовая работа по теплоснабжению сельскохозяйственных предприятий состоит из расчётной и графической частей. Расчетная часть оформляется в виде расчётно-пояснительной записки. Графическая часть выполняется на листах формата А1 (годовой график теплопотребления допускается выполнять на миллиметровой бумаге).

Чертежи планов здания (типового этажа, подвала, чердака), аксонометрической схемы системы отопления и системы вентиляции выполняются в масштабе 1:100. На чертеже приводят принципиальную схему теплового пункта. Графическую часть работы следует выполнять согласно требованиям ГОСТ 21.602.

Работа выполняется по индивидуальному заданию.

1.1. Исходные данные

Бланк – задание на выполнение курсовой работы выдаётся, преподавателем кафедры. Район строительства принимается по заданию.

В качестве исходных данных использованы следующие показатели:

- 1) район строительства;
- 2) потребители тепла;
- 3) назначение помещений;
- 4) проектируемая схема системы отопления (вентиляции);
- 5) используемое топливо.

1.2. Расчётно-пояснительная записка

Расчётно-пояснительная записка выполняется на бумаге формата А4 (210x297 мм) на одной стороне листа белой бумаги через полтора интервала и должна соответствовать ГОСТ 2.105-95* «Общие требования к текстовым документам».

Сокращения слов в тексте не допускаются, кроме общепринятых. Формулы должны быть полностью расшифрованы с обозначением буквенных величин и указанием размерностей.

Пояснительная записка должна включать в себя:

- а) титульный лист;
- б) задание на проектирование;
- в) оглавление;
- г) введение;
- д) расчётную часть (расчёт систем отопления и вентиляции);
- е) описание безопасности котлов и оборудования котельной;
- ж) заключение;
- з) список использованной литературы.

Разделы в записке должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами. Подразделы должны иметь номера в пределах каждого раздела. Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и иметь подписи и заголовки.

1.3. Графическая часть

Графическую часть проекта выполняют на листе ватмана формата А1 (841x594 мм). В состав графической части входит:

- 1) Результаты теплового расчета;
- 2) Годовой график теплопотребления;
- 3) Принципиальная схема паровой (или водогрейной) котельной.

2. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК И НЕОБХОДИМОЙ МОЩНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ

При групповом и централизованном теплоснабжении сельскохозяйственных потребителей источником тепла, как правило, служит паровая или водогрейная котельная, расчетная суммарная мощность ее определяется суммой расчетных тепловых мощностей (нагрузок) всех потребителей, которые она обслуживает.

Для изучения методов расчета этих нагрузок, их характера и для получения справочного материала следует изучить специальную литературу по применению тепла в сельском хозяйстве.

При выполнении данного раздела курсовой работы расчет рекомендуется вести методом укрупненных показателей в следующем порядке.

2.1. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для отопления всех потребителей

Расчет необходимо вести по группам потребителей:

- жилые дома;
- общественные здания;
- животноводческие помещения;
- производственные помещения (гараж, мастерские и т. п.).

Результаты расчета необходимо свести в табл. 1.

Расчет тепловой мощности для отопления каждого потребителя производится методом укрупненных показателей по формуле

$$Q_0 = q_0 V_H (t_b - t_H) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где q_0 – удельная отопительная характеристика здания, Вт/м³К. Принимается в зависимости от назначения и размеров помещения (приложение, табл. 5);

V_H – объем отапливаемого здания, m^3 . Задается по условиям проекта или определяется по удельным нормам (приложение, табл. 8);

t_B – нормативная температура внутри помещения. Принимается в зависимости от его назначения (приложение, табл. 6, 7, 8);

t_0 – нормативная температура наружного воздуха, расчетная для отопления. Принимается в зависимости от географического месторасположения (приложение, табл. 9);

α – поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха. Учитывает влияние ветра, влажности и продолжительности, стояния низких температур;

при $t_H = -10^\circ C$ $\alpha = 1,2$; при $t_H = -20^\circ C$ $\alpha = 1,1$;

при $t_H = -30^\circ C$ $\alpha = 1,0$; при $t_H = -40^\circ C$ $\alpha = 0,9$.

Тепловая нагрузка на отопление общественных зданий может составлять 10...15% от нагрузки на отопление жилых домов.

Таблица 1

Расчет тепловой мощности, необходимой для отопления потребителей

Наименование потребителей	Объем здания, V_H, m^3	Удельная отопительная характеристика, $q_0, Вт/(m^3K)$	Номинальная внутренняя температура, $t_{в}, ^\circ C$	Температурный перепад, $t_B - t_H, ^\circ C$	Потребляемая мощность, $Q_0, кВт$
Жилые дома					
Общественные здания					
Животноводческие помещения					
Производственные помещения					

Итого $\sum Q_0 =$

2.2. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для вентиляции производственных помещений

Тепловая мощность для каждого помещения рассчитывается по формуле

$$Q_B = q_B V_H (t_B - t_{HВ}) 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2)$$

где q_B – удельная вентиляционная характеристика зданий, ($Вт/m^3K$). Принимается в зависимости от назначения и размеров здания (приложение, табл. 5);

$t_{HВ}$ – нормативная температура наружного воздуха, расчетная для вентиляции. Принимается в зависимости от географического месторасположения (приложение, табл. 9).

Данные расчета сводятся в табл. 2.

Таблица 2

Расчет тепловой мощности, необходимой для вентиляции производственных помещений

Наименование потребителей	Объем помещения, $V_n, \text{м}^3$	Удельная вентиляционная характеристика, $q_v, \text{Вт}/(\text{м}^3\text{К})$	Номинальная внутренняя температура, $t_{в}, ^\circ\text{С}$	Номинальная наружная температура, $t_{нв}, ^\circ\text{С}$	Температурный перепад, $t_{в} - t_{нв}, ^\circ\text{С}$	Потребляемая мощность для вентиляции, $Q_v, \text{кВт}$

Итого $\sum Q_v =$

2.3. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для горячего водоснабжения санитарно-бытовых нужд

Горячая вода расходуется для бытовых нужд как в жилых помещениях, так и на производственных предприятиях, тепловая мощность рассчитывается исходя из норм потребления горячей воды с температурой $t_{ГВ}=65^\circ\text{С}$, $d = 80... 120$ кг/сутки на человека.

$$Q_{ГВ} = \frac{m d c (t_{ГВ} - t_{ХВ})}{24 \cdot 3600} \cdot \alpha_1, \text{ кВт} \quad (3)$$

где m – число жителей в доме (для расчета принимаем 50м^3 на человека), в поселке, число работающих на предприятии;

$c = 4,19$ кДж/(кг·К) – теплоемкость воды;

$t_{ХВ}$ – температура холодной воды в водопроводе. При расчете на зимний режим принимается равной 5°С ;

α_1 – коэффициент неравномерности расхода горячей воды, для производственных помещений $\alpha_1 = 4...6$, для поселка (в случае применения аккумуляции) $\alpha_1 = 1,2...2$.

Потребление горячей воды клубами, столовыми, больницами и другими общественными зданиями может составлять 10% от потребления жилыми домами.

Данные расчета сводятся в табл. 3.

Таблица 3

Расчет тепловой мощности, необходимой для горячего водоснабжения санитарно-бытовых нужд

Наименование потребителей	Количество жителей или число работающих, m	Норма расхода, кг/(чел.сут.)	Температурный перепад, $t_{ГВ} - t_{ХВ}$, $^{\circ}\text{C}$	Коэффициент неравномерности, α_1	Потребляемая тепловая мощность, $Q_{ГВ}$, кВт

Итого $\sum Q_{ГВ} =$

2.4. Определение расчетной тепловой мощности, необходимой для производственно-технологических нужд

В животноводстве пар используется в целях кормозапаривания, пропаривания фляг и танков, пастеризации молока. На ремонтных предприятиях пар идет на пропаривание топливных баков и картеров, на нагрев моющих растворов. Горячая вода в животноводстве также используется для обработки корма, а кроме того для помывки вымени коровам перед дойкой, для мойки посуды, молокопроводов, кормушек и прочих. В ремонтных предприятиях горячая вода используется для мойки мобильных энергетических средств, сельскохозяйственных машин, узлов и деталей.

