

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского
Кафедра энергообеспечения и теплотехники

**РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**
Методические указания к контрольной работе
по дисциплине «Теплоснабжение»

Молодежный 2021

УДК 697:631.223(072)
Т343

Печатается по решению методического совета энергетического факультета Иркутского ГАУ (протокол № 5 от 19 января 2021 г.).

Составители: Очиров В.Д., Быкова С.М.

Рецензент:

Сукьясов С.В. – заведующий кафедрой электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского, кандидат технических наук, доцент.

Расчет тепловых нагрузок животноводческого комплекса: методические указания к контрольной работе по дисциплине «Теплоснабжение» / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского; сост.: В. Д. Очиров, С. М. Быкова. – Молодежный: Изд-во Иркутского ГАУ, 2021. – 23 с. – Текст : электронный.

Для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки 35.03.06 Агроинженерия и 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

© Очиров В.Д., Быкова С.М., 2021.
© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021.

ВВЕДЕНИЕ

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 так же для обработки молочной посуды и других санитарно-гигиенических нужд.

По назначению потребителей теплоты тепловые нагрузки могут быть разделены по видам на отопительно-вентиляционные, горячее водоснабжение, технологические.

Тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию зависят от температуры наружного воздуха и других климатических условий района теплоснабжения (солнечной радиации, скорости ветра, влажности воздуха). Если температура наружного воздуха равна или выше нормируемой температуры воздуха в отапливаемом помещении, то тепловая энергия для отопления и вентиляции не требуется.

Животноводческие комплексы, как объекты теплопотребления, имеют сезонные и круглогодичные тепловые нагрузки. К сезонным тепловым нагрузкам относят расход теплоты на создание условий микроклимата, то есть на отопление и вентиляцию помещений. Потребление теплоты в течении суток практически не изменяется, что объясняется теплоустойчивостью помещений.

Для сезонного теплового потребления характерны следующие особенности:

- 1) в течение года тепловые нагрузки изменяются в зависимости от температуры наружного воздуха;
- 2) годовые расходы теплоты, определяемые метеорологическими особенностями текущего года в районе теплоснабжения (холодная или теплая зима), имеют значительные колебания;
- 3) изменения тепловой нагрузки на отопление в течение суток в основном за счет теплоустойчивости наружных ограждений зданий незначительны;
- 4) расходы тепловой энергии для вентиляции по часам суток могут отличаться большим разнообразием в зависимости от сменности и режимов работы агропромышленных предприятий.

К круглогодичным тепловым потребителям относятся системы горячего водоснабжения и технологическое оборудование (кормозапарники, пастеризаторы и др.). Они характеризуются практически постоянным потреблением теплоты в течении года, расход теплоты в течении суток значительно колеблется, что объясняется особенностями технологических процессов в животноводстве (периодичность запаривания кормов, доения коров, уборки помещений и др.).

Выполнение контрольной работы поможет закрепить и углубить теоретические знания студента, научит применять их при решении конкретных инженерных задач по теплоснабжению животноводческих ферм и комплексов.

При написании методических указаний за основу приняты методические указания, составленные доцентом кафедры тракторов и автомобилей ИСХИ А.Г. Соколовым [7] и учебное пособие, написанное проф. И.В. Алтуховым и доц. Г.В. Лукиной [8].

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).

Варианты заданий для расчетов выдаются каждому студенту индивидуально по последним двум цифрам зачетной книжки. Студент также может выполнить работу для конкретного объекта агропромышленного комплекса.

Расчетно-пояснительная записка контрольной работы должна быть выполнена на одной стороне листа белой бумаги одного сорта формата А4 (210×297). Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки приведены в таблице.

Таблица – Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки

Поля	слева – 30 мм, снизу и сверху – 20 мм, справа – 15 мм
Шрифт основного текста	Times New Roman
Размер шрифта основного текста	14 пт
Размер шрифта текста таблиц	10-12 пт
Цвет шрифта	черный
Межстрочный интервал	1,0 (одинарный)
Отступ первой строки абзаца	12,5 мм
Форматирование текста	по ширине
Рисунки	по тексту
Ссылки на формулу	(n)
Ссылки на литературу	[n], ГОСТ Р 7.0.5-2008

Нумерация страниц текстового документа должна быть сквозной и включать титульный лист. Страницы нумеруются арабскими цифрами, на титульном листе номер страницы не указывается. Номер страницы проставляется в центре нижней части страницы без точки. В начале записки приводятся исходные данные, а в конце – содержание и 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 расчете тепловых нагрузок рекомендуется все расчеты выполнять отдельно для каждого здания. В том числе, если на комплексе имеется несколько одинаковых здания для содержания животных одного вида, то расчеты проводятся для одного из них, а при определении суммарных тепловых нагрузок каждого вида учитывается количество зданий с одинаковыми тепловыми нагрузками.

По окончании расчетов по каждому разделу необходимо полученные значения сводить в результирующие таблицы (таблицы 1.3, 2.2, 3.3).

1 Расчет теплового потока на отопление животноводческого комплекса

Основная задача отопления заключается в поддержании внутренней температуры помещений на заданном уровне. Для этого необходимо сохранение равновесия между тепловыми потерями здания и теплопритоком.

