

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского
Кафедра энергообеспечения и теплотехники**

ТЕПЛОТЕХНИКА



Методические указания к контрольной работе

ИРКУТСК 2016

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского
Кафедра энергообеспечения и теплотехники**

ТЕПЛОТЕХНИКА
Методические указания
к контрольной работе для студентов по направлениям
«Агроинженерия», «Теплоэнергетика»

ИРКУТСК 2016

УДК 621.1 (075.8)

Рецензенты:

Доцент кафедры электропривода и электрических машин
кандидат технических наук Боннет В.В.

Ведущий научный сотрудник института
систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
кандидат технических наук Кошелев А.А.

Алтухов И.В., Лукина Г.В.

Теплотехника. Методические указания к контрольной работе для студентов, обучающихся по направлениям «Агроинженерия», «Теплоэнергетика». – Иркутск, ИрГСХА, 2016 - 38 стр.

Методические указания разработаны в соответствии с Федеральным Государственным образовательными стандартами высшего профессионального образования по направлению подготовки «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика». В методических указаниях изложены задачи, содержание, последовательность и рекомендации к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теплотехника». Выполнение расчётной части рекомендуется на ПК, оформление пояснительной записки в текстовом редакторе Microsoft Word. В приложениях приведены справочные материалы, необходимые для выполнения пояснительной записки, а также пример выполнения основных расчетов.

Рекомендовано к изданию Методическим Советом энергетического факультета протокол №.2 от 15.03.16г.

© Алтухов И.В. 2016.

© Издательство
Иркутского ГАУ, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Производство сельскохозяйственной продукции связано с большим потреблением топливно-энергетических ресурсов. Тепловая энергия расходуется на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию, на обеспечение необходимых параметров микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях, хранилищах и сооружениях защищенного грунта, на сушку сельскохозяйственной продукции, приготовление кормов, получение искусственного холода и другие цели.

Рациональное использование тепловой энергии нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, создание энергосберегающих экологически чистых технологий становится одной из главных задач энергетиков.

Целью контрольной работы является расширение и углубление теоретических знаний по дисциплине "Теплотехника", приобретение практических навыков по решению инженерных теплотехнических задач, а также опыта использования нормативной, справочной и учебной литературы.

При выполнении контрольной работы, кроме рекомендаций настоящих методических указаний, следует пользоваться учебниками и справочной литературой, список которых дается в конце пособия.

Методическое пособие может быть также использовано при расчете теплотехнической части дипломных проектов.

Рекомендации по выполнению контрольной работы

Исходными являются следующие данные: перечень сооружений животноводческого комплекса с указанием размеров (длина, ширина, высота); вид, количество и средняя масса животных, находящихся в каждом здании; численность основных рабочих; параметры теплоносителей (температура воды на отопление, температура воды после отопления, избыточное давление пара, поступающего на технологические нужды); состав рабочей массы топлива; коэффициент избытка воздуха при слоеном сжигании топлива в котле. Данные для расчета преподаватель задает каждому студенту индивидуально, либо студент выполняет работу для конкретного хозяйства с предварительным сбором необходимых исходных данных /для студентов-заочников/.

Порядок выполнения работы.

1. Расчет тепловых нагрузок животноводческого комплекса: на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды.
2. Расчет и подбор калорифера воздушного отопления.
3. Расчет и подбор вентилятора отопительно-вентиляционной системы.
4. Расчет и подбор отопительных приборов.

Контрольная работа состоит из расчетно-пояснительной записки.

Расчетно-пояснительная записка должна отражать все разделы работы. Она выполняется на одной стороне листа формата А4 с оставлением полей. Все страницы имеют сквозную нумерацию, в начале записки приводятся содержание и исходные данные, а в конце – список использованной литературы.

Все расчеты сопровождаются необходимыми пояснениями с обоснованием принятых коэффициентов и справочных данных. Сначала формула записывается в общем виде, затем в нее подставляются численные значения всех величин, а потом записывается ответ с допустимым округлением.

При определении тепловых нагрузок животноводческого комплекса рекомендуется все расчеты выполнять отдельно для каждого здания. В том случае, если на комплексе имеется несколько одинаковых зданий для содержания животных одного вида, расчеты проводятся для одного из них, а при определении суммарных тепловых нагрузок каждого вида учитывается количество зданий с одинаковыми тепловыми нагрузками.

Расчеты и подбор калориферов воздушного отопления и вентилятора отопительно-вентиляционной системы выполняются только для одного помещения, указанного преподавателем.

По окончании расчетов по каждому разделу необходимо полученные значения сводить в результирующие таблицы [см. табл.1.3.; 1.5; 1.8; 2.6;].

1. Расчет тепловых нагрузок животноводческого комплекса

На животноводческих комплексах тепловая энергия в виде горячей воды и пара используется для отопления и вентиляции животноводческих и административно-бытовых помещений, для запаривания и замешивания кормов, пастеризации молока, а также для обработки молочной посуды и других санитарно-гигиенических нужд.

В соответствии с назначением потребителей теплоты тепловые нагрузки могут быть разделены по видам на отопительно-вентиляционные, горячее водоснабжение и технологические, причем основную долю из них составляет отопительно-вентиляционное теплоснабжение.

Животноводческие комплексы, как объекты теплоснабжения, имеют сезонные и круглогодичные тепловые нагрузки.

К сезонным тепловым нагрузкам относят расход теплоты на создания условий микроклимата, то есть на отопление и вентиляцию помещений. Величина этих нагрузок определяется атмосферным условием (температурой наружного воздуха, его влажностью и скоростью ветра). Потребление теплоты в течение суток практически не изменяется, что объясняется теплоустойчивостью помещений.

К круглогодичным тепловым нагрузкам относятся системы горячего водоснабжения и технологического оборудования (кормозапарники, пастеризаторы и др.). Они характеризуются практически постоянным потреблением теплоты в течение года, расход теплоты в течение суток значительно колеблется, что объясняется особенностями технологических

процессов в животноводстве (периодичность запаривания кормов, доение коров, уборки помещений и др.).

1.1. Расчет теплового потока на отопления животноводческого комплекса

Тепловой поток на отопления животноводческого комплекса складывается из потока теплоты на отопления всех животноводческих помещений и блока бытовых помещений.

Тепловой поток системы отопления каждого животноводческого помещения определяется на основании уравнения теплового баланса

$$\Phi_{от} = \Phi_{огр} + \Phi_{в} + \Phi_{исп} + \Phi_{инф} + \Phi_{к} - \Phi_{ж} - \Phi_{эл} - \Phi_{м.эл.}, \text{ Вт} \quad (1.1)$$

где $\Phi_{огр}$, $\Phi_{в}$, $\Phi_{исп}$, $\Phi_{инф}$, $\Phi_{к}$ – тепловые потоки, теряемые помещением соответственно через наружные ограждения, на нагрев приточного воздуха, на испарения влаги в помещении, нагрев инфильтрующегося воздуха и поступающих извне кормов, Вт;

$\Phi_{ж}$, $\Phi_{эл}$, $\Phi_{м.эл}$ – тепловые потоки, поступающие в помещение соответственно от животных, электрооборудования и освещения, средств местного электрообогрева.

Для практических расчетов с небольшой погрешностью можно принять, что поступление теплоты от электрооборудования и искусственного освещения, потери теплоты на нагрев в поступающих извне кормах компенсируются. Тогда уравнение теплового баланса запишется в следующем виде:

$$\Phi_{от} = \Phi_{огр} + \Phi_{в} + \Phi_{исп} + \Phi_{инф} + \Phi_{ж}, \text{ Вт.} \quad (1.2)$$

Таким образом, для определения мощности системы отопления необходимо для каждого животноводческого помещения определить все составляющие уравнения теплового баланса.

Тепловой поток, теряемый через ограждения - $\Phi_{огр}$, учитывает потери теплоты через все наружные ограждения (стены, окна, ворота, перекрытие) за исключения пола, так как можно считать, что поступления теплоты от подстилки компенсирует теплопотери через пол. В целом это есть поток теплоты, теряемый 1 м^3 наружного объема здания в единицу времени при разности температур внутреннего и наружного воздуха 1° .

$$\Phi_{огр} = q_o V_n (t_{в} - t_{н}), \text{ Вт} \quad (1.3)$$

где V_n - объем здания по наружному обмеру, м^3 ;
 $t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{н}$ - расчетная температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Удельная отопительная характеристика q_o определяется с учетом размеров и особенностей здания

$$q_0 = 1,06 \frac{P}{S} [K_{cm} + \rho_o (K_o - K_{cm})] \frac{1}{h} (0,9K_{nm} + 0,6K_{nl}), \text{ Вт/м}^2\text{ }^0\text{С} \quad (1.4)$$

где P - периметр здания, м;

S - площадь здания в плане, м²;

ρ_o - коэффициент остекления (отношение площади остекления к площади наружных стен);

h - высота наружных стен, м;

K_{cm} , K_o , K_{nm} , K_{nl} - коэффициент теплопередачи соответственно наружных стен, остекления, перекрытия и пола.

При расчете отопительной характеристики можно принять следующие значения коэффициентов теплопередачи: для наружных стен - 1,1..1,4 Вт/м²К; для перекрытия - 0,8..1,4 Вт/м²К; для остекления (двойного в деревянных переплетах) - 3 Вт/м²К; для полов - 0,25 Вт/м²К. Чем ограждение более высокого качества, ниже коэффициент теплопроводности используемых материалов. Чем больше толщина ограждений, тем значения коэффициентов теплопередачи принимаются в меньшую сторону.