В общем случае расход тепла на технологические нужды вычисляется по формуле

$$Q_T = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i d_i h_i}{24 \cdot 3600} \cdot \alpha_2, \text{ кВт} \quad (4)$$

где M_i – суточное количество корма (разного вида) или суточное количество пастеризуемого молока, кг/сутки, или суточное количество объектов (фляг, машин и т.д.), подвергающихся тепловой обработке;

d_i – расход теплоносителя, кг (пара или воды), на один кг обрабатываемого корма или пастеризуемого молока, или на один обрабатываемый объект (флягу, машину, животное). Приближенные нормы расхода корма различного вида и расхода теплоносителя приведены в приложении, табл. 10 и 11;

h_i – энтальпия теплоносителя. Определяется по таблицам в зависимости от давления и температуры.

Для воды допустимо $h = 4,19 \cdot t_{ГВ}^T$, где $t_{ГВ}^T$ – температура горячей воды технологической;

α_2 – коэффициент неравномерности. Зависит от режима работы и характера производства и лежит в пределах 2...4.

Для процессов, осуществляемых с возвратом конденсата, в формулу (4) вместо h_i необходимо подставлять $\Delta h_i = h_{\Pi} - h_K$, где h_{Π} и h_K – энтальпия пара и конденсата.

Расчетные данные тепловой мощности на технологические нужды сводятся в табл. 4.

Таблица 4

Расчетные тепловой мощности, необходимой для производственно-технологических нужд

Технологический процесс	M ₁		Теплоноситель				Расход теплоносителя на 1 кг (шт.) d ₁	Коэффициент неравномерности	Тепловая мощность, кВт	
	суточное количество корма	суточное число объектов требующих	вид (вода, пар)	давление p, МПа	температура t _i	энтальпия, h _i			по пару, Q _T ^П	по воде Q _T ^В

$$\text{Итого } \sum Q_T = \sum Q_T^{\text{П}} + \sum Q_T^{\text{В}}$$

2.5. Определение тепловой мощности, потребляемой котельной на собственные нужды

Котельная потребляет тепло на собственные нужды для подогрева и деаэрации воды, для продувки и обдувки котлов, для отопления вспомогательных помещений. Приблизительно все эти расходы могут быть выражены в долях от полезно отпускаемой тепловой мощности

$$Q_{\text{СН}} = k_{\text{СН}} (\sum Q_0 + \sum Q_{\text{В}} + \sum Q_{\text{ГВ}} + \sum Q_{\text{T}}), \text{ кВт} \quad (5)$$

где $k_{\text{СН}} = 0,03 \dots 0,10$ – коэффициент собственных нужд.

2.6. Определение тепловой мощности, теряемой в тепловых сетях

Тепловые сети должны быть изолированы в целях уменьшения потерь тепла, однако оптимальная изоляция не устраняет потери полностью. Расчет сети позволяет определить действительную величину потерь, здесь же достаточно принять допустимые нормы потерь в долях полезно отпущенного тепла.

$$Q_{\text{П}} = k_{\text{П}} (\sum Q_0 + \sum Q_{\text{В}} + \sum Q_{\text{ГВ}} + \sum Q_{\text{T}}), \text{ кВт} \quad (6)$$

где $k_{\text{П}} = 0,03 \dots 0,08$ – коэффициент потерь тепла в сетях.

2.7. Определение расчетной тепловой мощности котельной

После определения всех нагрузок потребителей, собственных нужд котельной в тепле и потерь в тепловых сетях можно вычислить суммарную расчетную мощность котельной по формуле

$$Q = \sum Q_0 + \sum Q_B + \sum Q_{ГВ} + \sum Q_T + \sum Q_{СН} + \sum Q_{П}, \text{ кВт} \quad (7)$$

2.8. Определение количества котлов, необходимого для установки в котельной

Количество котлов, необходимое для установки определяется делением расчетной мощности котельной на единичную мощность котла и округляется до ближайшего целого

$$n_K = \frac{\sum Q_K^P}{Q_K}, \text{ шт.} \quad (8)$$

где Q_K – единичная паспортная мощность котла, выбранного по каталогам (приложение, табл. 8).

В котельной должно быть не менее 2-х или не более 4-х котлов по условиям эксплуатационной эффективности.

При выборе котлов надо ориентироваться прежде всего на вид теплоносителя. Если для потребителя требуется значительное количество пара, необходимо выбрать паровые котлы, если пар не применяется – следует предпочесть водогрейную котельную; если задана температура сетевой воды $T_{пр} \geq 150^\circ\text{C}$, необходима паровая котельная; если пара отпускается значительно меньше, чем воды при $T_{пр} \leq 150^\circ\text{C}$ возможен вариант комбинированной котельной, например, 3 водогрейных и 1 паровой котел.

При условии, что в каталоге для парового котла не приводится тепловая мощность, а лишь паропроизводительность и параметры пара и воды, тепловая мощность вычисляется по формуле

$$Q_K = D_K(h_{П} - h_{ПВ}), \text{ кВт} \quad (9)$$

где D_K – паропроизводительность котла, кг/с;

$h_{П}$ – энтальпия пара;

$h_{ПВ}$ – энтальпия питательной воды. Определяются по таблицам водяного пара [9] в зависимости от давления и температуры.

2.9. Определение установленной мощности котельной

Установленная тепловая мощность котельной должна быть несколько больше расчетной или равна ей

$$\sum Q_K^Y = \sum n_K Q_K \geq \sum Q_K^P, \text{ кВт} \quad (10)$$

Превышение установленной мощности над расчетной допустимо в пределах 10...20%. Надо помнить, что котлы допускают кратковременную перегрузку только до 20%.

3. ПОСТРОЕНИЕ ГОДОВОГО ГРАФИКА ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ

Годовой график теплотребления служит для определения годового расхода тепла и для режима работы котельной. Его назначение, описание и использование необходимо изучить по дополнительной литературе. Строить годовой график тепло-потребления (рис. 1) рекомендуется на миллиметровой