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

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

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{в} + Q_{исп} + Q_{инф} + Q_{к} - Q_{ж} - Q_{эл} - Q_{м.эл},$$

где $Q_{огр}$, $Q_{в}$, $Q_{исп}$, $Q_{инф}$, $Q_{к}$ – тепловые потоки, теряемые помещением соответственно через наружные ограждения, на нагрев приточного воздуха, на испарение влаги в помещении, нагрев инфильтрующегося воздуха и поступающих извне кормов; $Q_{ж}$, $Q_{эл}$, $Q_{м.эл}$ – 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, искусственного освещения и потери теплоты на нагрев поступающих извне кормов взаимокompенсируют друг друга. Тогда уравнение теплового баланса запишется в следующем виде:

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{в} + Q_{исп} + Q_{инф} - Q_{ж}.$$

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

Тепловой поток, теряемый через ограждения, учитывает потери теплоты через наружные ограждения (стены, окна, ворота, перекрытие) за исключением пола, так как можно считать, что поступление теплоты от подстилки компенсирует теплопотери через пол:

$$Q_{огр} = q_0 V_H (t_{в} - t_{н}), \text{ Вт},$$

где q_0 – удельная тепловая характеристика на отопление, $\text{Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$; V_H – объем здания по наружному обмеру, м^3 ; $t_{в}$ – температура воздуха в помещении (прил. 1), $^\circ\text{C}$; $t_{н}$ – расчетная температура наружного воздуха (прил. 2), $^\circ\text{C}$.

Удельная тепловая характеристика здания q_0 равна средним потерям теплоты 1 м^3 здания при разности температур внутреннего и наружного воздуха в $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для нетиповых зданий удельную тепловую характеристику с учетом теплотехнических свойств ограждений и конфигурации здания можно достаточно точно определить по формуле проф. Н.С. Ермолаева [6]

$$q_0 = 1,06 \frac{P}{S} [k_c + \delta_0 (k_o - k_c)] + \frac{1}{H} (n_{пт} k_{пт} + n_{пл} k_{пл}), \text{ Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{C},$$

где P – периметр здания, м; S – площадь здания в плане, м^2 ; δ_0 – коэффициент остекления наружных стен (отношение площади окон к площади наружных стен); H – высота здания, м; k_c , k_o , $k_{пт}$, $k_{пл}$ – коэффициент теплопередачи соот-

ветственно наружных стен, окон, потолков и полов, Вт/м²·°С; $n_{\text{пт}}$ и $n_{\text{пл}}$ – поправочные коэффициенты к расчетной разности температур для пола и потолка.

При расчете отопительной характеристики можно принять следующие значения коэффициентов теплопередачи:

- 1) для наружных стен – 1,1-1,4 Вт/м²·°С;
- 2) для перекрытий – 0,8-1,4 Вт/м²·°С;
- 3) для остекления – 3 Вт/м²·°С;
- 4) для полов – 0,25 Вт/м²·°С.

Чем ограждение более высокого качества (низкий коэффициент теплопроводности материала стен и большая толщина стен), тем значения коэффициентов теплопередачи принимаются в меньшую сторону.

Коэффициенты $n_{\text{пт}}$ и $n_{\text{пл}}$ меньше единицы, так как в отопительный период температура воздуха на чердаке здания и температура грунта под полом нижнего этажа выше наружной температуры [5]. В большинстве случаев $n_{\text{пт}} = 0,75-0,9$; $n_{\text{пл}} = 0,5-0,7$.

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

Температура и относительная влажность воздуха внутри помещения оказывают большое влияние на продуктивность и жизнедеятельность 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 1**. Эти параметры должны быть обеспечены в зоне расположения животных: в коровниках на высоте до 1,5 м от пола, в свинарниках до 1 м. Отклонение от расчетных температур допускается в пределах ± 2 °С. В коровниках и помещениях для молодняка в самый холодный период в течении 5 дней подряд, но не более 10 дней в году допускается понижение температуры внутреннего воздуха на 5 °С ниже расчетной; в свинарниках (кроме маточников и помещений для поросят-отъемышей) до 10 °С.

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

$$Q_{\text{в}} = 0,278L_{\text{р}}\rho c(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \text{ Вт},$$

где $L_{\text{р}}$ – расчетный объем приточного воздуха, м³/ч; ρ – плотность воздуха при расчетной температуре воздуха внутри помещения, кг/м³; c – удельная изобарная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/кг·°С.

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 (аммиак, сероводорода, пыли), содержащихся в помещении в значительно меньших количествах.

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

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{cnk_t}{c_1 - c_2}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

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 (прил. 3); c_1 – предельно допустимая концентрация углекислого газа в воздухе помещения, л/м³; c_2 – концентрация углекислого газа в свежем воздухе.

Выделение углекислого газа одним животным зависит от его вида и массы (прил. 4). 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 в приточном воздухе находится в пределах 0,3...0,4 л/м³.

Часовой объем приточного воздуха, необходимого для растворения водяных паров, определяется следующим образом

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

где W – масса влаги, выделяющейся в помещении за час, г/ч; d_b и d_n – влагосодержание внутреннего и наружного воздуха, г/кг сух. возд.

Влагосодержание внутреннего и наружного воздуха определяется в зависимости от температуры и относительной влажности соответственно внутреннего и наружного воздуха (прил. 5).

Суммарные влаговыделения определяются

$$W = W_{\text{ж}} + W_{\text{исп}}, \text{ г/ч},$$

где $W_{\text{ж}}$ – масса влаги, выделяемой животными за час, г/ч; $W_{\text{исп}}$ – масса влаги, испаряющейся со смоченных поверхностей помещения (пол, подстилка, поилки), г/ч.