При определении объема здания необходимо принять высоту от поверхности пола до верхнего утеплителя чердачного перекрытия. В том случае, если здание не имеет чердачного перекрытия, необходимо учесть и тот объем, который образует свод крыши.

Температура и относительная влажность воздуха внутри помещения оказывают большое влияние на продуктивность животных. Когда температура воздуха ниже расчетной, у животных включается регуляция теплопроизводства, что вначале приводит к увеличению потребления корма, а затем к снижению продуктивности. При температуре воздуха выше расчетной усвоение животными питательных веществ из корма понижается, а следовательно, падает продуктивность. Расчетные параметры воздуха (температура и влажность) зависят от вида помещения и способа содержания животных и приведены в приложении А. Эти параметры должны быть обеспечены в зоне расположения животных: в коровниках на высоте до 1,5 м. от пола, в свиарниках - до 1,0 м. Отклонение от расчетных температур допускается в пределах $\pm 2^0\text{С}$. В коровниках и помещениях для содержания молодняка в самый холодный период в течение 5 дней подряд, но не более 10 дней в году допускается понижение температуры внутреннего воздуха на 5^0С от расчетной, но не ниже 5^0С ; в свиарниках (кроме маточников и помещений для поросят-отъемышей) - до 10^0С .

Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки) зависит от климатических особенностей местности и для Иркутска и Читы принимается равной -38^0С [7].

Тепловой поток, расходуемый на нагрев приточного воздуха, определяется по следующему выражению

$$\Phi_6 = 0,278L_p \rho c (t_6 - t_n), \text{ Вт} \quad (1.5)$$

где L_p – расчетный объем приточного воздуха, м³/ч;

ρ – плотность воздуха при расчетной температуре внутри помещения, кг/м³;

c – удельная изобарная теплоемкость воздуха равная 1 кДж/кг⁰С.

Объем приточного воздуха определяется из расчета растворения углекислоты до допустимой концентрации и предельно допустимого содержания водяных паров. При таком воздухообмене происходит поглощение и других вредных выделений (аммиака, сероводорода, пыли), содержащихся в помещении в значительно меньших количествах.

Часовой объем приточного воздуха, необходимого для понижения концентрации углекислого газа, вычисляют по формуле

$$L_{CO_2} = \frac{cnK_t}{c_1 - c_2}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.6)$$

где c – количество углекислого газа, выделяемое одним животным, л/ч;

n – количество животных в помещении;

K_t – коэффициент, учитывающий изменение выделения углекислоты в зависимости от температуры воздуха внутри помещения;

c_1 – предельно допустимая концентрация углекислого газа в воздухе помещения л/м³;

c_2 – концентрация углекислого газа в свежем приточном воздухе.

Выделение углекислого газа одним животным зависит от его вида и массы (приложение В). Предельно допустимая концентрация углекислоты в помещениях для содержания крупного рогатого скота равна 2,5 л/м³, в помещениях для свиней – 2,0 л/м³. Содержание углекислого газа приточного воздуха, необходимого для растворения водяных паров, определяется следующим образом

$$L_w = \frac{W}{(d_g - d_n) \rho}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.7)$$

где W – масса влаги, выделяющейся в помещении за час, г/ч;

d_g и d_n – влагосодержание внутреннего и наружного воздуха, г/кг сухого воздуха,

ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Суммарные влаговыделения определяются по формуле 1.8.

$$W = W_{жс} + W_{исп}, \text{ г/ч} \quad (1.8)$$

где $W_{жс}$ – масса влаги, выделяемой животными за час, г/ч;

$W_{исп}$ – масса влаги, испаряющейся со смоченных поверхностей помещения (пол, подстилка, поилки), г/ч.

Влага, выделяема животными, равна

$$W_{жс} = WnK'_t, \text{ г/ч} \quad (1.9)$$

где W – выделение водяных паров одним животным, г/ч;

n – количество животных в помещении;

K'_t – коэффициент, учитывающий изменение выделения животными водяных паров в зависимости от температуры воздуха внутри помещения (приложение С).

Количество влаги, испаряемой со смоченных поверхностей

$$W_{исп.} = \xi W_{ж}, \text{ г/ч} \quad (1.10)$$

где ξ – коэффициент, равный отношению количества влаги, испаряющейся со смоченных поверхностей, к количеству влаги, выделяемой животными, в зависимости от условий их содержания (табл.1.1).

Влагосодержание внутреннего и наружного воздуха определяется в зависимости от температуры и относительной влажности соответственно внутреннего и наружного воздуха (приложение D).

Таблица 1.1- Значение коэффициента ξ

Условие содержания	Помещения для КРС	Помещения для свиней
Удовлетворительные. Исправно действующая канализация, регулярная уборка навоза. Достаточное количество соломенной подстилки.	0,10	0,12
Удовлетворительные. Уборка навоза 2...3 раза в сутки. Нерегулярная работа канализации. Недостаточное количество соломенной подстилки.	0,15	0,20
Те же условия, но при отсутствии подстилки	0,25	0,30

Плотность воздуха зависит не только от его температуры, но и от барометрического давления местности и определяется

$$\rho = \frac{346}{273+t} \cdot \frac{P}{99,3}, \text{ кг/м}^3 \quad (1.11)$$

где P – расчетное барометрическое давление в данной местности, кПа; (для Иркутска 95,2 кПа);

t – температура воздуха, °С.

Для определения минимального нормативного воздухообмена, приходящегося на 100 кг живой массы животных, можно воспользоваться выражением:

$$L_{\min} = \frac{\ell \cdot m \cdot n}{100}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.12)$$

где ℓ - минимальный воздухообмен на 100 кг массы животного, м³/ч,
 m - расчетная масса животных, кг,
 n -количество животных.

Таблица 1.2 - Нормы минимального воздухообмена в различные периоды года

Вид животных	Расход воздуха на 100 кг живой массы, м ³ /ч		
	Холодный	Переходный	Теплый
Крупный рогатый скот	17	45	100
Молодняк	20	45	100
Свиноматки, хряки, поросята	15	45	100
Свиньи на откорме	20	45	100

Минимальный нормативный воздухообмен вычисляется для проверки правильности определения объемов приточного воздуха, выполненных ранее.

Расчетный воздухообмен помещения принимается по наибольшему из $L_{\text{п}2}$, L_w или L_{\min} .

Тепловой поток, расходуемый на нагрев инфильтрующегося воздуха, определяется с учетом его поступления через неплотности в ограждениях (особенно через световые проемы), при открывании ворот и дверей, а также возможного превышения расхода приточного воздуха над расходом удаляемого. Рекомендуется принимать теплопотери на инфильтрацию в размере 30% теплопотерь через ограждения конструкции. Таким образом

$$\Phi_{\text{инф}} = 0,3 \Phi_{\text{огр}}, \text{ Вт} \quad (1.13)$$

Тепловой поток, выделяемый животными, складывается из скрытых тепловыделений и свободных (явных) тепловыделений.

Скрытые тепловыделения, будучи связаны с процессами влагообмена животных с окружающей средой, приводят к увеличению содержания водяных паров внутри помещения. При этом температура внутри помещения не изменяется. Такие тепловыделения характеризуют тепловыделения животных, но не относятся к теплоступлениям в помещение и не входят в его тепловой баланс.

Свободные тепловыделения расходуются непосредственно на нагревание воздуха внутри помещения. Они представляют собой теплоступления в помещения и определяются по выражению:

$$\Phi_{\text{жс}} = q n K''_t, \text{ Вт} \quad (1.14)$$

где q – поток свободной теплоты, выделяемой одним животным, Вт;

n – количество животных в помещении,

K''_t – коэффициент, учитывающий изменение количества выделенной животным теплоты в зависимости от температуры воздуха внутри помещения (приложение С).

После определения каждой составляющей теплового баланса определяется общий тепловой поток, необходимый для отопления данного животноводческого помещения.

По такой же методике рассчитывается тепловой поток на отопления всех других животноводческих помещений.

Тепловой поток, расходуемый на отопление блока административно-бытовых помещений, определяется по удельной тепловой характеристике, которая учитывает расход теплоты и на его вентиляцию:

$$\Phi_{от}^{\bar{}} = q_m V_n^{\bar{}} (t_{в}^{\bar{}} - t_n) a, \text{ Вт} \quad (1.15)$$

где q_m - удельная теплота характеристика здания, Вт/м³·°C;

$V_n^{\bar{}}$ - объем здания по наружному обмеру, м³;

$t_{в}^{\bar{}}$ - расчетная температура воздуха внутри административно-бытового блока, °C;

a - поправочный коэффициент, учитывающий влияние разности расчетных температур воздуха на значение тепловой характеристики.

Для административно-бытовых зданий удельная тепловая характеристика определяется

$$q_m = 1,163 \frac{\left(1 + 2\rho_0^{\bar{}}\right) F_{ст}^{\bar{}} + S^{\bar{}}}{V_n^{\bar{}}}, \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}, \quad (1.16)$$

где $\rho_0^{\bar{}}$ - коэффициент остекления административно-бытового блока;

$F_{ст}^{\bar{}}$ - площадь поверхности наружных стен, м²;

$S^{\bar{}}$ - площадь здания в плане, м².