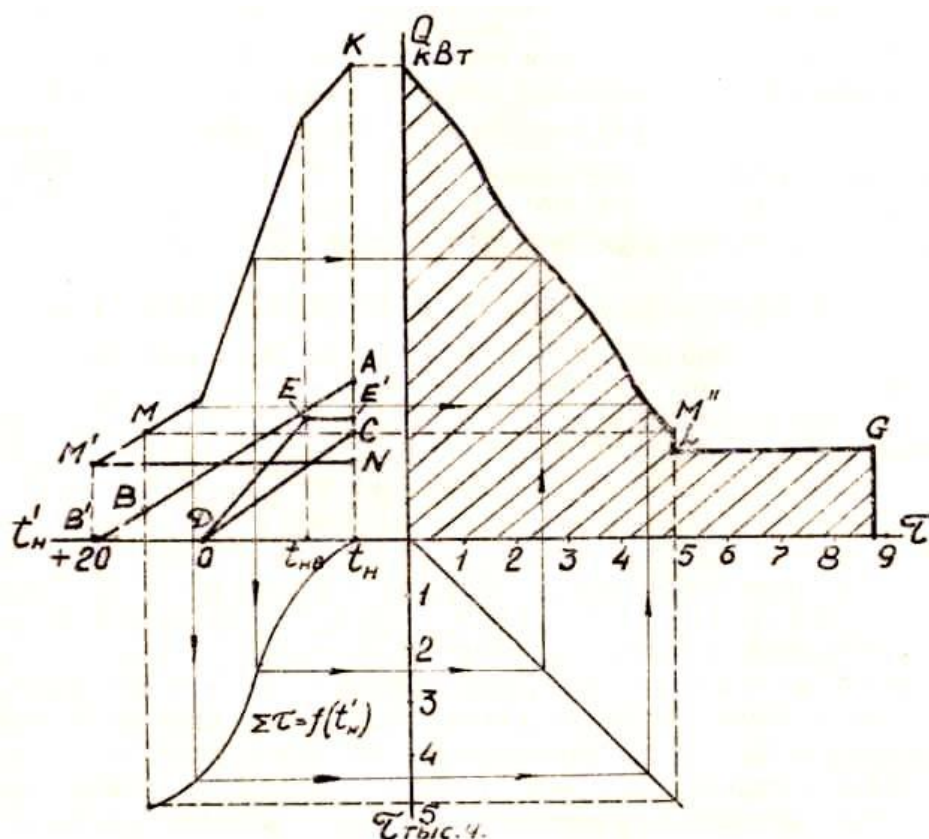


Рис. 1. Годовой график теплотребления

бумаге формата не менее А2. Прежде всего изображаются координатные оси, принимается масштаб времени μ_x , часов/см, и наносится шкала от начала координат до 8760 часов в году по оси абсцисс вправо и по оси ординат вниз τ , тыс. часов. Принимается масштаб тепловой мощности μ_y , кВт/см, и наносится шкала мощности Q по оси ординат вверх (максимальное значение ΣQ_K^y). Влево от начала координат наносится шкала наружных температур t_n °С от t_n , расчетной для отопления, до $t_n' = +20$ °С.

После нанесения цифр на шкалы во втором квадранте при t_H откладывается в масштабе числовые значения расчетной нагрузки отопления жилых и общественных зданий $\sum Q_0^{AB}$, т. е. определяется положение точки А. Затем также определяется положение точки С, отложением числовых значений нагрузки отопления животноводческих и других производственных помещений $\sum Q_0^{BF}$ (табл. 1). Тепловая нагрузка вентиляции всех производственных помещений ($\sum Q_B$) откладывается при $t_{HВ}$ и находится положение точки Е. Нулевые значения этих нагрузок для жилого поселка при $t'_H = +20$ °С точка В', для производственных помещений при 0°С – точка Д. Линии АВ; СД и Е'ЕД – графики отопительных и вентиляционных нагрузок в функции от наружной температуры. Так как тепловые нагрузки на горячее водоснабжение и технологические нужды, а также собственные нужды котельной и потери почти не зависят от наружных температур, график их изобразится горизонталью М'N с ординатой

$$y_{M'N} = (\sum Q_{ГВ} + \sum Q_T + \sum Q_{СН} + \sum Q_{П}) \frac{1}{\mu_y}, \text{ см} \quad (11)$$

Графическое суммирование всех нагрузок дает ломаную линию МК – зависимость суммарной тепловой мощности от наружной температуры. Далее в третьем квадранте наносится кривая продолжительности стояния наружных температур $\sum \tau_i = f(t'_H)$ по данным приложения, табл. 9. Удобно полученные данные занести в таблицу:

Температура наружная, t'_H	
Часы стояния τ_i	
Часы нарастающим итогом, $\sum \tau_i$	

Полный итог $\sum_1^n \tau_i$ даст число часов отопительного периода в году, этому итогу во 2-м квадранте точка М соответствует минимальной суммарной тепловой нагрузке отопительного периода.

Дальнейший ход построения годового графика расхода тепла в первом квадранте виден из рис. 1, при этом тепловая нагрузка на горячее водоснабжение, технологию, собственные нужды и потери в летний период составляет

$$y_{LG} = 0,65 - 0,85(\sum Q_{ГВ} + \sum Q_T + \sum Q_{СН} + \sum Q_{П}) \frac{1}{\mu_y}, \text{ см} \quad (12)$$

Соответственно с такой ординатой проводится прямая LG.

Годовое количество тепла, выработанного котельной, определяется площадью F, см², ограниченной кривой графика и осями координат в первом квадранте, т. е.

$$Q_{\text{год}} = F \mu_x \mu_y, \text{ кВт}\cdot\text{часов/год.} \quad (13)$$

4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ

Перед тем, как приступить к расчету тепловой схемы, необходимо проработать вопрос по литературе и усвоить назначение и изображение отдель-

ных элементов и приемы расчета. Приступая к расчету тепловой схемы котельной в проекте, рекомендуется исходить из следующего.

4.1. Определение расхода воды в тепловой сети

Водяное отопление жилых и общественных зданий, горячее водоснабжение бытовых и производственных нужд делает целесообразным водяную тепловую сеть даже, если котельная паровая, и потребитель получает пар; если же нет потребителя пара, то котельная может быть водогрейной. Исходными данными при расчете тепловых схем котельных является максимальная тепловая мощность для данной тепловой сети $Q_{сет}$, температуры прямой $T_{пр}$ и обратной $T_{обр}$ сетевой воды.

Расход воды в подающей магистрали тепловой сети может быть найден из выражения

$$M_{пр} = \frac{Q_{сет}}{c(T_{пр} - T_{обр})}, \text{ кг/с} \quad (14)$$

В водогрейной котельной

$$Q_{сет} = \sum Q_K^P - \sum Q_{CH}, \text{ кВт} \cdot \quad (15)$$

В паровой котельной

$$Q_{сет} = \sum Q_K^P - \sum Q_T^П - \sum Q_{CH}, \text{ кВт} \cdot \quad (16)$$

где $\sum Q_T^П$ – тепловая мощность, приходящаяся на технологический пар (табл. 4).

Если же производственные помещения отапливаются паровыми калориферами, то для такой котельной

$$Q_{сет} = \sum Q_K^P - \sum Q_T^П - \sum Q_0^П - \sum Q_B - \sum Q_{CH}, \text{ кВт} \cdot \quad (17)$$

где $\sum Q_0^П + \sum Q_B$ – тепловая нагрузка паровых калориферов (табл. 1, 2).

Расход в обратной магистрали $M_{обр}$ меньше $M_{пр}$ на величину утечек (1...3% от $M_{пр}$), а при открытом режиме меньше на величину расхода воды на горячее водоснабжение бытовых и производственных нужд. Эти потери восполняются подпиткой тепловой сети деаэрированной водой в количестве

$$M_{под} = (0,01 \dots 0,03)M_{пр} + \frac{\sum Q_T^B + \sum Q_{ГВ}}{c(t_{га} - t_{хв})}, \text{ кг/с} \quad (18)$$

где $\sum Q_T^B$ – тепловая мощность, приходящаяся на технологическую воду. Расход в обратной магистрали

$$M_{обр} = M_{пр} - M_{под}, \text{ кг/с} \cdot \quad (19)$$

4.2. Расчет тепловой схемы паровой котельной

Один из возможных вариантов принципиальной тепловой схемы котельной, работающей на открытые тепловые сети, представлен на рис. 2. Выработанный в котле K пар используется для подогрева сетевой воды в подогревателе СП (Осп). Конденсат этого пара через охладитель конденсата ОК подается в деаэратор питательной воды Д 1. В этот же деаэратор поступает конденсат греющего пара подогревателя сырой воды ПСВ ($D_{псв}$) и подогревателя химочищенной воды ПХВ ($D_{пхв}$), а также добавка химочищенной воды $M_{хов}$ и отсепарированный пар из расширителя непрерывной продувки $D_{сеп}$. Небольшой расход пара, необходимый для подогрева этих потоков до $102 \dots 104^\circ\text{C}$, подается в деаэратор через редукционную установку РУ. Подпитка тепловой сети осуществляется деаэрированной водой, подаваемой насосом сырой водой НСВ через ПСВ, химводоочистку ХВО, охладитель деаэрированной воды ОДВ в деаэратор Д2 и оттуда подпиточным насосом $\Pi_{одН}$ в обратную магистраль перед сетевым насосом СН. Некоторое количество редуцированного пара используется на нагрев подпиточной воды в Д2 ($D_{Д}^{II}$), на технологические нужды (D_T), на паровое отопление $D_{от}^{\Pi}$ и на собственные нужды котельной ($D_{сн}$).