Влага, выделяемая животными, равна

$$W_{\text{ж}} = wn k'_t, \text{ г/ч},$$

где w – выделение водяных паров одним животным, г/ч (прил. 4); n – количество животных в помещении; k'_t – коэффициент, учитывающий изменение выделения животными водяных паров в зависимости от температуры воздуха внутри помещения (прил. 3).

Количество влаги, испаряемой со смоченных поверхностей

$$W_{\text{исп}} = \xi W_{\text{ж}}, \text{ г/ч},$$

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).

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

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

где P – расчетное барометрическое давление в данной местности, кПа (для Иркутска 95,2 кПа); t – температура воздуха, °С.

Таблица 1.1 – Значения коэффициента ξ

Условия содержания	Помещение для КРС	Помещение для свиней
<i>Удовлетворительные.</i> Исправно действующая канализация, регулярная уборка навоза. Достаточное количество соломенной подстилки	0,1	0,12
<i>Удовлетворительные.</i> Уборка навоза 2...3 раза в сутки. Нерегулярная работа канализации. Недостаточное количество соломенной подстилки	0,15	0,2
Те же условия, но при отсутствии подстилки	0,25	0,3

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

$$L_{\min} = \frac{lmn}{100}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где l – минимальный воздухообмен на 100 кг массы животного, м³/ч (табл. 1.2); m – расчетная масса животных, кг.

Таблица 1.2 – Нормы минимального воздухообмена в различные периоды года

Вид животных	Расход воздуха на 100 кг живой массы, м ³ /кг		
	холодный	переходный	теплый
Крупный рогатый скот	17	45	100
Молодняк КРС (до 6 мес.)	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_{CO_2} , L_w или L_{\min} .

Тепловой поток, расходуемый на испарение влаги с мокрых поверхностей помещения, определяется

$$Q_{\text{исп}} = 0,278rW_{\text{исп}}, \text{ Вт},$$

где r – скрытая теплота испарения воды ($r = 2,49$ кДж/г).

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 так же возможного превышения расхода приточного воздуха над расходом удаляемого. Рекомендуется принимать теплопотери на инфильтрацию в размере 30% теплопотерь через ограждающие конструкции. Таким образом

$$Q_{\text{инф}} = 0,3Q_{\text{огр}}, \text{ Вт}.$$

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

Скрытые тепловыделения, будучи связанными с процессами влагообмена животных с окружающей средой, приводят к увеличению содержания водяных паров внутри помещения. При этом температура внутри помещения не изменяется. Такие тепловыделения характеризует теплообмен животных, 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 помещение и определяются по выражению

$$Q_{ж} = qn k_t'', \text{ Г/ч},$$

где q – поток свободной теплоты, выделяемой одним животным, Вт (прил. 4); n – количество животных в помещении; k_t'' – коэффициент, учитывающий количества выделенной животным теплоты в зависимости от температуры воздуха внутри помещения (прил. 3).

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

По такой же методике рассчитывается тепловой поток на отопление всех других животноводческих помещений. Если на комплексе, имеется несколько одинаковых помещений, то расчет выполняется только для одного из них.

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

$$Q_{от}^6 = q_T V_n^6 (t_b^6 - t_n) a, \text{ Вт},$$

где q_T – удельная тепловая характеристика здания, Вт/м³·С; V_n^6 – объем здания по наружному обмеру, м³; t_b^6 – расчетная температура внутри административно-бытового блока, °С; a – поправочный коэффициент, учитывающий влияние разности расчетных температур воздуха на значение тепловой характеристики.

Для административно-бытовых зданий удельная тепловая характеристика определяется

$$q_T = 1,163 \frac{(1 + 2\rho_o^6)F_{ст}^6 + S^6}{V_n^6}, \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{С},$$

где ρ_o^6 – коэффициент остекления административно-бытового блока; $F_{ст}^6$ – площадь поверхности наружных стен, м²; S^6 – площадь здания в плане, м².

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

Поправочный коэффициент a определяется по формуле

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_b^6 - t_n}.$$

Результаты расчета теплового потока на отопление всего животноводческого комплекса сводятся в таблицу 1.3. После этого определяется суммарный тепловой поток на отопление всего животноводческого комплекса $\sum Q_{от}$.

Таблица 1.3 – Результаты расчета теплового потока на отопление животноводческого комплекса

Помещения комплекса	Составляющие уравнения теплового баланса помещения					Тепловой поток на отопление $Q_{от}, \text{кВт}$	Количество помещений	Тепловой поток на отопление одинаковых помещений
	$Q_{огр}, \text{Вт}$	$Q_{в}, \text{Вт}$	$Q_{исп}, \text{Вт}$	$Q_{инф}, \text{Вт}$	$Q_{ж}, \text{Вт}$			

2 Расчет теплового потока на горячее водоснабжение животноводческого комплекса

Горячее водоснабжение на животноводческих комплексах используется 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, а также уход за животными. Расход горячей воды для этих целей учитывается среднесуточной нормой потребления (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Среднесуточные нормы потребления горячей воды на санитарно-гигиенические нужды и на поение животных

Группы животных	Санитарно-гигиенические нужды		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 ГВС для санитарно-гигиенических нужд

$$Q_{г.в.}^{с.г.} = \beta_1 \frac{0,278 c_v (t_{г.в.}^{с.г.} - t_x)}{24} m^{с.г.} n, \text{Вт},$$

где β_1 – коэффициент неравномерности потребления горячей воды в течении суток (принимается равным 2,5); c_v – удельная массовая теплоемкость воды (равна 4,2 кДж/кг·°С); $m^{с.г.}$ – среднесуточная норма потребления горячей воды на санитарно-гигиенические нужды, кг; n – количество животных в помещении; $t_{г.в.}^{с.г.}$ – температура горячей воды на санитарно-гигиенические нужды, °С (табл.

