

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович
Должность: ректор ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ
Дата подписания: 26.04.2021 15:15:53
Уникальный программный ключ:
5b8335c1f3d6e7bd91a51b28834cdf2b81866538

**Министерство сельского хозяйства российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК»**

Направление подготовки
35.04.06 Агроинженерия

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование электроустановок» для направления подготовки 35.04.06 Агроинженерия / Сост. А.П. Моисеев//: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2019. 26с.

Методические указания направлены на формирование навыков проектирования электроустановок сельскохозяйственного назначения. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции.

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель курсового проекта состоит в освоении инженерных методов расчета и проектирования электротехнологических установок для сельскохозяйственного производства.

Курсовой проект включает в себя следующие основные задачи:

- расчет параметров электродного водонагревателя непроточного типа;
- расчет вентиляции и отопления животноводческого или птицеводческого помещения;
- расчет электрокалориферной установки для подогрева приточного воздуха отопительно-вентиляционной системы животноводческого или птицеводческого помещения;
- составление принципиальных электрических схем автоматического управления непроточного водонагревателя и электрокалориферной установкой.

Курсовой проект разбит на две темы, для каждой из которых разработан перечень индивидуальных вариантов. Преподаватель выдает обучающему номер темы и ее вариант.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки (РПЗ) формата А4 и принципиальных электрических схем управления, выполняемых на форматах А1.

По содержанию РПЗ должна состоять из:

- введения, где указывается значение электротехнологических установок для сельскохозяйственного производства, необходимость и важность решения задачи, предусмотренной темами работы;
- исходных данных, которые приводятся в таблице в соответствии с выданным индивидуальным вариантом;
- расчета параметров электродного водонагревателя непроточного типа;
- упрощенного эскиза конструкции водонагревателя;
- электрической схемы управления и защиты водонагревателя;
- расчета вентиляции животноводческого или птицеводческого помещения;
- выбора соответствующего типа вентилятора;
- расчета потребной мощности электродвигателя для привода вентилятора;
- расчета необходимого количества тепла для обогрева животноводческого или птицеводческого помещения;
- расчета мощности отопительной установки;
- выбора отопительной установки (электрокалорифера);
- электрического расчета нагревательных элементов электрокалорифера и их геометрических размеров;
- определения расхода электрической энергии для отопления животноводческого или птицеводческого помещения за указанный зимний период;
- электрической схемы управления и защиты электрокалориферной установкой;
- выбора аппаратуры управления и защиты электротехнологических установок.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Титульный лист оформляется в соответствии с приложением.
2. Объем не менее 20, но не более 35 стр. формата А4.
3. Поля: левое – 30 мм, правое – 15, верхнее – 20, нижнее – 20 мм.
4. Основной текст – шрифт Times New Roman, кегль 14.
5. Заголовки – по центру, прописной полужирный шрифт Times New Roman, кегль 14.
6. Заголовок таблицы – по центру, строчной полужирный Times New Roman, кегль 12.
7. Раздел «Список литературы» – Times New Roman, кегль 12.
8. Текст таблицы – Times New Roman, кегль 12.
9. Интервал:
 - между строками – 1,5;
 - между заголовками и текстом – 1;
 - внутри таблиц – 1.
10. Абзацный отступ – 1,25 см.
11. Выравнивание основного текста – по ширине. Переносы **не допускаются**.
12. Нумерация страниц – середина нижнего поля. Нумерация начинается со **второй** страницы

2. ПРИМЕРНЫЙ ПЛАН И КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ВВЕДЕНИЕ

Во введении указывается значение электротехнологических установок для сельскохозяйственного производства, необходимость и важность решения задачи, предусмотренной темами работы.

ТЕМА 1

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ НЕПРОТОЧНОГО ТИПА

Электродный способ относится к прямому нагреву и применяется для проводников второго рода, т.е. обладающих ионной проводимостью: воды, молока, фруктовых и ягодных соков, сочных кормов, почвы, бетона и т.п.