В задачу расчета тепловой схемы паровой котельной входит определение расходов, температур и давлений теплоносителей (пара и воды) по их потокам в пределах установки, а также определение суммарной паропроизводительности котельной.

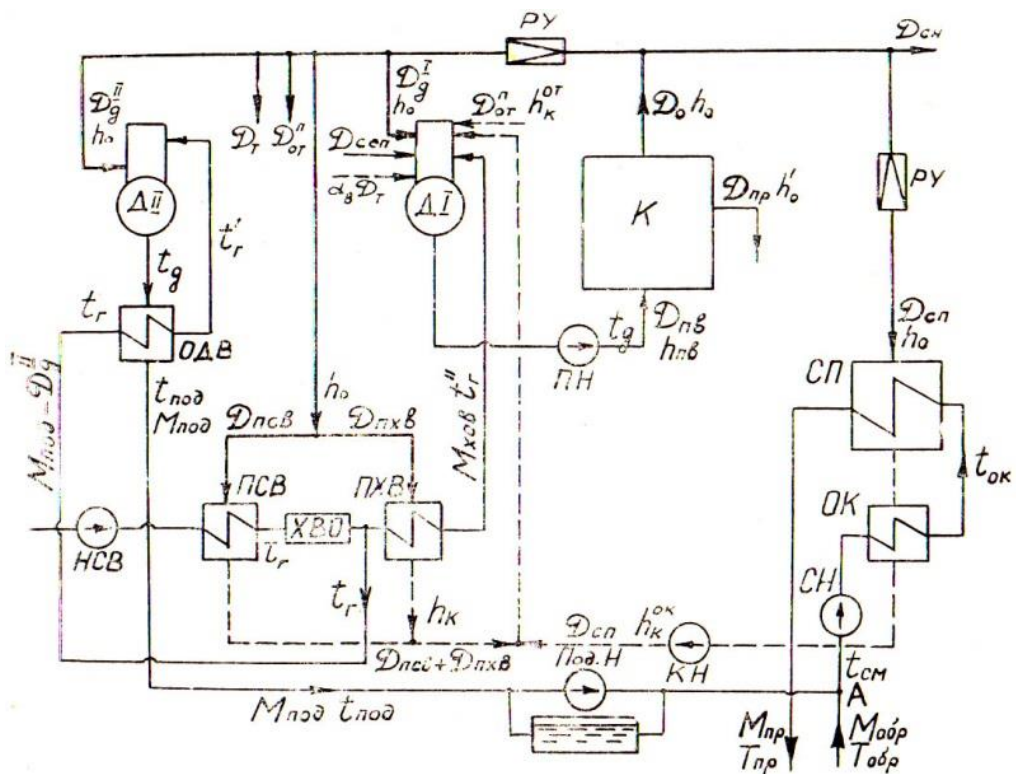


Рис. 2. Принципиальная тепловая схема паровой котельной.

$$D_o = D_T + D_{от}^п + D_{сп} + D_D^I + D_D^{II} + D_{псв} + D_{пхв} + D_{сн}, \text{ кг/с.} \quad (20)$$

4.2.1. Расход пара на технологические нужды определяется по данным табл. 4 или из выражения

$$D_T = \frac{\sum Q_T^п}{h_п}, \text{ кг/с.} \quad (21)$$

где $\sum Q_T^п$ – тепловая мощность, отпускаемая с технологическим паром, кВт (табл. 4);

$h_п$ – энтальпия пара, кДж/кг (по давлению).

4.2.2. Расход пара на отопление производственных помещений паровыми калориферами. (Если калориферы водяные, $D_п^o = 0$).

$$D_{от}^п = \frac{\sum Q_o^{вг} + \sum Q_в}{h_п - h_к}, \text{ кг/с.} \quad (22)$$

где $\sum Q_o^{вг}$ – тепловая мощность, идущая на отопление производственных помещений (групп В и Г (табл. 1).

$\sum Q_в$ – тепловая мощность, идущая на вентиляцию производственных помещений (табл. 2);

$h_к$ – энтальпия возвращаемого конденсата $h_к = 4,19t_к$, где $t_к \approx 70^\circ\text{C}$).

4.2.3. Расход пара на деаэрацию потока подпиточной воды Д2 (D_D^{II}) определяется из уравнения теплового баланса деаэратора

$$(M_{под} - D_D^{II})Ct'_г + D_D^{II}h_o = M_{под}Ct_д, \quad (23)$$

где $t'_г$ – температура воды на входе в деаэратор (желаемый диапазон ($t'_г = 80...85^\circ\text{C}$);

h_o – энтальпия пара, вырабатываемого котлом, кДж/кг;

$t_д$ – температура деаэрированной воды, равная температуре насыщенного пара в деаэраторе при 0,12 МПа.

2.4. Расход пара на подогреватель сырой воды $D_{псв}$, обеспечивающий подогрев воды перед химводоочисткой до $t_г = 30^\circ\text{C}$ для интенсификации процесса в ней, определяется из уравнения теплового баланса ПСВ

$$D_{псв}(h_o - h_к)\eta_п = M_{под}C(t_г - t_{хв}), \quad (24)$$

где $t_{хв}$ – температура исходной воды (5°C);

$h_к$ – энтальпия конденсата при 0,12, МПа;

$\eta_п$ – к.п.д. поверхностного теплообменника (0,95...,0,98).

4.2.5. Температура подпиточной воды $t_{\text{под}}$, прошедшей через охладитель деаэрированной воды (ОДВ), понижается от $t_{\text{г}}$ до $t_{\text{под}}$ соответствующей расчетной температуре воды в обратной магистрали, тепловой сети ($\approx 50 \dots 70^\circ\text{C}$). Величина $t_{\text{под}}$ определяется из уравнения теплового баланса ОДВ.

$$M_{\text{под}}c(t_{\text{д}} - t_{\text{под}})\eta_{\text{п}} = (M_{\text{под}} - D_{\text{д}}^{\text{п}})(t'_{\text{г}} - t_{\text{г}}). \quad (25)$$

Если $t_{\text{под}}$ не укладывается в указанные пределы, следует повторить расчет теплового баланса деаэратора, приняв другое значение $t'_{\text{г}}$.

4.2.6. Температура сетевой воды перед сетевыми насосами $t_{\text{см}}$ определяется из уравнения теплового баланса точки смешения подпиточной и обратной сетевой воды (т. А)

$$M_{\text{под}}ct_{\text{под}} + M_{\text{обр}}cT_{\text{обр}} = M_{\text{пр}}ct_{\text{см}}. \quad (26)$$

4.2.7. Расход пара на сетевые подогреватели $D_{\text{сп}}$ определяется из уравнения их теплового баланса вместе с охладителями конденсата ОК

$$D_{\text{сп}} = (h_{\text{о}} - h_{\text{к}}^{\text{ок}})\eta_{\text{п}} = M_{\text{пр}}C(T_{\text{пр}} - t_{\text{см}}), \quad (27)$$

где $h_{\text{к}}^{\text{ок}}$ – энтальпия конденсата после охладителей ОК, где температура насыщения в СП на $10 \dots 15^\circ\text{C}$.

Давление греющего пара в СП принимается исходя из того, что температура насыщения его на $10 \dots 15^\circ\text{C}$ выше, чем $T_{\text{пр}}$.

4.2.8. Расход химочищенной воды на подпитку тепловой схемы котельной, $M_{\text{хов}}$

Рассчитывается $M_{\text{хов}}$ на компенсацию потерь пара и воды в схеме котельной.

$$M_{\text{хов}} = D_{\text{сн}} + (1 - \alpha_{\text{в}})D_{\text{т}} - D_{\text{пр}} - D_{\text{сеп}}. \quad (28)$$

где $D_{\text{сн}}$ – расход пара на собственные нужды. Принимается $D_{\text{сн}} = 0,015 \cdot D_0$;

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент возврата конденсата, отдаваемого потребителям технологического пара, $\alpha_{\text{в}} = 0,5 \dots 0,7$, если же потребляют пар только технологические процессы без возврата конденсата (кормоцех), то $\alpha_{\text{в}} = 0$;

$D_{\text{пр}}$ – расход воды на продувку котла $D_{\text{пр}} = (0,05 \dots 0,1) D_0$, кг/с;

$D_{\text{сеп}}$ – количество пара, отсепарированного в расширителе непрерывной продувки, направляемое в деаэратор Д1 $D_{\text{сеп}} = (0,2 \dots 0,3) D_{\text{пр}}$, кг/с.