2.1); t_x – температура холодной воды (в холодный период года принимается равной 5 °С, а в теплый – 15 °С).

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

$$Q_{г.в.}^n = \beta_1 \frac{0,278 c_B (t_{г.в.}^n - t_x)}{24} m^n n, \text{ Вт},$$

где m^n – среднесуточная норма потребления горячей воды на поение животных в холодный период года, кг (табл. 2.1); $t_{г.в.}^n$ – расчетная температура воды, поступающей на поение животных, °С (табл. 2.1).

Для бытовых нужд обслуживающего персонала горячая вода используется в душевых, размещенных в блоке 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

$$Q_{г.в.}^d = 0,278 V_B^d \rho_B c_B (t_{г.в.}^d - t_x), \text{ Вт},$$

где V_B^d – часовой расход горячей воды, л/ч; ρ_B – удельный вес воды при ее средней температуре, кг/л (можно принять 0,99 кг/л); $t_{г.в.}^d$ – расчетная температура горячей воды для бытовых нужд, °С (принимается равной 55 °С).

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

$$V_B^d = v_c n_c, \text{ л/ч},$$

где v_c – часовой расход воды на одну душевую сетку, л/ч (принимается равным 270 л/ч); n_c – количество душевых сеток (можно принять 5...7 основных рабочих на одну душевую сетку).

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

$$Q_{г.в.}^y = 0,278 V_B^y \rho_B c_B (t_{г.в.}^y - t_x), \text{ Вт},$$

где V_B^y – часовой расход горячей воды в умывальных, л/ч.

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

$$V_B^y = v_y n_y, \text{ л/ч},$$

где v_y – часовой расход воды на одну умывальную точку, л/ч (принимается равным 80 л/ч); n_y – количество умывальных точек в каждом животноводческом помещении.

Результаты расчета теплового потока на ГВС животноводческого комплекса сводятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчета теплового потока на ГВС животноводческого комплекса

Помещения комплекса	Составляющие теплового потока на ГВС				Тепловой поток на ГВС	Количество помещений	Тепловой поток на ГВС одинаковых помещений
	$Q_{г.в.}^{с.г.}$, кВт	$Q_{г.в.}^{п}$, кВт	$Q_{г.в.}^{д}$, кВт	$Q_{г.в.}^{у}$, кВт			

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

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 кормоцехе для всего комплекса. В этом случае тепловая энергия расходуется на запаривание корнеклубнеплодов, различных кормовых смесей и грубых кормов, а так же 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

$$Q_{т}^{к} = \frac{0,278 \beta_2 m_k d_k h_{п} n}{24}, \text{ Вт},$$

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_k – удельный расход пара на обработку данного вида корма, кг/кг; $h_{п}$ – 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 3.1, а удельный расход теплоносителя – в таблице 3.2.

Энтальпия пара определяется в зависимости от его давления в кормозапарнике (прил. 6). В аппаратах для тепловой обработки кормов лучше и экономнее использовать пар с избыточным давлением до 68,7 кПа. При большом давлении расход пара увеличивается, время запаривания кормов не уменьшается, а качество их ухудшается.

Таблица 3.1 – 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 3.2 – Нормы расхода водяного пара и воды в процессах кормоприготовления

Процесс кормоприготовления	Вид корма	Удельный расход, кг/кг		Температура воды, °С
		Пар при давлении 68,7 кПа	Вода	
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
Запаривание	Солома	–	1,0...1,5	95
Осолаживание	Зерно, мука	–	1,5...2,5	90
Дрожжевание	Крахмал	–	1,5...2,0	45

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

$$D_T^k = \frac{3,6 \cdot \sum Q_T^k}{(h_p - h_k) \eta_k}, \text{ кг/ч,}$$

где h_k – энтальпия конденсата, кДж/кг; η_k – тепловой к.п.д. устройства для тепловой обработки кормов (принимается 0,85...0,90).

Энтальпия конденсата определяется в зависимости от температуры, которая обычно бывает на 10...15 °С меньше температуры пара (прил. 6)

$$h_k = c_{в} t_{к}, \text{ кДж/кг,}$$

где $c_{в}$ – удельная теплоемкость воды (равна 4,2 кДж/кг·°С); $t_{к}$ – температура конденсата, °С.

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 72 °С с вы-

держкой при этой температуре в течении 20...30 с. При мгновенной пастеризации нагрева осуществляется до 85...90 °С без дальнейшей выдержки.

Тепловой поток, расходуемый на пастеризацию молока

$$Q_k^n = 0,278 G_m c_m (t_m'' - t_m'), \text{ Вт,}$$

где G_m – масса молока, обрабатываемого в пастеризаторе за час (производительность пастеризатора), кг/ч; c_m – удельная теплоемкость молока (равна 3,94 кДж/кг·°С); t_m'' – температура молока в конце пастеризатора, °С; t_m' – температура молока до пастеризации, °С (для охлажденного 5 °С, для молока сразу после дойки 35 °С).

В настоящее время применяются пастеризаторы, имеющие производительность 1000...2000 кг/ч.