Расчетная температура воздуха внутри административно-бытового блока принимается равной 18°C.

Поправочный коэффициент a определяется по формуле

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_{в}^{\bar{}} - t_n} \quad (1.17)$$

Результаты расчета теплового потока на отопления всего животноводческого комплекса сводятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 - Результаты расчета теплового потока на отопление животноводческого комплекса

Помещение комплекса	Составляющие уравнения теплового баланса помещения					Тепловой поток на отопление $\Phi_{от}, \text{ кВт}$	Количество помещений	Тепловой поток на отопление однотипных помещений
	$\Phi_{огр}, \text{ кВт}$	$\Phi_{в}, \text{ кВт}$	$\Phi_{исп}, \text{ кВт}$	$\Phi_{инф}, \text{ кВт}$	$\Phi_{ж}, \text{ кВт}$			

--	--	--	--	--	--	--	--	--

После этого определяется суммарный тепловой поток на отопление всего животноводческого комплекса $\sum \Phi_{от}$.

1.2 Расчет теплового потока на горячее водоснабжение животноводческого комплекса

Горячее водоснабжение на животноводческих комплексах используются для санитарно-гигиенических нужд, для поения животных в холодный период года, для бытовых нужд обслуживающего персонала.

Санитарно-гигиенические нужды включают в себя мойку оборудования и помещений, уход за животными. Расход горячей воды для этих целей учитывается среднесуточной нормой потребления (табл. 1.4.).

Таблица 1.4 - Среднесуточные нормы потребления горячей воды на санитарно-гигиенические нужды и поение животных ($m^{c.2.}$)

Группы животных	На санитарно-гигиенические нужды		На поение животных	
	Температура воды, °С	Расход на одно животное, кг	Температура воды, °С	Расход на одно животное, кг
Телята	55-65	2	14-16	10
Молодняк КРС	55-65	2	8-12	25
Быки и нетели	55-65	5	8-12	40
Коровы молочные	55-65	15	8-12	65
Хряки – производители	50-60	7,5	10-16	10
Свиноматки холостые и супоросные	50-60	6	10-16	12
Свиноматки подсосные с приплодом	50-60	20	10-16	20
Свиньи на откорме	50-60	4,5	10-16	6
Поросята-отъемыши	50-60	1,5	16-20	2

Тепловой поток, расходуемый на горячее водоснабжение для санитарно-гигиенических нужд

$$\Phi_{2.в}^{c.2} = \beta_1 \frac{0,278c_v (t_{2.в}^{c.2} - t_x)}{24} m^{c.2} n; \text{ Вт} \quad (1.18)$$

где β_1 - коэффициент неравномерности потребления горячей воды в течении суток (принимается равным 2,5);

c_v - удельная массовая теплоемкость воды ($c_v = 4,2$ кДж/кг⁰С);

$m^{c.2}$ - среднесуточная норма потребления горячей воды на санитарно-гигиенические нужды, кг;

n - количество животных в помещении;

$t_{\bar{a}\bar{a}}^{n.a.}$ - температура горячей воды на санитарно-гигиенические нужды, ⁰С (табл.1.4);

t_x - температура холодной воды (в холодный период года принимается равной 5⁰С, а в теплый 15⁰С)

Тепловой поток, расходуемый на горячее водоснабжение для поения животных в холодный период года, определяется так же, исходя из среднесуточной нормы потребления

$$\Phi_{2.в}^n = \beta_1 \frac{0,278c_v (\tau_{2.в}^n - \tau_x)}{24} m^n n, \text{ Вт} \quad (1.19)$$

где m^n - среднесуточная норма потребления горячей воды на поение животных в холодный период года, кг (см. табл. 1.4.);

n - количество животных,

$\tau_{2.в}^n$ - расчетная температура воды, поступающей на поение животных, ⁰С (табл.1.4.).

Для бытовых нужд обслуживающего персонала горячая вода используется в душевых, размещенных в блоках бытовых помещений, и в умывальных общего пользования, находящихся непосредственно в помещениях, где содержатся животные.

Тепловой поток, расходуемый на горячее водоснабжение душевых в блоке бытовых помещений

$$\Phi_{2.в}^{\delta} = 0,278V_v^{\delta} \rho_v c_v (\tau_{2.в}^{\delta} - \tau_x), \text{ Вт} \quad (1.20)$$

где V_v^{δ} - часовой расход горячей воды, л/ч;

ρ_v - удельный вес воды при ее средней температуре, кг/л ($\rho_v = 0,99$ кг/л);

c_v - удельная массовая теплоёмкость воды;

$\tau_{\bar{a}\bar{a}}^{\delta}$ - расчетная температура горячей воды для бытовых нужд, ⁰С

$$(\tau_{\bar{a}\bar{a}}^{\bar{a}} = 55^{\circ}\text{C});$$

τ_{δ} - температура холодной воды.

Часовой расход горячей воды для душевых бытовых помещений определяется из расчета одновременной работы всех душевых сеток

$$V_{\bar{a}}^{\bar{a}} = V_{\bar{n}} n_{\bar{n}}, \text{ л/ч} \quad (1.21)$$

где V_c - часовой расход воды на одну душевую сетку, л/ч ($V_c = 270$ л/ч);

n_c - количество душевых сеток (на 5-7 основных рабочих принимается одна душевая сетка).

Тепловой поток, расходуемый на горячее водоснабжение умывальных в каждом животноводческом помещении

$$\Phi_{г.в.}^y = 0,278 V_{г.в.}^y \rho_{г.в.} c_{г.в.} (\tau_{г.в.}^{\bar{b}} - \tau_x), \text{ Вт} \quad (1.22)$$

где $V_{г.в.}^y$ - часовой расход горячей воды в умывальных, л/ч.

$c_{г.в.}$ -удельная массовая теплоёмкость воды,

$\rho_{г.в.}$ - удельный вес воды при ее средней температуре, кг/л

$\tau_{г.в.}^{\bar{b}}$ - расчетная температура горячей воды для бытовых нужд, $^{\circ}\text{C}$

τ_{δ} - температура холодной воды

Часовой расход горячей воды в умывальных каждого животноводческого помещения определяется так же из расчета одновременной работы всех умывальных точек

$$V_{г.в.}^y = V_y n_y, \text{ л/ч} \quad (1.23)$$

где V_y - часовой расход воды на одну умывальную точку, л/ч ($V_y = 80$ л/ч);

n_y - количество умывальных точек в каждом животноводческом помещении.

Результаты расчета теплового потока на горячее водоснабжение животноводческого комплекса сводятся в таблицу 1.5.

После этого определяется суммарный тепловой поток на горячее водоснабжение всего животноводческого комплекса $\sum \Phi_{г.в.}$.

Таблица 1.5 - Результаты расчета теплового потока на горячее водоснабжение животноводческого комплекса

Помещение комплекса	Составляющие теплового потока на горячее водоснабжение животноводческого комплекса				Тепловой поток на горячее водоснабжение	Количество помещений	Тепловой поток на горячее водоснабжение одинаковых помещений
	кВт	кВт	кВт	кВт			

--	--	--	--	--	--	--	--

1.3 Расчет теплового потока на технологические нужды

Суммарный поток теплоты на технологические нужды на животноводческом комплексе в общем случае включает в себя теплоту, расходуемую на кормоприготовление и на пастеризацию молока (для молочных комплексов)

Среди различных способов приготовления и подготовки кормов для животных важная роль отводится тепловой обработке, которая проводится в общем для всего комплекса кормоцехе. В этом случае тепловая энергия расходуется на запаривание корнеклубнеплодов, различных кормовых смесей и грубых кормов, а также на заваривание, осолаживание и дрожжевание кормов. Расчеты в этом случае производятся по укрупненным нормам расхода пара и горячей воды на тепловую обработку кормов. В качестве теплоносителя наиболее часто используется водяной пар.

Тепловой поток, расходуемый на тепловую обработку кормов, рассчитывается для каждой группы животных отдельно по каждому виду корма

$$\Phi_m^k = \frac{0,278\beta_2 m_k d_k h_n n}{24}, \text{ Вт} \quad (1.24)$$

где β_2 - коэффициент неравномерности потребления теплоты на приготовление кормов в течении суток (принимается равным 4);

m_k - масса данного вида корма, подлежащего тепловой обработке в суточном рационе одного животного, кг;

d_n - удельный расход пара на обработку данного вида корма, кг/кг;

h_n - энтальпия пара, используемого на технологические нужды, кДж/кг;

n – количество животных данной группы на животноводческом комплексе.

Количество кормов, подлежащих тепловой обработке в суточном рационе животных, приведено в таблице 1.6., а удельный расход теплоносителя – в таблице 1.7.