4.2.9. Расход греющего пара на деаэратор питательной воды D_d^I определяется из уравнения теплового баланса деаэратора

$$D_d^I h_0 + M_{\text{хов}} c t'' + D_{\text{сп}} h_K^{\text{OK}} + (D_{\text{псв}} + D_{\text{пхв}}) h_x + D_{\text{от}}^{\text{п}} h_K^{\text{от}} + D_{\text{т}} \alpha_{\text{в}} c t_K^{\text{т}} = D_{\text{пв}} c t_d, \quad (29)$$

где $t_K^{\text{т}}$ – температура возвращенного конденсата технологического пара ($t_K^{\text{т}} = 40 \dots 70^\circ\text{C}$);

$D_{\text{пв}}$ – расход питательной воды в котле, рассчитанный на выработку пара D_0 с учетом продувки котла

$$D_{\text{пв}} = D_0 + D_{\text{пр}}, \text{ кг/с} \quad (30)$$

$h_K^{\text{от}}$ – энтальпия конденсата после калориферов, $h_K^{\text{от}} = 4,19 \cdot t_K$, при $t_K = 10^\circ\text{C}$.

После определения расходов пара по отдельным элементам схемы (используя метод подстановки) искомая паропроизводительность котельной должна быть найдена из уравнения (20).

4.3. Расчет тепловой схемы водогрейной котельной

Один из возможных вариантов принципиальной тепловой схемы водогрейной котельной с отпуском тепла в открытые тепловые сети представлен на рис. 3.

Вода из обратной магистрали тепловой сети поступает во всасывающий коллектор сетевых насосов СН. В этот же коллектор подается подпиточная вода в количестве $M_{\text{под}}$, рассчитанном на покрытие потерь в сетях и компенсацию расхода воды из сети на горячее водоснабжение бытовых и производственных нужд. Исходная вода для подпитки сети подается насосом сырой воды (НСВ) через подогреватель сырой воды (ПСВ) в фильтры химводоочистки (ХВО) и затем через подогреватель химочищенной воды (ПХВ) в колонку вакуумного деаэратора (Д). В этом деаэраторе поддерживается вакуум 0,03 МПа за счет отсасывания из колонки деаэратора паровоздушной смеси водоструйным эжектором (Э). Рабочей жидкостью для эжектора служит вода, подаваемая из расходного бака специальным насосом (НЭ). Деаэрированная вода подпиточным насосом (ПодН) подается в обратную магистраль тепловой сети. Часть воды $M_{\text{пер}}$ после сетевых насосов перепускается в обвод котлов и смешивается с водой, нагретой в котлах, регулируя ее температуру.

Для поддержания температуры воды на входе в котел на уровне, исключающем выпадение конденсата из дымовых газов на хвостовых поверхностях нагрева котла, часть нагретой воды в количестве $M_{\text{реци}}$ рециркуляционным насосом (РН) возвращается в напорный коллектор сетевых насосов. Тепло этой воды используется также для нагрева добавочной воды в подогревателях (ПСВ) и (ПХВ).

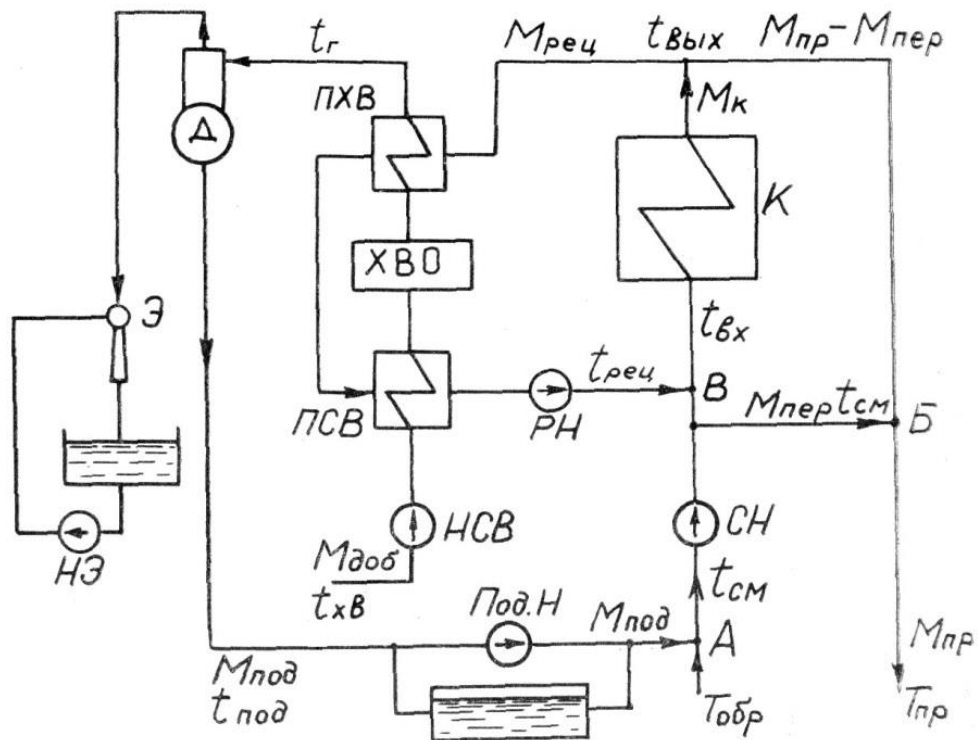


Рис. 3. Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной

При расчете тепловой схемы водогрейной котельной определяются температура воды на входе и выходе из котла и в линии рециркуляции, а также расход воды через котел в линии перепуска и в линии рециркуляции.

Порядок расчета рекомендуется следующий:

4.3.1. Температура воды перед сетевыми насосами $t_{см}$ определяется из уравнения теплового баланса точки смешения А

$$M_{обр}cT_{обр} + M_{под}ct_{под} = M_{пр}ct_{см}, \quad (31)$$

где $t_{под}$ – температура подпиточной воды. Принимается равной температуре горячей воды, разбираемой потребителями непосредственно из сети, $t_{под} = 60 \dots 70^\circ \text{C}$.

4.3.2. Расход воды на перепуск $M_{пер}$ по линии обвода котла для поддержания температуры в подающей магистрали на уровне, соответствующем температурному графику сети, может быть определен из уравнения теплового баланса при смешении потоков в точке Б

$$M_{пер}ct_{см} + (M_{пр} - M_{пер})ct_{вых} = M_{пр}ct_{пр}, \quad (32)$$

где $t_{\text{вых}}$ – проектная температура воды за котлом. Принимается для чугунных водогрейных котлов $t_{\text{вых}} = 95 \dots 115^\circ \text{C}$, для стальных $t_{\text{вых}} = 150^\circ \text{C}$.

4.3.3. Температура воды из линии рециркуляции $t_{\text{рец}}$, отдавшей тепло добавочной воде в подогревателях сырой и химочищенной воды, определяется из уравнения теплового баланса подогревателей (для предварительно принятого значения $M_{\text{рец}}$).

$$M_{\text{рец}} c (t_{\text{вых}} - t_{\text{рец}}) \eta_{\text{п}} = M_{\text{доб}} c (t_{\text{г}} - t_{\text{хв}}), \quad (33)$$

где $M_{\text{рец}}$ – расход воды в линии рециркуляции, кг/с;

$M_{\text{доб}}$ – расход добавочной воды с учетом потерь в тепловой схеме самой котельной ($M_{\text{доб}} = 1,05 M_{\text{под}}$), кг/с;

$t_{\text{г}}$ – температура воды, подаваемой в деаэрактор, $t_{\text{г}} = 70^\circ \text{C}$;

$t_{\text{хв}}$ – температура холодной воды, $t_{\text{хв}} = 5 \dots 10^\circ \text{C}$.