Часовой расход пара на пастеризацию молока

$$D_T^n = \frac{3,6 \cdot \sum Q_T^n}{(h_n - h_k) \eta_n}, \text{ кг/ч,}$$

где η_n – тепловой к.п.д. пастеризатора (принимается равным 0,9...0,95).

Результаты расчета теплового потока и расхода пара на технологические нужды животноводческого комплекса сводятся в **таблицу 3.3**.

Таблица 3.3 – 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

После этого определяется суммарный тепловой поток на технологические нужды $\sum Q_T$ и суммарный расход пара на технологические нужды для всего животноводческого комплекса $\sum D_T$.

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

$$\sum Q = \sum Q_{от} + \sum Q_{г.в} + \sum Q_T.$$

**Нормативные значения температуры и влажности внутреннего воздуха
в помещениях и зданиях для крупного рогатого скота [2, 4]**

№ п/п	Наименование зданий и помещений	Группа животных	Содержание животных	Расчетная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	
					максимальная	минимальная
1	Коровники, здания для молодняка старше года на откорме, быков	Коровы и нетели, молодняк старше года, быки-производители, взрослый скот на откорме	В стойлах, боксах, комбибоксах, групповых клетках (при регламентированном использовании выгулов)	10	75	40
2	Здания и помещения для молодняка	Молодняк от 6 до 12 месяцев	В боксах и групповых клетках (кроме случаев, указанных в п. 3 и 4)	12	75	40
3	Коровники и здания для молодняка молочных пород (в районах с температурой наружного воздуха -25 °С и ниже)	Коровы и молодняк всех возрастов	Беспривязное содержание на глубокой подстилке с кормлением в здании	3	85	40
4	Телятники	Телята от 14-20 дней до 6 месяцев	В боксах и групповых клетках	15	75	40
5	Родильные отделения	Коровы глубоко-стельные и новостельные	Привязное содержание и в денниках	15	75	40
6	Профилактории	Телята до 20-дневного возраста	В индивидуальных клетках	17	75	40
7	Помещения для скота мясных пород	Коровы перед отелом (за десять дней), во время отела и после отела с телятами до 20-дневного возраста	Беспривязное содержание на глубокой подстилке	3	85	40

Примечания. 1. Нормы параметров внутреннего воздуха приведены для холодного и переходного периодов года (при температуре наружного воздуха ниже 10 °С). Отклонение от расчетных температур допускается в пределах ± 2 °С.

2. При расчете вентиляции в коровниках и зданиях для молодняка в самый холодный период в течение 5 дней подряд, но не более 10 дней в году допускается снижение температуры

внутреннего воздуха на 5 °С, при этом относительная влажность внутреннего воздуха может повышаться до 85%.

3. В помещениях допускается содержание углекислоты до 2,5 л/м³, аммиака – до 20 мг/м³, сероводорода – до 10 мг/м³.

Приложение 1.2

Нормативные значения температуры и влажности внутреннего воздуха в помещении для содержания свиней различных половозрастных групп [2, 4]

№ п/п	Здания и помещения для животных	Температура воздуха в помещении, °С			Относительная влажность воздуха в помещении, %	
		расчетная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
1	Свинарники – помещения для холостых и супоросных маток и хряков	16	19	13	75	40
2	Помещения для поросят-отъемышей и ремонтного молодняка	20	22	18	70	40
3	Свинарник-откормочник – помещение для содержания свиней	18	20	14	75	40
4	Свинарник-маточник – помещение для тяжелосупоросных подсосных маток	20	22	18	70	40

Примечания. 1. Нормы параметров внутреннего воздуха приведены для холодного и переходного периодов года (при температуре наружного воздуха ниже 10 °С).

2. В самый холодный период допускается на срок не более 5 дней подряд и не более 10 дней в году снижение температуры внутреннего воздуха в свинарниках до 10 °С (кроме свинарников-маточников и помещений для поросят-отъемышей).

3. В помещениях для содержания животных предельная концентрация углекислоты не должна превышать 2 л/м³, аммиака – 20 мг/м³, сероводорода – 10 мг/м³.

Приложение 2

Климатические данные по городам азиатской части России [5]

Город	Отопительный период				Лето		
	Продолжительность, сут.	Температура воздуха, °С			Температура воздуха, °С		
		расчетная для проектирования	средняя отопительного периода	средняя самого холодного месяца	средняя самого жаркого месяца	средняя в 13 ч самого жаркого месяца (ориентировочно)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Барнаул	219	-39	-23	-8,3	-17,7	+19,7	+24,0
Владивосток	201	-25	-16	-4,8	-14,4	+20,0	–
Енисейск	245	-47	-28	-9,8	-22	+18,4	+22,3
Иркутск	241	-38	-25	-8,9	-20,9	+17,6	+22,6
Красноярск	235	-40	-22	-7,2	-17,1	+18,7	+24,2
Минусинск	226	-42	-27	-9,5	-21,2	+19,6	+25,1
Новосибирск	227	-39	-24	-9,1	-19,0	+18,7	+23,0

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Омск	220	-37	-23	-7,7	-19,2	+18,3	+23,0
Тобольск	229	-36	-22	-7,0	-18,5	+18,0	+21,6
Томск	234	-40	-25	-8,8	-19,2	+18,1	+22,5
Тюмень	220	-35	-21	-5,7	-16,6	+18,6	+22,4
Улан-Удэ	235	-38	-28	-10,6	-25,4	+19,4	+23,1
Хабаровск	205	-32	-23	-10,1	-22,3	+21,1	–
Чита	240	-38	-30	-11,6	-26,6	+18,8	–

Примечания. 1. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления принята равной средней температуре наиболее холодных пятидневок из восьми наиболее холодных зим за 50 лет.

2. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции принята равной средней температуре воздуха наиболее холодного периода, составляющего 15% общей продолжительности отопительного периода.

3. Продолжительность отопительного периода определена по числу дней с устойчивой среднесуточной температурой наружного воздуха +8 °С и ниже.

4. Средняя температура наружного воздуха отопительного периода исчислена как средняя алгебраическая за отопительный период.

Приложение 3

Поправочные коэффициенты для определения теплоты,
углекислого газа и влаги, выделяемых животными при различных
температурах в помещении [1, 2]

Температура внутри помеще- ний, °С	Коэффициент свободных тепловыделений		Коэффициент влаговывделений		Коэффициент выделений 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	0,96	1,05	1,06
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,85	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	2,00	0,89	0,86

Нормы выделений животными теплоты,
углекислоты и водяных паров [2]

№ п/п	Вид животных	Живая масса, кг	Нормы выделений на одну голову		
			потока свобод- ной теп- лоты	углекис- лоты, л/ч	водяных паров, г/ч
1	2	3	4	5	6
1	Коровы стельные сухостойные и нетели за 2 месяца до отела	300	556	100	319
		400	662	119	380
		600	853	153	489
2	Коровы лактирующие при уровне лак- тации 10 л	300	593	106	340
		400	704	126	404
		500	793	142	455
		600	880	158	505
3	Коровы лактирующие при уровне лак- тации 15 л	300	683	123	392
		400	799	143	458
		500	884	158	507
		600	957	172	549
4	Волы откормочные	400	858	154	493
		600	1044	187	599
		800	1248	224	715
5	Телята в возрасте до 1 месяца	50	159	29	92
		80	235	42	135
6	Телята в возрасте от 1 до 3 месяцев	60	198	35	113
		100	309	56	177
		130	351	63	202
7	Телята в возрасте от 3 до 4 месяцев	120	340	61	195
		150	351	63	202
		200	463	89	265
8	Молодняк от 4 месяцев и старше	180	377	68	216
		250	456	82	261
		350	599	107	344
9	Хряки-производители	100	247	44	142
		200	340	61	194
		300	433	78	250
10	Матки холостые и супоросные	100	204	36	117
		150	235	42	135
		200	271	49	156
11	Матки тяжелосупоросные (за 7...10 дней до опороса)	100	242	43	139
		150	284	51	164
		200	321	58	180
12	Матки подсосные с поросятами	100	488	88	282
		150	558	100	320
		200	646	115	370
13	Поросята до двухмесячного возраста	10	72	13	42
		15	92	16	53

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6
14	Поросята-отъемыши	20	102	18	60
		30	121	22	70
15	Ремонтный и откормочный молодняк	50	155	28	89
		80	215	39	124
		120	263	47	151
16	Взрослые свиньи на откорме	100	265	48	153
		200	351	63	202

Примечания. 1. Нормы выделений животными приведены при температуре в помещении 10 °С и относительной влажности воздуха 70% для крупного рогатого скота и 70...75% для свиней.

2. При других температурах t_v нормы выделений теплоты и влаги определяются с учетом поправочных коэффициентов, указанных в приложении 3.

3. При относительной влажности воздуха 80...85% количества выделенных животными теплоты, углекислоты и водяных паров увеличиваются на 3%.

Приложение 5

Влагосодержание воздуха в зависимости от его температуры и относительной влажности

Температура воздуха, °С	Влагосодержание воздуха г/кг сух. возд. 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	9,2
16	5,1	6,2	7,4	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

Термодинамические свойства воды
и водяного пара на линии насыщения [3]