Преобразование электрической энергии в тепло происходит непосредственно в нагреваемой среде – электролите, в котором под действием электрического поля начинается упорядоченное движение положительных и отрицательных ионов вещества к электродам, находящимся под электрическим потенциалом. Двигаясь с ускорением, ионы сталкиваются с нейтральными атомами и молекулами веществ электролитов и отдают при этом запасенную кинетическую энергию, которая превращается в тепловое движение этих элементарных частиц. Тем самым, теплосодержание вещества и его температура повышаются.

Электродный нагрев является наиболее простым и экономичным способом нагрева, а сам электродный нагреватель не требует для своего изготовления дорогостоящих материалов и очень надежен в работе. Преобразование электрического тока в тепло в таком нагревателе происходит с высоким КПД, поскольку это преобразование происходит непосредственно в нагреваемом материале. Для такого нагревателя выкипание воды не является опасным для целостности электродов. Однако, такой нагреватель при определенных условиях является электрически опасным для животных и людей. Его мощность в процессе нагрева не остается постоянной, а по мере роста температуры – увеличивается в 3...4 раза. Кроме того, средняя мощность нагревателя зависит от удельного сопротивления воды. И, наконец, такой нагреватель применим для нагрева только токопроводящих жидкостей.

Электродная система водонагревателя по форме бывает плоской или цилиндрической. Электроды при этом выполняют лишь функцию ввода тока в нагреваемый материал, но сами током практически не нагреваются. Для их изготовления можно применять обычную или нержавеющую сталь, электротехнический графит. Во избежание электролиза воды и образования гремучего газа в таких нагревателях используется только переменный ток, т.к. постоянный ток тот час вызывает электролиз. Однако, работая на переменном токе данный тип нагревателя может также вызвать электролиз, т.е. разложение нейтральной молекулы воды H_2O на два атома водорода и один – кислорода и образования при этом гремучей смеси. Такая смесь, состоящая из двух частей (по объему) водорода и одной части кислорода очень взрывоопасна, однако ее образование можно избежать, если ограничить плотность тока на электродах до предельно допустимых значений, которые соответствуют для плоских электродов $j_{\text{доп. max}} = 0,5 \text{ А/см}^2$, для электродов цилиндрической формы $j_{\text{доп. max}} = 2,0 \text{ А/см}^2$

Допустимая напряженность электрического поля в межэлектродном пространстве не должна превышать пробивной прочности $E_{\text{пр.}}$ воды во избежание нарушения нормальной работы водонагревателя, $V / \text{см}$

$$E_{\text{доп.}} = E_{\text{пр.}} / (1,5 \dots 2,0)$$

Вода без примесей практически не проводит электрический ток. Проводимость воды обусловлена наличием растворенных в ней солей, кислот, щелочей, молекулы которых образуют ионы. Так, например, содержание 0,5 мг/кг солей повышает проводимость воды на $1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Величина, обратная проводимости называется удельным сопротивлением.

Удельное сопротивление воды зависит от ее температуры. С возрастанием температуры увеличивается степень диссоциации молекул солей и кислот на ионы и их подвижность, вследствие чего сопротивление воды уменьшается.

Величина тока, протекающего через воду, а, следовательно, и мощность водонагревателя зависит от сопротивления воды. Поэтому эти параметры также переменны в процессе нагрева, что является одним из недостатков электродных водонагревателей.

1.1. Выбор системы электродов, схемы их соединения, напряжения питания производится согласно исходным данным (приложение 1).

1.2. Определение расстояния между электродами по условию допустимой напряженности электрического поля $E_{\text{доп}}$.

Для электродной системы 1 расстояние L (см) между электродами определяется по выражению

$$L = \frac{U_{\phi}}{E_{\text{доп}}}, \quad (1.1)$$

где U_{ϕ} – напряжение между электродами, В;

$E_{\text{доп}}$ – допустимая напряженность поля, В/см.