4.3.4. Температура воды на входе в котел $t_{\text{хв}}$ определяется из уравнения теплового баланса точки смешения В

$$M_{\text{рец}} c t_{\text{рец}} + (M_{\text{пр}} - M_{\text{пер}}) c t_{\text{см}} = (M_{\text{рец}} + M_{\text{пр}} + M_{\text{пер}}) c t_{\text{хв}}, \quad (34)$$

Температура воды на входе в котел должна исключать выпадение конденсата из дымовых газов на хвостовых поверхностях нагрева котла и в зависимости от вида топлива должна быть не менее 65°C – для газа и $45 \dots 55^\circ \text{C}$ – для угля и мазута.

В случае невыполнения этого условия следует повторить расчет, приняв другое значение $M_{\text{рец}}$ (см. пп. 3, 4).

4.3.5. Расход воды через котел $M_{\text{к}}$ с учетом необходимости подогрева добавочной воды

$$M_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{сет}} + M_{\text{доб}} (t_{\text{г}} - t_{\text{хв}}) c}{(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) c} \text{ кг/с} \quad (35)$$

Правильность расчета проверяется соответствием значения $M_{\text{к}}$ из уравнения (35), полученному $M_{\text{к}}$ из выражения

$$M_{\text{к}} = (M_{\text{пр}} - M_{\text{пер}}) + M_{\text{рец}}, \text{ кг/с} \quad (36)$$

При невыполнении этого требования следует повторить расчет, приняв новое значение $M_{\text{рец}}$ (см. п. 3.3.).

4.4. Выбор вспомогательного оборудования котельной

4.4.1. Котлы. Обоснование выбора типа и количества котлов произведено ранее (см. п. 8) в уравнении (8).

4.4.2. Питательные устройства котлов. Питательные устройства предназначены для бесперебойного обеспечения котлов водой. Питательные баки служат для хранения 1...2-часового запаса воды в небольших и 0,5...1-часового запаса в крупных котельных. Функции питательных баков в котельной выполняют баки деаэраторов. Котельная должна иметь комплексную химводоочистку.

4.4.3. Конденсатные и питательные насосы. Производительность конденсатных насосов равна количеству возвращаемого в котельную конденсата. Устанавливаются два насоса, один из них резервный. Напор конденсатных насосов подбирается из условия преодоления сопротивления сети и подъема воды на отметку установки деаэратора и составляет около 0,2 МПа. Производительность каждого из двух установленных питательных насосов должна составлять не менее 120% номинальной производительности котельной D_0 или M_n .

Если котельная работает на угле, один из насосов должен быть обязательно с паровым приводом. Насосы подают воду из питательных баков. Напор, создаваемый питательным насосом, должен быть на 0,1 ...0,4 МПа выше рабочего давления в котле.

4.4.4. Сетевые (циркулярные) насосы. Производительность насоса равна расходу воды в подающей магистрали тепловой сети. Напор сетевых насосов зависит от общего сопротивления тепловой сети и принимается в пределах 0,2...0,4 МПа. Более точно напор насоса может быть установлен после построения пьезометрического графика тепловой сети. В котельной находится не менее двух циркуляционных насосов, один из них – резервный.

4.4.5. Подпиточные насосы. Подпиточные насосы компенсируют утечку воды из тепловой сети, подавая ХОВ в магистраль перед сетевыми насосами. Производительность подпиточного насоса равна расходу воды на горячее водоснабжение плюс расход воды на восполнение утечек в теплосети (уравнение 18). Насос должен быть рассчитан на преодоление статического напора системы, величина которого колеблется в пределах 0,4...0,6 МПа. Из двух устанавливаемых насосов – один резервный.

4.4.6. Подмешивающие (рециркуляционные) насосы водогрейных котельных. Подмешивающий насос подкачивает воду из подающей магистрали в обратную и включается тогда, когда температура обратной воды понижается до величины, превышающей точку росы всего на 5° С. Точка росы дымовых газов зависит от вида топлива.

Производительность подмешивающего насоса (их устанавливается два) определяется расчетом, исходя из материального баланса сети: напор равен 0,1 ...0,15 МПа. Подбор всех насосов производится по специальным каталогам производительности и напору.

5. Безопасность котлов и оборудования котельных

Котлы с камерным сжиганием всех видов топлива и с механическими топками для твердого топлива должны иметь автоматику безопасности.

1. Для паровых котлов, предназначенных для сжигания газообразного и жидкого топлива, независимо от давления пара и производительности следует предусматривать устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при:

- повышении или понижении давления газообразного топлива перед горелками;
- понижении давления жидкого топлива перед горелками за регулирующим органом;
- уменьшении разрежения и/или повышении давления в топке;
- понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;
- погасании факелов горелок, отключение которых при работе котла не допускается;
- повышении давления пара при работе котельных;
- повышении или понижении уровня воды в барабане;
- исчезновении напряжения в цепях защиты;
- неисправности цепей защиты.

2. Для водогрейных котлов при сжигании газообразного и жидкого топлива следует предусматривать устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при:

- повышении или понижении давления газообразного топлива перед горелками;
- понижении давления жидкого топлива перед горелками за регулирующей арматурой;
- понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;
- уменьшении разрежения и/или повышении давления в топке;
- погасании факелов горелок, отключение которых при работе котла не допускается;
- повышении температуры воды на выходе из котла;
- повышении или понижении давления воды на выходе из котла;
- уменьшении установленного наименьшего расхода воды через котел;
- остановке ротора форсунки;
- неисправности цепей защиты.

3. Для паровых и водогрейных котлов при камерном сжигании твердого топлива следует предусматривать устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при:

- понижении давления воздуха за дутьевым вентилятором;
- уменьшении разрежения в топке;
- погасании факела;

- повышении или понижении уровня воды в барабане;
- исчезновении напряжения в цепях защиты неисправности автоматики безопасности.

4. Для паровых котлов с механизированными слоевыми топками для сжигания твердого топлива следует предусматривать устройства, автоматически отключающие тягодутьевые установки и механизмы, подающие топливо в топку, при:

- понижении давления воздуха под решеткой;
- уменьшении или понижении уровня воды в барабане;
- исчезновении напряжения в цепях защиты (только для котельных второй категории);
- повышение давления в котле.

5 Для водогрейных котлов с механизированными слоевыми топками и с камерными топками для сжигания твердого топлива следует предусматривать устройства, автоматически отключающие тягодутьевые установки и механизмы, подающие топливо в топку при:

- повышении температуры воды на выходе из котла;
- повышении или понижении давления воды на выходе из котла;
- уменьшении расхода воды через котел;
- уменьшении разрежения в топке;
- понижении давления воздуха под решеткой или за дутьевыми вентиляторами.

Примечание. Для котлов с температурой воды 115 °С и ниже допускается не предусматривать автоматическое отключение тягодутьевых установок и механизмов, подающих топливо в топку, при понижении давления воды за котлом и понижении давления воздуха под решеткой или за дутьевым вентилятором.

6. Для подогревателей высокого давления (ПВД) следует предусматривать автоматическое их отключение и включение обводной линии при аварийном повышении уровня конденсата в ПВД.

7 В установках химводоподготовки при проектировании схем с подкислением и водород-катионирования с "голодной" регенерацией должно предусматриваться автоматическое отключение насосов подачи кислоты при понижении значения рН обрабатываемой воды за допустимые пределы.

Следует предусматривать также автоматическое отключение насосов подачи щелочи в открытых системах теплоснабжения при повышении значения рН обрабатываемой воды за допустимые пределы.

8 Для баков-аккумуляторов систем теплоснабжения следует предусматривать автоматическое отключение насосов подачи в них воды и закрытие задвижки на сливной линии рециркуляции при недопустимом повышении уровня в баках.