Таблица 1.6 - Количество кормов, подлежащих тепловой обработке в суточном рационе животных

Группы животных	Количество кормов для тепловой обработки на одно животное по видам, кг		
	Солома	Корнеклубнеплоды	Концентрированные корма
Коровы	4,0	-	2,5
Телята до 6 месяцев	1,5	1,0	1,1

Молодняк КРС	2,0	-	2,0
Свиньи на откорме	-	6,7	1,5
Свиноматки	-	5,0	3,0

Таблица 1.7 - Нормы расхода водяного пара и воды в процессах кормоприготовления

Процесс кормоприготовления	Вид корма	Удельный расход, кг/кг		Температура воды, °С
Запаривание	Корнеклубнеплоды	0,2	-	-
	Зерно	0,3-0,4	1,0-1,5	5
	Пищевые отходы	0,3-0,4	1,5-2,5	45
	Солома	0,3-0,45	1,5-2,5	45
	Мука	0,3-0,5	1,0-1,5	5
Заваривание	Солома	-	1,0-1,5	95
Осолаживание	Зерно, мука	-	1,5-2,5	90
Дрожжевание	Крахмал	-	1,5-2,0	45

Энтальпия пара определяется в зависимости от его давления в кормозапарнике (приложение Е). В аппаратах, для тепловой обработки кормов, лучше и экономнее использовать пар с избыточным давлением до 68,7 кПа, т.к. при большем давлении расход пара увеличивается.

После расчета теплового потока на тепловую обработку каждого вида корма для каждой группы животных находят суммарный тепловой поток на кормоприготовление для всего животноводческого комплекса $\sum \Phi_m^k$. На основании этого определяется часовой расход пара на тепловую обработку кормов для всего комплекса

$$D_m^k = \frac{3,6 \sum \Phi_m^k}{(h_n - h_k) \eta_k}, \text{ кг/ч} \quad (1.25)$$

где h_k – энтальпия конденсата, кДж/кг;

η_k - тепловой КПД устройства для тепловой обработки кормов ($\eta_k = 0,85 - 0,90$).

Энтальпия конденсата рассчитывается в зависимости от температуры, которая обычно бывает на 10-15⁰С меньше температуры пара (приложение Е)

$$h_k = c_v t_k, \text{ кДж/кг} \quad (1.26)$$

где c_v – удельная массовая теплоемкость воды ($c_v = 4,2 \text{ кДж/кг}^0\text{С}$);

t_k - температура конденсата, ⁰С.

Для сохранения пищевой и технологической ценности молока на длительный период времени его подвергают первичной обработке с целью уничтожения микроорганизмов. Такой процесс называется пастеризацией, которая обычно проводится после очистки молока. При пастеризации молоко нагревают до определенной температуры (не до кипения) с последующим охлаждением. Кратковременная пастеризация заключается в нагреве молока до 72⁰С с выдержкой времени при этой температуре в течение 20-30 с. При мгновенной пастеризации нагрев осуществляется при 85-90⁰С без дальнейшей выдержки.

Тепловой поток, расходуемый на пастеризацию молока, определяется по формуле 1.27.

$$\Phi_K^n = 0,278G_M c_M (t_M'' - t_M') , \text{ Вт} \quad (1.27)$$

где G_M - масса молока, обрабатываемого в пастеризаторе за час (производительность пастеризатора), кг/ч;

c_M - теплоемкость молока ($c_M = 3,94$ кДж/кг⁰С);

t_M'' - температура молока в конце пастеризации, ⁰С;

t_M' - температура молока до пастеризации, ⁰С (для охлажденного - 5⁰С, для молока сразу после дойки - 35⁰С)

В настоящее время применяются пастеризаторы, имеющие производительность 1000- 2000 кг/ч. Часовой расход пара на пастеризацию молока

$$D_m^n = \frac{3,6\Phi_m^n}{(h_n - h_k)\eta_n} , \text{ кг/ч} \quad (1.268)$$

где η_n - тепловой КПД пастеризатора (принимается 0,90- 0,95).

Результаты расчета теплового потока и расхода пара на технологические нужды $\sum \Phi_m$ и суммарный расход пара на технологические нужды всего животноводческого комплекса $\sum D_m$.

Таблица 1.8 - Результаты расчета теплового потока и расхода пара на технологические нужды

Группы животных на комплексе	Количество голов на комплексе	Тепловой поток, кВт		Расход пара, кг/ч	
		На кормоприготовление	На пастеризацию	На кормоприготовление	На пастеризацию

На основании расчетов тепловых потоков на отопление, горячее водоснабжение и технологические нужды всего животноводческого комплекса определяется суммарная нагрузка

$$\sum \Phi = \sum \Phi_{от} + \sum \Phi_{з.в.} + \sum \Phi_{т}, \text{ Вт} \quad (1.29)$$

2. Расчет и выбор оборудования для отопления животноводческого комплекса

Наибольшее распространение в животноводческих помещениях получили системы воздушного отопления, совмещенные с подачей свежего приточного воздуха. В этом случае для подогрева воздуха используются калориферные установки, включающие в себя калорифер, вентилятор и контрольно-регулирующую аппаратуру. Параметры воздуха и схемы его подачи в животноводческое помещение определяются количеством теплоты, необходимой для поддержания теплового баланса, а так же конструктивными особенностями помещения, технологией содержания животных и другими факторами, зависящими от конкретных условий. Максимальная температура воздуха, подаваемого системой воздушного отопления не должна превышать 70⁰С.

В составе отопительно-вентиляционной системы особое значение имеет теплоисточники. Их выбор производят с учетом следующих условий. Теплогенераторы используются при децентрализованном теплоснабжении мелких животноводческих ферм. Электрокалориферные установки – для создания микроклимата в помещениях для содержания молодняка. Водяные и паровые калориферы применяются при системах теплоснабжения от паровых или водогрейных котельных. Исходными данными для расчета и выбора теплоисточника являются необходимая тепловая мощность и расход вентиляционного воздуха. Наибольшее применение в практике, благодаря компактности и высокой производительности, получили паровые и водяные калориферы.

В родильных отделениях и помещениях для содержания молодняка животных дополнительно к устройствам, служащим для нагрева приточного воздуха, применяются системы центрального водяного или парового отопления с различными нагревательными приборами. В административно-бытовых помещениях используют так же центральные системы отопления с нагревательными приборами.

Центральные системы отопления конструктивно выполняются так, что генератор теплоты располагается вне отапливаемых помещений, а в помещениях теплоноситель подается по системе трубопроводов. От одного генератора теплоты отапливаются все здания животноводческого комплекса.

Одним из основных преимуществ парового отопления является меньший расход по массе трубопроводов, чем в системе водяного отопления, а, следовательно, меньшие капиталовложения в систему отопления. Вторым

преимуществом является то, что коэффициент теплопередачи отопительного прибора при паре больше этого коэффициента, чем при воде, что ведет к уменьшению площади поверхности прибора. Однако при паровой системе отопления имеет место слишком высокая температура поверхности нагревательных приборов (температура пара 120-130⁰С), что приводит к возгонке органической пыли, находящейся в помещениях. Кроме того невозможно плавное регулирование теплоотдачи отопительных приборов при изменении температуры окружающего воздуха. В помещениях животноводческих комплексов возможно применение системы парового отопления только при условии, что в них нет пылевыделения, а регулирование теплоотдачи отопительных приборов осуществляется периодическим отключением системы на определенное время.

В административно-бытовых помещениях допускается применение только систем водяного отопления, так как максимальная температура поверхности нагревательных приборов должна быть не выше 95⁰С.

2.1. Расчет калориферов отопительно-вентиляционной системы

Калориферы предназначены для нагрева воздуха в отопительно-вентиляционных системах. Во всех конструкциях калорифера сохраняется один принцип работы: воздух, нагнетаемый вентилятором, проходит через теплообменник, в котором нагревается за счет теплоты горячей воды или пара. Калориферы, в которых используется вода, обозначается КВ, а для пара – КП.

В настоящее время изготавливаются калориферы пяти моделей: самая малая (СМ), малая (М), средняя (С), большая (Б), самая большая (СБ). Каждая модель подразделяется на 12 номеров, которые определяют величину площади поверхности нагрева и присоединительные размеры.

По характеру движения теплоносителя калориферы могут быть одноходовыми (КВБ, КЗПП, К4ПП, КФСО, КФБО), в которых пар или горячая вода движется сразу по всем трубкам в одном направлении, и многоходовые (КВС-П, КВБ-П, КЗВП, К4ВП), в которых горячая вода неоднократно изменяет направление движения. Одноходовые калориферы имеют диагональное, а многоходовые - одностороннее присоединение штуцеров.

Для увеличения площади поверхности нагрева на трубки калорифера надевают тонкие стальные пластины или навивают стальную ленту. Изготовленные таким образом калориферы называют пластинчатыми (КВБ, КЗПП, К4ПП и др.) или спиральнонавивными (КФСО, КФБО).

В условное обозначение калорифера входит наименование типа, модели, номера калорифера и тип конструкции оребрения. Например, КВС10-П – калорифер пластинчатый, для воды, средней модели, №10.

В отопительно-вентиляционных системах животноводческих помещений обычно используются калориферы КВС-П и КВБ-П, предназначенные для работы с использованием горячей воды.