Допустимую напряженность поля принять равной $E_{\text{доп}} = 125 \dots 250 \text{ В/см}$

Для электродной системы 2 целесообразно соотношение $D/d = e = 2.71$

Для электродных систем 3 и 4 $R = r/0,21$; $a = 0,51R$. Радиус электрода r принять равным $r = 3 \dots 7 \text{ см}$.

1.3. Геометрический коэффициент электродной системы K_N (N – номер схемы).

$$K_1 = \frac{L}{(n-1) \cdot b}, \quad (1.2)$$

где L – расстояние между электродами, см;

n – коэффициент, учитывающий схему соединения электродов ($n=4$)

b – длина электрода, см.

длину электрода принять равной $b = 3 \dots 10 \text{ см}$.

$$K_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{D}{d}, \quad (1.3)$$

$$K_3 = \frac{1}{6\pi} \cdot \ln \frac{3a^2(R^2 - a^2)^3}{r^2(R^6 - a^6)}, \quad (1.4)$$

$$K_4 = \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{3a^2(R^2 - a^2)^3}{r^2(R^6 - a^6)}, \quad (1.5)$$

1.4. Высота электродов, см

$$h = \frac{40M \cdot c \cdot \rho_{20} \cdot K}{3U_{\phi}^2 \cdot \tau \cdot \eta \cdot 3,6} \cdot \ln \frac{20 + t_k}{20 + t_n}, \quad (1.6)$$

где M – масса нагреваемой воды, кг;

c – теплоемкость воды, ($c = 4,19 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$);

ρ_{20} – удельное сопротивление воды при 20°C , $\text{Ом} \cdot \text{см}$;

τ – время нагрева, ч;

η – КПД нагрева ($\eta = 0,94 \div 0,96$);

t_n, t_k – начальная и конечная температура, $^{\circ}\text{C}$.

1.5. Мощность через параметры электродной системы.

Начальная однофазная, Вт

$$P_n = \frac{U_{\phi}^2 \cdot h \cdot (20 + t_n)}{40 \cdot \rho_{20} \cdot K}, \quad (1.7)$$

начальная трехфазная, Вт

$$P_{n3\phi} = 3 \cdot P_n, \quad (1.8)$$

конечная однофазная, Вт

$$P_k = \frac{U_{\phi}^2 \cdot h \cdot (20 + t_k)}{40 \cdot \rho_{20} \cdot K}, \quad (1.9)$$

конечная трехфазная, Вт

$$P_{k3\phi} = 3 \cdot P_k, \quad (1.10)$$

средняя мощность, Вт

$$P_{cp} = \frac{P_{n3\phi} + P_{k3\phi}}{2}, \quad (1.11)$$

1.6. Мощность через технологические параметры, кВт

$$P = \frac{M \cdot c \cdot (t_k - t_n)}{3600 \cdot \tau \cdot \eta}, \quad (1.12)$$

Численное значение средней мощности P_{cp} , определяемой через параметры электродной системы не должно отличаться более чем на 20% от мощности, рассчитанной по технологическим параметрам.

1.7. Постоянная времени нагрева электродной системы, ч

$$T = \frac{40 \cdot M \cdot c \cdot K \cdot \rho_{20} \cdot 10^3}{3 \cdot U_{\phi}^2 \cdot h \cdot \eta \cdot 3600}, \quad (1.13)$$

1.8. Проверка на допустимую плотность тока, A/cm^2

$$j_{\max} = \frac{K_n \cdot I_{tk}}{S}, \quad (1.14)$$

где K_n – коэффициент неравномерности плотности тока на электродах, ($K_n = 1, 1.1 \dots 1.3$);

S – активная площадь электродов, cm^2 ;

I_{tk} – ток при конечной температуре t_k , А.

$$I_{tk} = \frac{P_k}{U_{\phi}}, \quad (1.15)$$

Активная площадь круглых электродов, cm^2

$$S = \pi d \left(\frac{d}{2} + h \right), \quad (1.16)$$

Активная площадь плоских электродов, cm^2

$$S = b \cdot h, \quad (1.17)$$

Необходимым является соблюдение условия

$$j_{\max} < j_{\text{доп}}, \quad (1.18)$$

где $j_{\text{доп}}$ – допустимая плотность тока на электродах, A/cm^2

При несоблюдении условия (1.18) расчет необходимо повторить при других значениях радиуса электрода r или допустимой напряженности электрического поля $E_{\text{доп}}$.