Температура t , °C	Абсолютное давление p , Па	Удельный объем ки- пящей воды v' , м ³ /кг	Удельный объем сухо- го насы- щенного пара v'' , м ³ /кг	Удельная энталь- пия ки- пящей воды h' , кДж/кг	Удельная энтальпия сухого насыщен- ного пара h'' , кДж/кг	Удель- ная теп- лота ис- парения r , кДж/кг
50	$1,2335 \cdot 10^4$	0,0010121	12,048	209,26	2591,8	2382,5
51	$1,2960 \cdot 10^4$	0,0010126	11,501	213,44	2593,6	2380,2
52	$1,3612 \cdot 10^4$	0,0010131	10,982	217,62	2595,4	2377,8
53	$1,4292 \cdot 10^4$	0,0010136	10,490	221,80	2597,2	2375,4
54	$1,5001 \cdot 10^4$	0,0010140	10,024	225,98	2598,9	2372,9
55	$1,5740 \cdot 10^4$	0,0010145	9,5812	230,17	2600,7	2370,5
56	$1,6510 \cdot 10^4$	0,0010150	9,1609	234,35	2602,4	2368,1
57	$1,7312 \cdot 10^4$	0,0010156	8,7618	238,54	2604,2	2365,7
58	$1,8146 \cdot 10^4$	0,0010161	8,3831	242,72	2606,2	2363,3
59	$1,9015 \cdot 10^4$	0,0010166	8,0229	246,91	2607,7	2360,8
60	$1,9919 \cdot 10^4$	0,0010171	7,6807	251,09	2609,5	2358,4
61	$2,0859 \cdot 10^4$	0,0010177	7,3554	255,28	2611,2	2355,9
62	$2,1837 \cdot 10^4$	0,0010182	7,0458	259,46	2613,0	2353,5
63	$2,2854 \cdot 10^4$	0,0010188	6,7512	263,65	2614,7	2351,1
64	$2,3910 \cdot 10^4$	0,0010193	6,4711	267,84	2612,4	2348,6
65	$2,5008 \cdot 10^4$	0,0010199	6,2042	272,02	2618,2	2346,2
66	$2,6148 \cdot 10^4$	0,0010205	5,9502	276,21	2619,9	2343,7
67	$2,7332 \cdot 10^4$	0,0010211	5,7082	280,40	2621,6	2341,2
68	$2,8561 \cdot 10^4$	0,0010217	5,4775	284,59	2623,3	2338,7
69	$2,9837 \cdot 10^4$	0,0010205	5,2576	288,78	2625,1	2336,3
70	$3,1161 \cdot 10^4$	0,0010228	5,0479	292,97	2626,8	2333,8
71	$3,2533 \cdot 10^4$	0,0010235	4,8481	297,16	2628,5	2331,3
72	$3,3957 \cdot 10^4$	0,0010241	4,6574	301,36	2630,2	2328,8
73	$3,5433 \cdot 10^4$	0,0010247	4,4753	305,55	2631,9	2326,3
74	$3,6963 \cdot 10^4$	0,0010253	4,3015	309,74	2633,6	2323,9
75	$3,8548 \cdot 10^4$	0,0010259	4,1356	313,94	2635,3	2321,4
76	$4,0190 \cdot 10^4$	0,0010266	3,9771	318,13	2637,0	2318,9
77	$4,1890 \cdot 10^4$	0,0010272	3,8257	322,33	2638,7	2316,4
78	$4,3650 \cdot 10^4$	0,0010279	3,6811	326,52	2640,4	2313,9
79	$4,5473 \cdot 10^4$	0,0010285	3,5427	330,72	2642,1	2311,4
80	$4,7359 \cdot 10^4$	0,0010292	3,4104	334,92	2643,8	2308,9
81	$4,9310 \cdot 10^4$	0,0010299	3,2839	339,11	2645,4	2306,3
82	$5,1328 \cdot 10^4$	0,0010305	3,1629	343,31	2647,1	2303,8
83	$5,3415 \cdot 10^4$	0,0010312	3,0471	347,51	2648,8	2301,3
84	$5,5572 \cdot 10^4$	0,0010319	2,9362	351,71	2650,4	2298,7
85	$5,7803 \cdot 10^4$	0,0010326	2,8300	355,92	2652,1	2296,2
86	$6,0107 \cdot 10^4$	0,0010333	2,7284	360,12	2653,7	2293,6
87	$6,2488 \cdot 10^4$	0,0010340	2,6309	364,32	2655,4	2291,1
88	$6,4947 \cdot 10^4$	0,0010347	2,5376	368,53	2657,0	2288,5
89	$6,7486 \cdot 10^4$	0,0010354	2,4482	372,73	2658,7	2286,0
90	$7,0108 \cdot 10^4$	0,0010361	2,3624	376,94	2660,3	2283,4