Технические данные калориферов приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Технические данные водяных калорифера КВС-П и КВБ-П

Номер калорифера	Площадь поверхности нагрева, м ²		Площадь живого сечения, м ²		
	КВС-П	КВБ-П	По воздуху	По теплоносителю	
				КВС-П	КВБ-П
6	11,4	15,14	0,1392	0,00116	0,00154
7	14,6	18,81	0,1720	0,00116	0,00154
8	16,92	22,44	0,2048	0,00116	0,00154
9	19,56	26,0	0,2376	0,00116	0,00154
10	25,08	33,34	0,3033	0,00116	0,00154
11	72,0	95,63	0,8665	0,00232	0,00308
12	108,0	143,5	1,2985	0,00347	0,00462

При использовании в качестве теплоносителя водяного пара применяются калориферы КПС-П и КВБ-П. Это одноходовые калориферы по теплоносителю, их техническая характеристика приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Технические данные паровых калориферов КПС-П и КПБ-П

Номер калорифера	Площадь поверхности нагрева, м ²		Площадь живого сечения, м ²		
	КПС-П	КПБ-П	По воздуху	По теплоносителю	
				КПС-П	КПБ-П
6	11,4	15,14	0,267	0,00523	0,00697
7	14,16	18,81	0,329	0,00523	0,00697
8	16,92	22,44	0,392	0,00523	0,00697
9	19,56	26,0	0,455	0,00523	0,00697
10	25,08	33,34	0,581	0,00523	0,00697
11	72,0	95,63	1,65	0,0105	0,01394
12	108,0	143,5	2,49	0,01568	0,02091

Технические данные для других моделей калориферов приводятся в специальной справочной литературе [1,2].

В зависимости от требуемого количества теплоты и условий работы калориферной установки подбирается модель, номер и количество калориферов. По отношению, проходящего через калориферы воздуха, они

могут устанавливаться параллельно или последовательно. Для нагрева значительных объемов воздуха при небольшом перепаде температур применяется параллельная установка калориферов. Когда необходимо нагреть воздух на 40 градусов и больше, калориферы устанавливаются последовательно. Присоединение калориферов к водяным тепловым сетям также осуществляется по параллельной или последовательной схемам, а к паровым – только по параллельной схеме.

Расчет и подбор калориферов производится в следующей последовательности.

Расчетная тепловая мощность калориферной установки в тех животноводческих помещениях, где система отопления совмещена с системой вентиляции, принимается равной тепловому потоку на отопление данного помещения, определенному из уравнения теплового баланса

$$\Phi_{к.у}^p = \Phi_{от}, \text{ Вт} \quad (2.1)$$

Для тех помещений, в которых используется центральное водяное отопление, тепловая мощность калориферной установки принимается равной тепловому потоку, идущему на нагрев приточного воздуха

$$\Phi_{к.у}^p = \Phi_{в}, \text{ Вт} \quad (2.2)$$

Конечная температура подогретого воздуха на выходе из калориферной установки

$$t_k = t_n + \frac{3,6\Phi_{к.у}^p}{L_p \rho \cdot c}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.3)$$

где, p - расчётная плотность воздуха, кг/м^3 ;

c - удельная изобарная теплоёмкость, $\text{кДж/кг}^\circ\text{C}$;

L_p – расчетный объем приточного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

t_n – начальная температура воздуха на входе калорифера.

Расчетная площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха

$$f_p = \frac{L_p}{3600 \cdot (v\rho)^p}, \text{ м}^2 \quad (2.4)$$

где $(v\rho)^p$ - расчетная массовая скорость воздуха, $\text{кг/с} \cdot \text{м}^2$.

Под массовой скоростью понимают массу воздуха, проходящего за 1 с. через 1 м^2 площади живого сечения калорифера. С увеличением массовой скорости повышается коэффициент теплопередачи калорифера, но возрастает и сопротивление прохода воздуха. По экономическим соображениям массовая скорость воздуха принимается для водяных калориферов $7 \dots 10 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$, для паровых – $3 \dots 7 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$.

Исходя из расчетной площади живого сечения калорифера по техническим данным (табл.2.1. и 2.2), подбирают модель и номер калорифера с площадью живого сечения по воздуху близкой к расчетной. При параллельной установке нескольких калориферов учитывается их суммарная площадь живого сечения.

По действительной площади живого сечения калорифера определяется действительная массовая скорость воздуха

$$(v\rho) = \frac{L_p}{3600 fm}, \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2 \quad (2.5)$$

где m – количество калориферов, установленных параллельно.

Для водяных калориферов определяется скорость горячей воды в трубках калорифера:

$$\omega = \frac{\Phi_{\text{к.у.}}^p}{10^3 c_w \rho_w (t_z - t_o) f_{mp}}, \text{ м/с} \quad (2.6)$$

где c_w - удельная массовая теплоемкость воды ($c_w = 4,2 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$);

ρ_w - плотность воды при ее средней температуре, кг/м^3 ;

t_z - температура воды на входе в калорифер, $^\circ\text{С}$;

t_o - температура воды на выходе из калорифера, $^\circ\text{С}$;

f_{mp} - площадь живого сечения трубок калорифера по теплоносителю, м^2 (см. табл. 2.1).

Коэффициент теплопередачи калорифера определяется с учетом принятой модели, значения массовой скорости воздуха, виде теплоносителя и скорости воды. Расчет производится по эмпирическим зависимостям, полученным на основании обобщения опытных данных (см. табл. 2.3).

Фактический тепловой поток, передаваемый калориферной установкой нагреваемому воздуху:

$$\Phi_{\text{к.у.}}' = \kappa F m (t_{\text{ср.}}' - t_{\text{ср.}}), \text{ Вт} \quad (2.7)$$

где κ - коэффициент теплопередачи, $\text{Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$;

F - площадь поверхности нагрева одного калорифера, м^2 (табл. 2.1, 2.2);

$t_{\text{ср.}}'$ - средняя температура теплоносителя калорифере, $^\circ\text{С}$;

$t_{\text{н} \delta}$ - средняя температура воздуха в калорифере, $^\circ\text{С}$.

Если в качестве теплоносителя используется вода, то $t_{\text{н} \delta}' = \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{о}}}{2}, \text{ }^\circ\text{С}$

Если теплоносителем является пар с избыточным давлением менее 30 кПа, то среднюю температуру допускается принять равной 100°С . При избыточном давлении более 30 кПа средняя температура принимается равной температуре насыщения при соответствующем давлении (приложение Е).

В том случае, если фактический тепловой поток калориферной установки меньше чем это требуется по расчету, то принимается последовательная установка калориферов той же модели и того же номера. Количество последовательно установленных калориферов:

$$n = \frac{\Phi_{к.у.}^p}{\Phi_{к.у.}'} \quad (2.8)$$

округляется до целого значения в большую сторону.

Общий тепловой поток калориферной установки равен

$$\Phi_{к.у.} = \Phi_{к.у.}' \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

Запас калориферной установки по тепловой мощности Δ :

$$\Delta = \frac{\Phi_{к.у.} - \Phi_{к.у.}^p}{\Phi_{к.у.}^к} 100\% \quad (2.10)$$

Тепловая мощность калориферной установки должна быть на 15...20% больше расчетного теплового потока на нагрев воздуха. Если это условие не выполняется, то необходимо принять калорифер другой модели и расчеты повторить. Излишний запас мощности увеличивает опасность замерзания калорифера в холодный период года.

Аэродинамическое сопротивление одного ряда последовательно установленных калориферов определяется по эмпирическим зависимостям (табл. 2.3.). При последовательной установке нескольких одинаковых калориферов их аэродинамическое сопротивление равно.

$$P_{к.у.} = nP, \text{ Па} \quad (2.11)$$

где P - аэродинамическое сопротивление одного ряда калориферов, Па.

Таблица 2.3 - Расчетные зависимости для коэффициента теплопередачи и аэродинамического сопротивления калориферов

Марка Калорифера	Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² °С		Сопротивление одного ряда калорифера, Па
	Пар	Вода	
КВБ	$17,75(\nu p)^{0,354}$	$17,75(\nu p)^{0,343} \omega^{0,149}$	$1,485(\nu p)^{1,69}$
КЗПП	$14,1(\nu p)^{0,366}$	$12,9(\nu p)^{0,393} \omega^{0,108}$	$1,2(\nu p)^{1,76}$
К4ПП	$11,6(\nu p)^{0,62}$	$10,5(\nu p)^{0,446} \omega^{0,034}$	$1,72(\nu p)^{4,75}$
КФСО	$18,55(\nu p)^{0,49}$	$16,55(\nu p)^{0,501} \omega^{0,122}$	$3,29(\nu p)^{2,01}$
КФБО	$16,5(\nu p)^{0,455}$	$14,75(\nu p)^{0,517} \omega^{0,138}$	$4,23(\nu p)^{4,94}$
КВС-П	-	$20,8(\nu p)^{0,32} \omega^{0,13}$	$2,16(\nu p)^{4,62}$
КВБ-П	-	$19,7(\nu p)^{0,32} \omega^{0,13}$	$2,75(\nu p)^{4,65}$
КЗВП	-	$12,9(\nu p)^{0,395} \omega^{0,106}$	$1,2(\nu p)^{1,76}$
К4ВП	-	$10,5(\nu p)^{0,446} \omega^{0,34}$	$1,72(\nu p)^{1,75}$

2.2. Расчет вентилятора отопительно-вентиляционной системы

Вентиляторы – это устройства, предназначенные для подачи воздуха в помещение. По принципу работы и конструктивным особенностям они подразделяются на осевые и центробежные.

Осевые вентиляторы применяются для перемещения больших объемов воздуха при относительно малых (до 200 Па) сопротивлениях сети. Осевые вентиляторы по сравнению с центробежными имеют меньшую массу, компактны, их можно включать непосредственно в сеть воздуховодов. Однако они при работе создают большой шум и не способны преодолевать большие сопротивления.