1.9. Построение графиков $\rho, P = f(t)$

$$P_{(3)} = \frac{3U_{\phi}^2 \cdot h(20 + t)}{40\rho_{20} \cdot K}, \text{ Вт} \quad (1.19)$$

$$\rho_t = \frac{40\rho_{20}}{20+t}, \text{ Ом}\cdot\text{см} \quad (1.20)$$

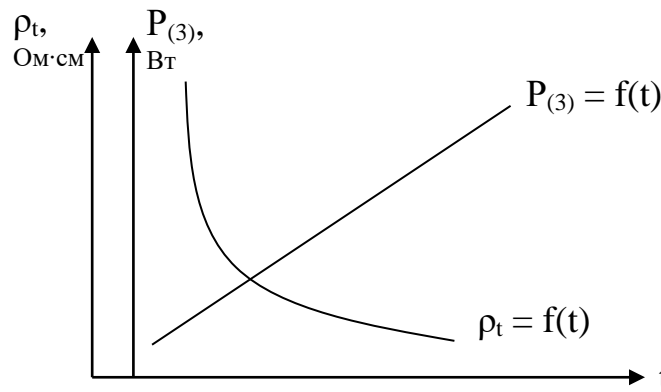


Рис.1. Зависимости удельного сопротивления воды ρ_t и мощности водонагревателя $P_{(3)}$ от температуры t

Задаваясь температурой воды t от начального значения t_n до конечного t_k и используя выражения (1.19) и (1.20), построить зависимости ρ , $P = f(t)$.

1.10. Производительность нагревателя в режиме парообразования.

Удельное сопротивление воды с учетом парообразования, Ом·см

$$\rho_{\text{кип}} = \rho_{100} \cdot \beta, \quad (1.21)$$

где $\beta = 0,925 \cdot e^{1,5j_{100}}$ – эмпирический коэффициент ($\beta > 1$);

1,5 – коэффициент, зависящий от давления пара;

j_{100} – плотность тока на электроде при $t = 100$ °С, А/см²

$$j_{100} = \frac{K_n \cdot I_{100}}{S}, \quad (1.22)$$

где I_{100} – ток при температуре $t = 100$ °С, А

$$I_{100} = \frac{P_{100}}{U_{\phi}}, \quad (1.23)$$

где P_{100} – мощность при температуре $t = 100$ °С

$$P_{100} = \frac{3U_{\phi}^2 \cdot h}{\rho_{20} \cdot K}, \quad (1.24)$$

где ρ_{20} – удельное сопротивление воды при $t = 100$ °С.

1.11. Мощность парообразователя по параметрам электродной системы, кВт

$$P_{\text{кип}}^{\rho} = \frac{3U^2 \cdot h}{K \cdot \rho_{100}} 10^{-3}, \quad (1.26)$$

1.12. Паропроизводительность нагревателя, кг/час

$$G = \frac{3600 \cdot P_{\text{кип}}^{\rho} \cdot \eta_{\text{п}}}{i'' - c}, \quad (1.27)$$

где $P_{\text{кип}}^{\rho}$ – мощность парообразователя по технологическим параметрам, кВт (принимается равной мощности парообразователя, определяемой по параметрам электродной системы $P_{\text{кип}}^{\rho} \cong P_{\text{кип}}^{\tau}$);

i'' – энтальпия пара при заданном давлении P , кДж/кг (приложение_1)

c – энтальпия воды при начальной температуре, кДж/кг ($c = t_n \cdot 4,19$)

1.13. Привести упрощенный эскиз конструкции водонагревателя.

1.14. Привести принципиальную электрическую схему управления работой водонагревателя. Схема должна обеспечивать защиту от короткого замыкания и неполнофазного режима работы.