9 Значения параметров, при которых должны срабатывать защита и сигнализация, устанавливаются заводами-изготовителями оборудования и уточняются в процессе наладочных работ.

10 Необходимость дополнительных условий защиты устанавливается по данным заводов-изготовителей оборудования.

- В котельной следует предусматривать светозвуковую сигнализацию:
- останова котла;
 - аварийной остановки турбоустановки;
 - срабатывания защиты;
 - засорения масляного фильтра турбоустановки;
 - засорения парового сита турбоустановки;
 - понижения температуры и давления жидкого топлива в общем трубопроводе к котлам;
 - снижения давления воздуха в общем коробе или воздуховодах;
 - наличия факела на горелках, оснащенных ЗЗУ;
 - наличия факела запального устройства;
 - пожара в воздухоподогревателе;
 - срабатывания автоматического устройства "подхвата" пылеугольного факела;
 - повышения температуры в газоходе перед системами газоочистки;
 - повышения и понижения температуры жидкого топлива в резервуарах;
 - повышения температуры подшипников электродвигателей и технологического оборудования (при требовании заводов-изготовителей);
 - повышения температуры в баке рабочей воды системы вакуумной деаэрации;
 - повышения температуры пылегазовоздушной смеси за мельницей или сепаратором;
 - повышения температуры воды к анионитным фильтрам;
 - повышения температуры охлажденной воды за градирней оборотной системы чистого цикла шлакозолоудаления;
 - уменьшения разрежения в газоходах за системами газоочистки;
 - повышения и понижения давления газообразного топлива в общем газопроводе к котлам;
 - понижения давления воды в каждой питательной магистрали;
 - понижения давления (разрежения) в деаэраторе;
 - понижения и повышения давления воды в обратном трубопроводе тепловой сети;
 - повышения давления воздуха перед каплеотделителем;
 - повышения и понижения расхода воды к осветлителям;
 - понижения уровня в бункере сырого топлива (для систем пылеприготовления с прямым вдуванием);
 - понижения и повышения уровня в бункерах пыли;
 - повышения уровня угля в головных воронках узлов пересыпки систем топливоподачи;
 - повышения верхнего уровня в батарейном и пылевом циклонах;
 - отклонения верхнего и нижнего уровня в сборном бункере золы;
 - повышения уровня в дренажных приемках;

- повышения и понижения уровня воды в баках (деаэрационных, аккумуляторных, систем горячего водоснабжения, конденсатных, осветленной воды системы химводоподготовки; нагретой и охлажденной воды чистого цикла оборотной системы водоснабжения; нагретой и охлажденной воды оборотной системы ШЗУ; шламовых вод, шлама и осветленной воды топливоподдачи; системы утилизации сточных вод и др.), а также повышения и понижения раствора реагентов в мерниках при автоматизированных системах химводоподготовки;

- повышения и понижения уровня жидкого топлива в резервуарах;

- понижения значения рН в обрабатываемой воде (в схемах химводоподготовок с подкислением) и повышения величин рН (в схемах с подщелачиванием);

- прекращения подачи топлива из бункера сырого топлива в мельницу (для систем пылеприготовления с прямым вдуванием);

- отсутствия напряжения на рабочем и резервном вводах питания;

- неисправности оборудования всех систем и установок котельных.

Значения параметров, при которых должны срабатывать технологические защиты и сигнализация, определяются заводом-изготовителем основного оборудования.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Важнейшей оценкой совершенства производства тепловой энергии являются технико-экономические показатели. В курсовом проекте рекомендуется определить показатели, характеризующие работу котельной с точки зрения использования оборудования и экономичности.

1. Годовой расход тепловой энергии $Q_{\text{год}}$ определяется из годового графика теплоснабжения, уравнение (13).

2. Максимальный секундный расход натурального топлива B может быть определен по данным расчета тепловой схемы.

Для паровой котельной

$$B = \frac{D_0(h_0 - h_{\text{пв}}) + D_{\text{пр}}(h_{\text{н}} - h_{\text{пв}})}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{ку}}}, \text{ кг/с (м}^3\text{/с)} \quad (37)$$

Для водогрейной котельной

$$B = \frac{M_{\text{к}} c (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{ку}}}, \text{ кг/с (м}^3\text{/с)} \quad (38)$$

Или же по расчетной тепловой мощности

$$B = \frac{\sum Q_{\text{к}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{ку}}}, \text{ кг/с (м}^3\text{/с)} \quad (39)$$

где $h_{\text{пв}}$ – энтальпия питательной воды, кДж/кг;

$h_{\text{н}}$ – энтальпия кипящей воды в котле;

Q_H^p – теплота сгорания топлива, кДж/кг (кДж/мг). Принимается по справочным таблицам в зависимости от вида топлива;

$\eta_{кy}$ – к. п. д. котельной установки (по паспортным данным котлов).

3. Коэффициент использования установленной мощности котельной характеризует интенсивность работы оборудования котельной

$$k_y = \frac{Q_{год}}{8760 \Sigma Q_K^y}. \quad (40)$$

4. Годовой расход топлива

$$V_{год} = k_y V \cdot 3,6 \cdot 8760 \cdot k'_п, \text{ т/год (тыс. м}^3\text{/год)} \quad (41)$$

где $k'_п$ – коэффициент, учитывающий потери топлива при хранении и транспортировке $k'_п = 1,06... 1,1$.

5. Удельный расход натурального топлива характеризует экономичность работы котельной

$$b = \frac{V_{год}}{Q_{год}} \cdot 10^3, \text{ кг/(кВт}\cdot\text{ч)} \text{ (м}^3\text{/(кВт}\cdot\text{ч)} \quad (42)$$

6. Удельный расход условного топлива позволяет сравнивать по экономичности разные котельные.

$$b_y = b \frac{Q_H^p}{29300}, \text{ кг, усл. топл/(кВт}\cdot\text{час)} \quad (43)$$

7. К. п. д. котельной брутто, основной показатель эффективности использования топлива

$$\eta_k^{бр} = \frac{Q_{год}}{V_{год} \cdot Q_H^p} 3,6. \quad (44)$$

8. Суммарные годовые затраты средств на производство тепловой энергии

$$\Sigma Z = Z_T + Z_3 + Z_a + Z_э + Z_B + Z_o, \text{ руб/год} \quad (45)$$

где Z_T – затраты на топливо;

Z_3 – заработная плата;

Z_a – амортизация оборудования и здания;

$Z_э$ – затраты на электроэнергию;

Z_B – затраты на воду;

Z_o – общеэксплуатационные и цеховые расходы.

Для определения этих составляющих и суммарных годовых затрат можно воспользоваться следующим методом.

Принимая стоимость топлива, определяют годовые затраты на топливо (стоимость топлива принимается для расчета по прайс-листам актуальным на дату выполнения курсового проекта)

$$Z_T = C_T V_{год} \frac{Q_H^p}{29300} \cdot 10^3, \text{ руб./год} \quad (46)$$

где $V_{\text{год}}$ – т/год (тыс. м³/год).

Используя статистические данные, определяют составляющие затраты из соотношения

$$Z_x = Z_T \frac{Z_x\%}{Z_T\%}, \text{ руб./год} \quad (47)$$

где $Z_x\%$ и $Z_T\%$ – процентов выражение соответствующей статьи затрат в зависимости от мощности котельной. Взятые из приложения, табл. 16.

Определив составляющие статьи годовых затрат, вычисляют суммарные по уравнению (45).

9. Себестоимость тепловой энергии является основным экономическим показателем работы котельной и определяется как частное от деления суммарных годовых затрат на годовое количество отпущенного тепла

$$C = \frac{\Sigma Z}{Q_{\text{год}}(1-k_{\text{сн}})}, \text{ руб./кВт}\cdot\text{час} \quad (48)$$

где $k_{\text{сн}}$ – коэффициент собственных нужд.