Широкое распространение в отопительно-вентиляционных системах животноводческих помещений получили центробежные вентиляторы серии Ц4-70, подразделяющиеся по номерам. Буква Ц означает, что вентилятор центробежный; 4 соответствует значению коэффициента полного давления на оптимальном режиме, увеличенному 10 раз и округленному до целой величины; 70 – округленное значение быстроходности вентилятора, рад/с. Номер вентилятора соответствует диаметру рабочего колеса, выраженному в дециметрах. Эти вентиляторы обладают высокими аэродинамическими качествами и бесшумны в работе. Технические данные вентилятора серии Ц4-70 приведены в таблице 2.4.

Подбор вентилятора выполняется по производительности и полному давлению, обеспечивающему преодолению аэродинамического сопротивления всей отопительно-вентиляционной системы.

Расчетная производительность вентилятора определяется по количеству воздуха, проходящего через калориферную установку

$$L_v^p = K_n L_p \frac{273 + t_k}{273 + t_v}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.12)$$

где K_n - поправочный коэффициент на подсосы воздуха в воздуховодах (стальных, пластмассовых воздуховодов длиной до 50 м; $K_n=1,1$) в остальных случаях – $K_n=1,15$.

Расчетное полное давление, которое должен развивать вентилятор, определяется с учетом того, что наиболее протяженным участком отопительно-вентиляционной системы является распределительный воздуховод. При помощи этих воздуховодов осуществляется равномерное распределение нагретого воздуха по объему помещения. Широкое распространение получили пленочные распределительные воздуховоды поперечного сечения. Их количество рекомендуется применять равным количеству рядов стойл или станков для содержания животных.

$$P_v^p = 1,1(P_{к.у.} + 2\Delta P) \frac{273 + t_k}{293} \cdot \frac{99,3}{P}, \text{ Па} \quad (2.13)$$

где $P_{к.у.}$ - потери давления в калориферной установке, Па;

$2\Delta P$ - удвоенные потери давления в распределительном воздуховоде, Па.

При условиях работы вентилятора, отличающихся от стандартных, подача и давление приводится к стандартным условиям, путем умножения на соответствующие поправочные коэффициенты.

Потеря давления в распределительном воздуховоде

$$\Delta P = P_{\partial} + P_{cm}, \text{ Па} \quad (2.14)$$

где P_{∂} - динамическое давление воздуха в воздуховоде, Па;
 P_{cm} - статическое давление воздуха в воздуховоде, Па.

$$\text{Динамическое давление воздуха } P_{\partial} = \rho \frac{v^2}{2}, \text{ Па} \quad (2.15)$$

где ρ - плотность воздуха в воздуховоде;
 v - скорость воздуха в воздуховоде (принимается равной 6...8 м/с).
 Статическое давление воздуха

$$P_{cm} = \frac{1}{\mu} \rho \frac{v_0^2}{2}, \text{ Па} \quad (2.16)$$

где μ - коэффициент расхода воздуха (принимается равным 0,65);
 v_0 - скорость выхода воздуха из отверстий воздуховода в помещение
 (рекомендуется принимать в пределах 5...8 м/с)

Определение номера вентилятора производится по технической характеристике вентилятора (табл. 2.4.). При этом необходимо чтобы производительность (подача) и полное давление выбранного вентилятора были не меньше, чем расчетные.

Мощность, необходимая для привода вентилятора,

$$N_u = \frac{L_{\partial}^p P_{\partial}^p}{3600 \eta_{\partial} \eta_n}, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

где η_{∂} - КПД вентилятора (табл.2.4);

η_n - КПД привода (для клиноременной передачи $\eta_0 = 0,95$, при непосредственной посадке рабочего колеса вентилятора на вал электродвигателя $\eta_n = 1,0$)

Установленная мощность электродвигателя

$$N_{уст} = \kappa_3 N_{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

где κ_3 - коэффициент запаса мощности.

Для центробежных вентиляторов при $N_{\partial} = 2...5$ кВт, $\kappa_3 = 1,15$;

при N_{∂} более 5 кВт $\kappa_3 = 1,1$.

Таблица 2.4 - Технические данные вентилятора серии Ц4 - 70

Номер вентилятора	Частота вращения, мин ⁻¹	Подача, м ³ /ч	Давление, Па	КПД, %	Мощность, кВт
2,5	1400	680	180	73,6	0,12
	2800	1400	670	73,6	0,55
3,15	1400	1600	270	75,5	0,25

	2860	2700	1200	75,5	1,5
4	915	1700	200	77,6	0,37
	1370	2800	450	77,6	0,75
	2880	5800	1900	77,7	5,5

Продолжение таблицы 2.4

5	930	3800	330	80,0	0,75
	1420	5900	750	80,0	2,2
6,3	950	7500	500	80,5	2,2
	1450	11500	1200	80,5	7,5
8	670	11000	450	80,0	3,0
	755	13000	550	80,0	3,0
	970	17000	950	80,0	7,5
	1190	20000	1400	80,0	15,0
10	530	17000	420	80,0	5,5
	670	22000	670	80,0	7,5
	750	24000	800	80,0	11,0
	845	28000	1100	80,0	15,0
	970	33000	1500	80,0	22,0
12,5	425	27000	420	80,0	5,5
	530	33000	670	80,0	11,0
	600	38000	850	80,0	15,0
	755	48000	1300	80,0	30,0

2.3 Выбор и расчет отопительных приборов системы центрального водяного отопления.

Отопительные приборы предназначены для теплоты от теплоносителя системы отопления отапливаемому помещению.

Отопительные приборы, устанавливаемые в помещениях, должны отвечать теплотехническим, санитарно-гигиеническим, технико-экономическим и другим требованиям. Они должны обеспечивать высокую интенсивность теплопередачи, характеризоваться невысокой стоимостью и небольшим расходом материалов на изготовление, быть по возможности компактными, обладать гладкой поверхностью и не ухудшать интерьер помещения. Конструкция их должна благоприятствовать массовому производству и быть удобной при монтаже и эксплуатации.

В административных и бытовых помещениях устанавливают следующие виды отопительных приборов: чугунные радиаторы, стальные штампованные радиаторы и конвекторы, представляющие собой трубы диаметром 15...20 мм с оребрением из стальной ленты толщиной 0,5 мм

Наиболее распространены чугунные радиаторы типов М-140-АО, М-140, РД-90 и М-90, достоинство которых в их стойкости против коррозии, возможности набора из отдельных секций отопительных батарей с различной

нагревательной поверхностью и относительно гладкой поверхностью, что уменьшает их загрязнение и облегчает очистку от пыли. Основным недостатком чугунных радиаторов является их большая металлоемкость и большая доля ручного труда при изготовлении и монтаже.

Стальные штампованные радиаторы типа МЗ-300 и МЗ-500 значительно легче чугунных, дешевле, требуют меньших затрат на изготовление. Однако по сравнению с чугунными они имеют недостатки, основными из которых являются их повышенная коррозия, а, следовательно, дополнительные эксплуатационные расходы в связи с меньшим сроком эксплуатации.

В помещениях для содержания животных, где нет интенсивного выделения пыли, используются ребристые чугунные трубы, а при наличии интенсивного пылевыведения в качестве нагревательных приборов используют регистры из гладких стальных труб.

Наличие ребер на поверхности ребристых чугунных труб увеличивает их теплопередачу, но снижает санитарно-гигиенические качества прибора, так как между ребрами скапливается пыль, которую трудно удалять. Такие трубы имеют длину 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0 м и площадь поверхности нагрева одной трубы составляет соответственно 1,0, 1,5 2,0 3,0 и 4,0 м².

Регистры из гладких стальных труб изготавливаются с расположением труб одна над другой в два или три ряда. Они просты в конструктивном отношении и могут быть выполнены непосредственно на монтажной площадке. Регистры труб обладают высокой прочностью, имеют высокий коэффициент теплопередачи, но занимают много места и имеют большую стоимость.

Расчет отопительных приборов сводится к определению необходимой площади поверхности приборов и их количества для поддержания необходимой температуры воздуха внутри помещения.

Для блока административно-бытовых помещений площадь поверхности отопительных приборов рассчитывается по величине теплового потока, необходимого для его отопления Φ_{om}^b . В этом случае тепловая мощность отопительных приборов (с учетом надбавки 15% на непредвиденные теплопотери, на конструктивные особенности системы отопления, на остывание в двухтрубных системах отопления, на способ установки радиатора, на число секций в радиаторе, на схемы подсоединения отопительных приборов) должна быть равна

$$\Phi_{np.} = 1,15\Phi_{om}^b, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

где \hat{O}_{id}^a - тепловой поток, необходимый для отопления административно-бытовых помещений

Для животноводческих помещений, в которых имеется центральная система водяного отопления, тепловая мощность отопительных приборов принимается равной разности между тепловым потоком на отопление данного помещения Φ_{om} и тепловым потоком, идущим на нагрев приточного воздуха

$$\Phi_{np.} = 1,15(\Phi_{om} - \Phi_e), \text{ Вт} \quad (2.20)$$

При $\Phi_{от} < \Phi_{\epsilon}$ центральная система водяного отопления не рассчитывается.