Продолжение приложения 6

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$	$\nu', \text{м}^3/\text{кг}$	$\nu'', \text{м}^3/\text{кг}$	$h', \text{кДж/кг}$	$h'', \text{кДж/кг}$	$r, \text{кДж/кг}$
91	$7,2814 \cdot 10^4$	0,0010369	2,2801	381,15	2661,9	2280,7
92	$7,5607 \cdot 10^4$	0,0010376	2,2012	385,36	2663,5	2278,1
93	$7,8488 \cdot 10^4$	0,0010384	2,1256	389,57	2665,2	2275,6
94	$8,1460 \cdot 10^4$	0,0010391	2,0529	393,78	2666,8	2273,0
95	$8,4525 \cdot 10^4$	0,0010398	1,9832	397,99	2668,4	2270,4
96	$8,7685 \cdot 10^4$	0,0010406	1,9163	402,20	2670,0	2267,8
97	$9,0943 \cdot 10^4$	0,0010414	1,8520	406,42	2671,6	2265,2
98	$9,4301 \cdot 10^4$	0,0010421	1,7902	410,63	2673,2	2262,6
99	$9,7760 \cdot 10^4$	0,0010429	1,7309	414,85	2674,8	2259,9
100	$1,01325 \cdot 10^5$	0,0010437	1,6738	419,06	2676,3	2257,2
101	$1,0500 \cdot 10^5$	0,0010445	1,6190	423,28	2677,9	2254,6
102	$1,0878 \cdot 10^5$	0,0010453	1,5664	427,50	2679,5	2252,0
103	$1,1267 \cdot 10^5$	0,0010461	1,5157	431,73	2681,0	2249,3
104	$1,1668 \cdot 10^5$	0,0010469	1,4669	435,95	2682,6	2246,6
105	$1,2080 \cdot 10^5$	0,0010477	1,4200	440,17	2684,1	2243,9
106	$1,2504 \cdot 10^5$	0,0010485	1,3749	444,40	2685,7	2241,3
107	$1,2941 \cdot 10^5$	0,0010494	1,3315	448,63	2687,2	2238,6
108	$1,3390 \cdot 10^5$	0,0010502	1,2897	452,85	2688,8	2235,9
109	$1,3852 \cdot 10^5$	0,0010510	1,2494	457,08	2690,3	2233,2
110	$1,4326 \cdot 10^5$	0,0010519	1,2106	461,32	2691,8	2230,5
111	$1,4814 \cdot 10^5$	0,0010527	1,1733	465,55	2693,3	2227,7
112	$1,5316 \cdot 10^5$	0,0010536	1,1373	469,78	2694,8	2225,0
113	$1,5832 \cdot 10^5$	0,0010544	1,1025	474,02	2696,3	2222,3
114	$1,6361 \cdot 10^5$	0,0010553	1,0691	478,26	2697,8	2219,5
115	$1,6905 \cdot 10^5$	0,0010562	1,0369	482,50	2699,3	2216,8
116	$1,7464 \cdot 10^5$	0,0010570	1,0058	486,74	2700,8	2214,1
117	$1,8038 \cdot 10^5$	0,0010579	0,97583	490,98	2702,2	2211,2
118	$1,8628 \cdot 10^5$	0,0010588	0,94648	495,22	2703,7	2208,5
119	$1,9233 \cdot 10^5$	0,0010597	0,91896	499,47	2705,2	2205,2
120	$1,9854 \cdot 10^5$	0,0010606	0,89202	503,7	2706,6	2202,9
121	$2,0491 \cdot 10^5$	0,0010615	0,86603	508,0	2708,1	2200,1
122	$2,1145 \cdot 10^5$	0,0010625	0,84092	512,2	2709,5	2197,3
123	$2,1815 \cdot 10^5$	0,0010634	0,81617	516,5	2710,9	2194,4
124	$2,2503 \cdot 10^5$	0,0010643	0,79330	520,7	2712,3	2191,6
125	$2,3209 \cdot 10^5$	0,0010652	0,77067	525,0	2713,8	2188,8
126	$2,3932 \cdot 10^5$	0,0010662	0,74884	529,2	2715,2	2186,0
127	$2,4674 \cdot 10^5$	0,0010671	0,72771	533,5	2716,6	2183,1
128	$2,5434 \cdot 10^5$	0,0010681	0,70732	537,8	2717,9	2180,1
129	$2,6213 \cdot 10^5$	0,0010690	0,68760	542,0	2719,3	2177,3
130	$2,7012 \cdot 10^5$	0,0010700	0,66851	546,3	2720,7	2174,4
131	$2,7830 \cdot 10^5$	0,0010710	0,65007	550,6	2722,1	2171,5
132	$2,8668 \cdot 10^5$	0,0010720	0,63223	554,8	2723,4	2168,6
133	$2,9527 \cdot 10^5$	0,0010730	0,61498	559,1	2724,8	2165,7
134	$3,0406 \cdot 10^5$	0,0010740	0,59827	563,4	2726,1	2162,7
135	$3,1306 \cdot 10^5$	0,0010750	0,58212	567,7	2727,4	2159,7

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве: учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 175 с.
2. Захаров А.А. Применение теплоты в сельском хозяйстве: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 288 с.
3. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: справочник: рекоменд. гос. службой стандартных справочных данных. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. 80 с.
4. Рудобашта С.П. Теплотехника: учебник для вузов. Изд. второе, доп. М.: Издательство «Перо», 2015. 672 с.
5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. 6-е изд., перераб. М.: Издательство МЭИ, 1999. 472 с.
6. Теплоснабжение: учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков, И.Б. Пронина, В.А. Слемзин. М.: Высшая школа, 1980. 408 с.
7. Теплоснабжение животноводческого комплекса: метод. указания к курсовой работе по курсу «Теплоснабжение сельского хозяйства» по специальности 3114 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства / сост. А.Г. Соколов. Иркутск, 1990. 58 с.
8. Теплотехника: метод. указ. к курсовой работе для студентов по направлениям «Агроинженерия», «Теплоэнергетика» / Иркут. гос. с.-х. акад.; авт.-сост.: И.В. Алтухов, Г.В. Лукина. Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2010. 70 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Рекомендации по выполнению контрольной работы.....	4
1 Расчет теплового потока на отопление животноводческого комплекса.....	5
2 Расчет теплового потока на горячее водоснабжение животноводческого комплекса.....	10
3 Расчет теплового потока на технологические нужды.....	12
Приложение 1.1 Нормативные значения температуры и влажности внутреннего воздуха в помещениях и зданиях для крупного рогатого скота...	15
Приложение 1.2 Нормативные значения температуры и влажности внутреннего воздуха в помещении для содержания свиней различных половозрастных групп.....	16
Приложение 3 Поправочные коэффициенты для определения теплоты, углекислого газа и влаги, выделяемых животными при различных температурах в помещении.....	17
Приложение 4 Нормы выделений животными теплоты, углекислоты и водяных паров.....	18
Приложение 5 Влагосодержание воздуха в зависимости от его температуры и относительной влажности.....	19
Приложение 6 Термодинамические свойства воды и водяного пара на линии насыщения.....	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	22

Составители
Очиров Вадим Дансарунович
Быкова Светлана Михайловна

**РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**
Методические указания к контрольной работе
по дисциплине «Теплоснабжение»

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Подписано в печать 19.01.2021 г.
Формат 60×86/16. Печ. л. 1,0
Тираж 50 экз.

Издательство Иркутского государственного
аграрного университета им. А.А. Ежевского
664038, Иркутская область, Иркутский район
поселок Молодежный