Приложение

Таблица 5

Удельные тепловые характеристики зданий

Здания	Объем здания, V_H тыс. m^3	Удельные тепловые характеристики, Вт/ ($m^3 \cdot ^\circ C$)	
		отопления, q_o	вентиляция, q_v
Жилые здания	0,5	0,76	-
	1	0,58	-
	3	0,49	-
	5	0,44	-
Административные здания	5	0,5	0,1
Клубы	5	0,43	0,29
Магазины	5	0,44	-
Детские сады	5	0,44	0,13
Школы	5	0,45	0,1
Больницы	5	0,47	0,34
Ремонтные мастерские	5...10	0,6...0,7	0,17...0,23
Гаражи	3	0,7	0,81
Помещения для содержания КРС:			
-молодняка	10	0,291	1,396
-взрослых животных	10	0,174	1,047
Помещения для содержания свиней:			
-молодняка	5	0,407	1,28
-взрослых животных	5	0,174	1,105
Помещения для содержания птиц	10	0,756	1,396

Таблица 6

Усредненные значения расчетных температур внутреннего воздуха различных зданий и сооружений

Здания и сооружения	$t_{в}, ^\circ C$
Жилые и административные здания, гостиницы, общежития	18
Учебные заведения, школы, лаборатории, предприятия общественного питания, клубы	16
Магазины, прачечные	16
Детские ясли-сады, поликлиники, больницы	20
Гаражи	10
Ремонтные мастерские	20
Теплицы для выращивания овощных культур и рассады	15

Примечание. В районах с расчетной зимней температурой $t_H = -31^\circ C$ и ниже в жилых комнатах принимают $t_{в} = -20^\circ C$.

Таблица 7

Параметры микроклимата животноводческих и птицеводческих помещений

Помещения	Расчетные параметры воздуха в помещении	
	температура, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	относительная влажность, $\varphi, \%$
Коровники беспривязного содержания	3...5	80...85
Коровники привязного содержания	10	70
Свинарники-откормочники	16	75
Свинарники для маток с поросятами и для поросят-отъемышей	18	70
Птичники (для взрослой птицы)	12...16	60...70

Примечания. 1. Во всех животноводческих помещениях допускается содержание CO_2 до $2,5 \text{ л/м}^3$, NH_3 до $0,5 \text{ л/м}^3$.

2. В птичниках допустимые концентрации CO_2 $1,8...2,0 \text{ л/м}^3$, NH_3 $0,01 \text{ мг/л}$, H_2S $0,005 \text{ мг/л}$.

Таблица 8

Удельный объем и параметры микроклимата ферм

Помещение	Удельный объем на одно животное $V_i, \text{ м}^3/\text{гол}$	Расчетные параметры микроклимата				
		температура, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	относительная влажность, $\varphi, \%$	Содержание CO_2 , не более	Содержание NH_3 , не более	Рекомендуемая скорость воздуха, $v, \text{ м/с}$
Коровник	15...20	4...8	85	0,25	0,02	0,5
Телятник	8...10	8...12	75	0,25	0,02	0,3
Свинарники-откормочник	2,5...3	14	75	0,25	0,02	0,3
Свинарники-маточник	18...20	16	70	0,25	0,02	0,15
Птичник	0,17...0,75	16	60...70	0,19	0,01	0,3

Таблица 9

**Климатические данные населенных пунктов для расчета
отопительно-вентиляционных нагрузок и годового потребления тепла**

Город	Температура отопительного периода		Повторяемость температур наружного воздуха, ч													Всего часов в отопительном периоде
	$t_{н,0}^{\circ}\text{C}$	$t_{нв,0}^{\circ}\text{C}$	<-50	-49,9...-45	-44,9...-40	-39,9...-35	-34,9...-30	-29,9...-25	-24,9...-20	-19,9...-15	-14,9...-10	-9,9...-5	-4,9...-0	-0,1...+5	+5,1...+8	
Абакан	-42	-27	-	-	26	78	172	315	458	585	718	733	741	848	750	5424
Ачинск	-41	-23	-	1	18	67	131	267	367	546	701	916	943	1053	620	5632
Богучаны	-47	-30	-	21	75	140	242	383	482	678	731	687	775	929	761	5904
Диксон	-41	-33	-	2	41	281	492	770	955	970	884	842	1088	1644	781	8750
Дудинка	-46	-35	10	89	234	349	496	673	826	905	766	600	713	913	674	7248
Енисейск	-46	-28	2	7	62	109	208	342	482	673	774	827	816	915	627	5880
Красноярск	-41	-23	-	0,5	17	66	129	263	364	539	771	905	932	1042	612	5640,5
Минусинск	-40	-27	-	-	26	78	172	315	458	585	718	734	741	848	749	5424
Норильск	-46	-34	10	88	232	346	493	669	820	899	763	596	708	906	670	7200
Туруханск	-50	-33	41	92	188	301	623	548	660	819	853	754	781	889	171	6720

Таблица 10

Количество кормов, подлежащих тепловой обработке, в суточном
рационе животных, кг, и расход теплоносителя на обработку кормов

Вид корма	Вид животных					Расход теплоносителя, d_i	
	Коровы	Телята до 6 месяцев	Молодняк, КРС	Свинья на откорме	куры	Пар, при 0,12...0,17 МПа, кг/кг	Вода 45 °С кг/кг
Солома	4,0	1,5	2	-	-	0,3...0,35*	2,5
Корнеклубнеплоды	-	1,0	-	6,7	0,07	0,16...0,18**	0,8...1,5***
Концентрированные корма	2,5	1,1	2	1,46	-	0,2...0,25	1,5...2,5

* Перед запариванием увлажнить горячей водой 1...1,5 кг/кг.

** Перед запариванием промыть горячей водой 40 °С 0,8...1,5 кг/кг.

*** Мыть перед скармливанием.

Таблица 11

Расчет теплоносителя на различные технологические нужды

Наименование процесса	Расход теплоносителя, d_i	Вода $t_{ГВ}^T, ^\circ\text{C}$	Пар, Р, МПа
Промывка молокопроводов, шлангов, доильных аппаратов	5 кг/гол.сут.	65	–
Пропаривание молочных фляг	0,1...0,2 кг/ф	–	0,13
Пастеризация молока	2 кг/кг	70...95	
Мойка автомобиля	150...300кг	65	
Мойка трактора	200...500 кг	65...80	
Мойка комбайна	300...1000 кг	65	

Таблица 12

Основные технические характеристики котлов

Наименование	Тепловая мощность	Количество секций
Универсал-5М	0,119МВт	10
Универсал-5М	0,154МВт	14
Универсал-5М	0,189МВт	18
Универсал-5М	0,224МВт	22
Универсал-5М	0,259МВт	26
Универсал-5М	0,294МВт	30
Универсал-5М	0,329МВт	34
Универсал-5М	0,364МВт	38
Универсал-6М	0,200МВт	10
Универсал-6М	0,250МВт	14
Универсал-6М	0,300МВт	18
Универсал-6М	0,360МВт	22
Универсал-6М	0,420МВт	26
Универсал-6М	0,470МВт	30
Универсал-6М	0,530МВт	34
Универсал-6М	0,590МВт	38
«Энергия 3М»	0,347	18
«Энергия 3М»	0,520	26
«Энергия 3М»	0,693	34
КВр-0,12К «Универсал»	120кВт	
КВр-0,16К «Универсал»	160кВт	
КВр-0,20К «Универсал»	200кВт	
КВр-0,24К «Универсал»	240кВт	

Структура полной себестоимости тепла в котельных различной мощности

Статья затрат	Структура себестоимости, % при мощности котельной, МВт			
	до 0,5	0,5...1	1...3	более 3
Топливо	31,9	39,3	43,2	52,2
Заработная плата	35,2	34,9	28,7	17
Амортизация	10,1	8	8,5	7,8
Электроэнергия	11,8	7,2	8,7	11,6
Вода	0,4	0,4	0,4	0,4
Общексплуатационные и цеховые расходы	10,6	10,2	10,5	11
Всего	100	100	100	100