Таким образом, ориентировочно общая площадь поверхности отопительных приборов равна

$$F_{np} = \frac{\Phi_{np}}{\kappa_{np} (t_{np} - t_{\epsilon})}, \text{ м}^2 \quad (2.21)$$

где κ_{np} - коэффициент теплопередачи нагревательного прибора, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

t_{np} - средняя расчетная температура теплоносителя в нагревательном приборе, $^\circ\text{C}$;

t_{ϵ} - температура воздуха внутри помещения, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплопередачи нагревательного прибора принимается в зависимости от его типа, конструктивных особенностей и разности температур воды в приборе и воздуха в помещении (табл. 2.5)

Средняя температура теплоносителя в приборе

$$t_{i\partial} = \frac{t'_{i\partial} + t''_{i\partial}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где t'_{np} - температура теплоносителя при входе в прибор ($t'_{np} = 85 \dots 95 \text{ } ^\circ\text{C}$);

t''_{np} - температура теплоносителя на выходе из прибора ($t''_{np} = 65 \dots 70 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Таблица 2.5 - Технические данные нагревательных приборов

Нагревательные приборы	Коэффициент теплопередачи, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ при разности средней температуры воды и воздуха, $^\circ\text{C}$		Площадь поверхности секции, м^2
	9,6	9,9	
Чугунные радиаторы М-140	9,6	9,9	0,254
М-140-АО	9,2	9,5	0,299
РД-90	10,1	10,3	0,203
Чугунные трубы с круглыми ребрами:			
Одна труба	5,8	5,8	
Две трубы	5,3	5,3	
Стальная труба одиночная диаметром:			
57...109 мм	12,2	12,8	
133...159 мм	12,2	12,2	
Регистры стальных труб	10,5	10,5	

Количество нагревательных приборов (секций, труб)

$$n_{np} = \frac{F_{np}}{f_{np}}, \quad (2.22)$$

где f_{np} - площадь поверхности одной секции отопительного прибора (табл. 2.5), трубы, м².

Площадь поверхности гладкой стальной трубы

$$f_{np} = \Pi d l, \text{ м}^2 \quad (2.23)$$

где d - наружный диаметр трубы, м;

l - длина труба, м.

Для отопительных приборов используют трубы, наружный диаметр которых выбирается из нормируемого ряда: 57, 76, 89, 108, 133, 159 мм.

Результаты расчета и подбора отопительного оборудования сводятся в таблицу.

Таблица 2.6 - Результаты расчета и подбора оборудования для отопления животноводческого комплекса

Помещение комплекса	Калориферная установка				Отопительные приборы	
	Калорифер		вентилятор		Тип прибора	количество

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Здания и помещения для животных	Расчетные параметры воздуха в помещении		
	Температура, °С	Относительная влажность, %	
		MAX	MIN
1. Коровники, здания для молодняка молочных пород при беспривязном содержании в районах с температурой наружного воздуха -25°C и ниже	3	85	40
2. Коровники, здания для молодняка старше года и скота на откорме, помещения для быков при боксовом содержании	10	75	40
3. Здания для молодняка при беспривязном содержании	12	75	40
4. Телятники для телят до 6 месяцев	15	75	40

5. Помещения для отела коров	15	75	40
6. Профилактории	20	75	40
7. Свинарники – помещения для холостых и супоросных маток и хряков	16	75	40
8. Помещения для поросят отъемышей и ремонтного молодняка	20	70	40
9. Свинарник-откормочник – помещение для содержания свиней	18	75	40
10. Свинарник-молочник – помещение для супоросных и подсосных маток	20	70	40

Параметры микроклимата в помещениях для животных

Приложение В

Нормы выделения вредностей животным

Группы животных	Масса, кг	Поток свободной теплоты, Вт	Влаговыделение, г/ч	Выделение углекислого газа, л/ч
Хряки производители	200	247	142	44,2
	300	340	192	60,8
Свиноматки	100	283	117	36,5
	150	320	135	42,2
	200	378	156	48,5
Поросята отъемыши	20	101	59,5	18,1
	30	121	69,5	21,7
Молодняк свиней	60	187	107	33,3
	80	215	124	38,7
	100	240	138	43,1
Свиньи на откорме	100	265	153	47,6
	200	351	202	63,0
	300	463	267	83,0
Коровы стельные и нетели	300	556	319	99,6
	400	662	380	118,5
	600	963	489	152,7
Коровы лактирующие, уровень лактации – 15л	400	776	458	143,1
	500	884	507	158,4
	600	963	549	171,5
Телята 3...4 месяца	120	340	195	60,8
	150	351	202	63,0
Молодняк КРС	180	377	216	67,5
	250	456	261	81,8
	350	599	344	107,4

Приложение С

Температурные коэффициенты выделений вредностей животными

Температура внутри помещения, °С	Коэффициент свободных выделений		Коэффициент влаговыведения		Коэффициент выделения углекислого газа	
	КРС	Свиньи	КРС	Свиньи	КРС	Свиньи
-5	1,43	1,59	0,67	0,72	1,13	1,34
0	1,21	1,25	0,76	0,85	1,08	1,14
5	1,12	1,08	0,86	0,98	1,05	1,06
10	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	0,95	0,86	1,24	1,13	0,96	0,94
20	0,63	0,67	1,70	1,50	0,93	0,90
25	0,30	0,42	2,40	2,0	0,89	0,86

Приложение D

Влагосодержание воздуха в зависимости от его температуры и относительной влажности

Температура воздуха, °С	Влагосодержание воздуха г/кг сух. воздуха при относительной влажности					
	40	50	60	70	80	90
-40	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
-30	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
-20	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
-10	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4
-5	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4
0	1,4	1,8	2,2	2,8	3,0	3,6
2	1,6	2,2	2,8	3,0	3,6	4,0
4	2,0	2,4	3,2	3,6	4,2	4,6
6	2,6	3,2	3,8	4,6	5,1	5,8
8	3,0	3,7	4,4	5,1	5,8	6,5
10	3,4	4,2	4,9	5,7	6,4	7,2
12	3,9	5,0	5,8	6,8	7,5	8,3
14	4,3	5,4	6,6	7,6	8,4	9,3
16	5,1	6,2	7,47	8,6	9,8	10,8
18	5,0	7,0	8,4	9,8	11,0	12,4
20	6,4	7,8	9,3	11,0	12,4	13,7
25	8,6	10,4	12,7	14,8	16,6	18,8
30	11,1	14,1	17,2	19,4	22,6	25,2

Приложение Е

Термодинамические свойства воды и водяного пара на линии насыщения

Давление, МПа	Температура насыщения, °С	Удельный объем, м ³ /кг		Энтальпия, кДж/кг	
		пара	воды·10 ³	пара	воды
1	2	3	4	5	6
0,020	60	7,65	1,03	2609	251
0,025	65	6,21	1,02	2518	272
0,030	69	5,23	1,02	2625	289
0,035	73	4,60	1,03	2630	303
0,040	76	4,00	1,03	2636	318
0,050	81	3,40	1,03	2645	341
0,060	86	3,75	1,03	2653	360
0,070	90	2,39	1,03	2660	377
0,080	93	2,11	1,04	2665	392
0,090	97	1,89	1,04	2670	405
1	2	3	4	5	6
0,10	99,5	1,71	1,04	2675	417
0,12	104	1,44	1,05	2683	439
0,15	111	1,17	1,05	2693	463
0,20	120	0,89	1,06	2707	505
0,30	133	0,62	1,07	2725	56+2
0,40	134	0,50	1,08	2738	604
0,50	151	0,38	1,09	2749	640
0,60	158	0,32	1,10	2757	670
0,70	165	0,28	1,11	2763	697
0,80	170	0,24	1,11	2769	721
0,90	175	0,22	1,12	2774	743
1,0	180	0,19	1,13	2778	762
1,1	184	0,18	1,13	2781	781
1,2	188	0,17	1,14	2785	798
1,3	192	0,16	1,14	2787	814
1,4	195	0,14	1,15	2790	830
1,5	198	0,13	1,15	2792	844
2,0	212	0,10	1,18	2799	907

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ
«Теплоснабжение животноводческого комплекса»

ВАРИАНТ 1 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс по производству молока на 800 голов боксового содержания

Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Коровник на 200 голов – 4шт	27x54x3x5,9 м
2. Родильное отделение на 160 коров – 1шт	21x84x3x5,9 м
3. Телятник на 180 голов – 1шт	21x102x3x5,9 м
4. Блок бытовых помещений – 1шт	16x20x3 м

Коэффициент остекления животноводческих помещений

0,28

Средняя масса животных: коров - 420 кг
 телят – 120 кг

Среднесуточный удой – 12 кг

Численность основных рабочих – 32 чел.

Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для телятника на 180 голов.

ВАРИАНТ 2 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс по производству молока на 600 голов боксового содержания

Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Коровник на 200 голов – 3шт	21x57x3x5,8 м
2. Родильное отделение на 104 коров – 1шт	21x66x3x5,8 м
3. Телятник на 120 голов – 1шт	21x84x3x5,8 м
4. Административно-бытовой блок – 1шт	16x25x3 м

Коэффициент остекления животноводческих помещений

0,32

Средняя масса животных: коров - 460 кг
 телят – 110 кг

Среднесуточный удой – 13 кг

Численность основных рабочих – 28 чел.

Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для коровника на 200 голов.

ВАРИАНТ 3 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс по производству молока на 800 голов боксового содержания

Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Коровник на 400 голов – 2шт	21x144x3x5,9 м
2. Родильное отделение на 160 коров – 1шт	21x80x3x5,9 м
3. Телятник на 200 голов – 1шт	21x72x3x5,9 м
4. Блок бытовых помещений – 1шт	18x20x3 м

Коэффициент остекления животноводческих помещений

0,25

Средняя масса животных: коров - 460 кг
 телят – 100 кг

Среднесуточный удой – 11,5 кг

Численность основных рабочих – 38 чел.

Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для родильного отделения на 160 голов.

ВАРИАНТ 4 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс по производству молока на 400 голов привязного содержания

Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Коровник на 200 голов – 2шт	27х57х3,4х5,9 м
2. Родильное отделение на 104 коров – 1шт	21х57х3,4х5,9 м
3. Телятник на 120 голов – 1шт	21х63х3х3,9 м

Коэффициент остекления животноводческих помещений 0,22

Средняя масса животных: коров - 500 кг

телят – 120 кг

Среднесуточный удой – 12 кг

Численность основных рабочих – 28 чел.

Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для телятника на 120 голов.

ВАРИАНТ 5 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс выращивания телок и нетелей на 1100 голов

Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Телятник на 120 голов – 2шт	18х36х2,7х5,8 м
2. телятник на 160 коров – 1шт	18х54х2,7х5,8 м
3. Здание ремонтного молодняка на 200 голов – 4 шт	21х76х2,7х5,8 м
4. Административно-бытовой блок – 1шт	16х20х3 м

Коэффициент остекления животноводческих помещений 0,22

Средняя масса животных: телят - 110 кг

молодняка – 280 кг

Численность основных рабочих – 24 чел.

Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для здания ремонтного молодняка на 200 голов.

ВАРИАНТ 6 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс выращивания телок и нетелей на 550 голов

Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Телятник на 160 голов – 1шт	18х48х2,7х5,8 м
2. Телятник на 190 коров – 1шт	18х54х2,7х5,8 м
3. Здание ремонтного молодняка на 200 голов – 1 шт	21х76х2,7х5,8 м
4. Административно-бытовой блок – 1шт	16х18х3 м

Коэффициент остекления животноводческих помещений 0,28

Средняя масса животных: телят - 90 кг

молодняка – 250 кг

Численность основных рабочих – 16 чел.

Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для телятника на 190 голов.

ВАРИАНТ 7 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс выращивания и откорма молодняка крупно-рогатого скота на 1520 голов

Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Телятник на 260 голов – 2шт	21х54х3,3х6,3 м
2. Здание молодняка на 400 коров – 2шт	21х66х2,7х5,8 м
3. Здание ремонтного молодняка на 200 голов – 1 шт	21х54х3,3х6,3 м

4. Административно-бытовой блок – 1шт 16x20x3 м
 Коэффициент остекления животноводческих помещений 0,3
 Средняя масса животных: телят - 110 кг
 молодняка – 300 кг
 Численность основных рабочих – 22 чел.
 Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для здания ремонтного молодняка на 200 голов.

ВАРИАНТ 8 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс выращивания и откорма молодняка крупно-рогатого скота на 2000 голов
 Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Телятник на 280 голов – 2шт 21x66x3,3x6,3 м
 2. Здание молодняка на 350 коров – 4шт 28x66x2,2x5,2 м
 3. Здание ремонтного молодняка на 240 голов – 1 шт 21x54x3,3x5,8 м
 4. Административно-бытовой блок – 1шт 16x20x3 м
 Коэффициент остекления животноводческих помещений 0,24
 Средняя масса животных: телят - 140 кг
 молодняка – 280 кг
 Численность основных рабочих – 26 чел.
 Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для здания молодняка на 350 голов.

ВАРИАНТ 9 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс выращивания и откорма 2400 свиней в год
 Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Свинарник откормочник на 240 голов – 4 шт 18x45x3,2x5,6 м
 2. Свинарник для опороса на 120 маток – 2 шт 18x78x3,2x5,6 м
 3. Свинарник на 400 супоросных маток – 1 шт 18x84x3,2x5,6 м
 4. Административно-бытовой блок – 1шт 12x20x3 м
 Коэффициент остекления животноводческих помещений 0,18
 Средняя масса животных: свиней на откорме – 120 кг
 маток – 150 кг
 Численность основных рабочих – 22 чел.
 Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для свинарника на 400 супоросных маток.

ВАРИАНТ 10 /по последней цифре номера зачетной книжки/

Комплекс с законченным производственным циклом на 4800 свиней в год
 Основные помещения комплекса и их размеры:

1. Свинарник откормочник на 420 голов 18x48x3,6x5,9 м
 2. Свинарник для свиноматок на 20 голов 18x31x3,6x5,9 м
 3. Свинарник для холостых и супоросных маток на 240 голов 18x48x3,6x5,9 м
 4. Свинарник на 500 поросят отъемышей 18x114x3,6x5,9 м
 4. Административно-бытовой блок – 1шт 12x15x3 м
 Коэффициент остекления животноводческих помещений 0,22
 Средняя масса животных: свиней на откорме – 140 кг
 свиноматок – 160 кг
 поросят-отъемышей – 25 кг
 Численность основных рабочих – 25 чел.
 Подобрать калорифер и вентилятор отопительно-вентиляционной установки для свинарника откормочника на 420 голов.

ВАРИАНТ 1 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 55⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 70 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 110⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 70⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$C^P = 45,9$$

$$H^P = 3,4$$

$$O^P = 8,9$$

$$S^P = 1,1$$

$$W^P = 13,0$$

$$A^P = 27,0$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,45$

ВАРИАНТ 2 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 50⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 65 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 105⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 65⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$C^P = 45,9$$

$$H^P = 3,4$$

$$O^P = 8,9$$

$$S^P = 1,1$$

$$W^P = 13,0$$

$$A^P = 27,0$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,44$

ВАРИАНТ 3 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на отопление – 115⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 65 кПа.

Температура воды на горячее водоснабжение - 52⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 80⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$C^P = 47,5$$

$$H^P = 3,4$$

$$O^P = 9,3$$

$$S^P = 0,5$$

$$W^P = 23,0$$

$$A^P = 15,4$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,55$

ВАРИАНТ 4 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 55⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 35 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 110⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 80⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$C^P = 67,9$$

$$H^P = 4,7$$

$$O^P = 8,8$$

$$S^P = 0,6$$

$$W^P = 80,0$$

$$A^P = 9,2$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,40$

ВАРИАНТ 5 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 60⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 45 кПа.
Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 110⁰С.
Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 75⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$\begin{array}{ll} C^P = 46,1 & H^P = 3,6 \\ O^P = 9,6 & S^P = 0,4 \\ W^P = 6,0 & A^P = 33,8 \end{array}$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,60$

ВАРИАНТ 6 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 62⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 70 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 105⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 70⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$\begin{array}{ll} C^P = 49,8 & H^P = 3,2 \\ O^P = 6,3 & S^P = 0,4 \\ W^P = 5,5 & A^P = 34,0 \end{array}$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,50$

ВАРИАНТ 7 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 62⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 70 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 105⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 70⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$\begin{array}{ll} C^P = 49,6 & H^P = 3,2 \\ O^P = 6,3 & S^P = 0,4 \\ W^P = 5,5 & A^P = 34,0 \end{array}$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,50$

ВАРИАНТ 8 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 55⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 65 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 100⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 70⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$\begin{array}{ll} C^P = 51,5 & H^P = 4,0 \\ O^P = 9,5 & S^P = 0,4 \\ W^P = 11,5 & A^P = 22,1 \end{array}$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,55$

ВАРИАНТ 9 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 50⁰ С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 45 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 110⁰С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 80⁰ С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$\begin{array}{ll} C^P = 41,5 & H^P = 2,9 \\ O^P = 13,1 & S^P = 0,4 \\ W^P = 33,5 & A^P = 8,0 \end{array}$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,65$

ВАРИАНТ 10 /по предпоследней цифре номера зачетной книжки/

Параметры теплоносителей:

Температура воды на горячее водоснабжение – 60^0 С.

Давление пара, поступающего на технологические нужды, - 55 кПа.

Температура воды на отопление /поступающей в калорифер/ - 115^0 С.

Температура воды после отопления / на выходе калорифера/ - 80^0 С.

Состав рабочей массы топлива, %

$$\begin{array}{ll} C^P = 54,9 & H^P = 3,7 \\ O^P = 10,0 & S^P = 0,5 \\ W^P = 14,0 & A^P = 15,5 \end{array}$$

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,45$

Список использованной литературы

1. Теплотехника /В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др. -М.: Высш. шк., 2000.- 671с.
2. Драганов Б.Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве /Б.Х. Драганов, А.Б. Кузнецов, С.П. Рудобашта .-М.:Агропромиздат, 1990.-463 с.
3. Крутов В.И. Теплотехника /В.И. Крутов. – М.:Машиностроение,1986.- 319 с
4. Перепелица В.Н., Найдыш А.Ф. Методические указания к курсовому проекту производственно-отопительной котельной сельскохозяйственного назначения. – Иркутск: Иркутский СХИ, 1979. – 68 с.
5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учеб. пос. / Е.Я. Соколов.- М.: Изд-во МЭИ, 1999.-472
6. Лебедев В.И. Расчет и проектирование теплогенирующих установок систем теплоснабжения: Учеб. пос./В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков, П.А.Хаванов. – М.: Стройиздат,1994.-.358 с.
7. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1985-175 с.
8. Теплотехника и теплоэнергетика. В 4-х книгах под. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина 3-е изд. Перераб. и доп.
9. Правила эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей; Правила техники безопасности при эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей.-СПб.: ДЕАН,2001