1.15. Выбрать аппаратуру управления и защиты.

ТЕМА 2

РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ И ОТОПЛЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ИЛИ ПТИЦЕВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Роль и основные параметры микроклимата. Микроклимат животноводческих помещений – это сочетание физического, химического и биологического состояния окружающей среды, в результате нахождения в них животных и технологического производства.

К основным факторам, определяющим микроклимат, относятся:

- температура и влажность воздуха;
- направление и скорость воздушного потока в помещении;
- концентрация вредных газов (CO_2 , H_2S ; NH_3 и т.д.);
- электростатическая зарядность газовых частиц воздуха;
- количество механических примесей и микроорганизмов в воздухе;
- интенсивность естественного освещения.

Поддержание оптимального микроклимата имеет важное значение для содержания животных и птицы, особенно при выращивании молодняка, так как комплекс постоянно действующих и поддерживаемых в определенных нормах факторов внешней среды способствуют улучшению физиологических функций организма животных и обеспечивают получение максимальной продуктивности.

Отклонение параметров микроклимата в помещениях от установленных пределов приводит к снижению удоев на 10 – 20%, уменьшению приростов массы на 20 – 30%, увеличению отходов молодняка до 5 – 40%, снижению яйценоскости кур на 30 – 35%, к расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, снижению устойчивости животных к разным заболеваниям. Снижение концентрации кислорода (O_2) в помещении до 18% и ниже приводит к задержанию углекислого газа (CO_2) в тканях и крови, что ведет к развитию ацидоза у животных. При повышенной концентрации сероводорода (H_2S) происходит разрушение кровеносных сосудов, слизистой оболочки глаз, поражение слизистой оболочки дыхательных путей животных.

Аммиак, как и сероводород имеет те же поражающие факторы. Он образуется при разложении подстилки, навоза, мочи. Так же, как и сероводород он скапливается в низинных плохо вентилируемых местах.

В конечном итоге воздушная среда оказывает воздействие на организм животного физическими, химическими, электростатическими, пылевыми и микробными свойствами, которые в отдельности или в комплексе могут оказывать благоприятное или вредное влияние.

Системы вентиляции. По принципу действия системы вентиляции делят на естественную (гравитационную), принудительную с механическим побудителем потока и комбинированную, а также без подогрева или с подогревом воздуха от паровых, водяных и электрических калориферов.

В качестве естественного побудителя в системах используют тепловое, ветровое или их суммарное давление; в качестве механического – давление, получаемое от работы вентилятора.

Естественная вентиляция намного проще всех остальных и практически не требует эксплуатационных затрат, однако в большинстве случаев она менее эффективна чем механическая, так как эффективность действия естественной вентиляции тем больше, чем больше разность температур внешнего и внутреннего воздуха, которая достигает максимального значения зимой. В теплое же время года, когда разность температур может оказаться равной нулю, действие естественной вентиляции вообще прекращается. Поэтому такая система вентиляции требует постоянного контроля за собой.

При $t_{нар} > - 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и кратности воздухообмена больше 1.5, естественная вентиляция дополняется принудительной.

Системы вентиляции с механическим побудителем искусственно создают воздушные потоки. Они позволяют удалить из помещения определенное количество воздуха и заполнить его свежим, подвергнув температурной обработке и увлажнению.

По функциональному назначению системы вентиляции с механическим побудителем бывают вытяжные, приточные и приточно – вытяжные.

Системы вентиляции, посредством которых загрязненный воздух удаляется из помещения, называют вытяжными. Системы, обеспечивающие подачу в помещение наружного воздуха, подогреваемого в зимнее время, называют приточными. Вентиляцию, обеспечивающую как организованный приток, так и удаление воздуха, называют приточно – вытяжной (комбинированной).

Промышленностью выпускается большая номенклатура вентиляционного оборудования, широко используемого в промышленном животноводстве и птицеводстве. Это такие системы как «Климат – 4», «Приток – 1», «Климатик – 1», приточно-вытяжные установки ПВУ, бесконтактные тиристорные системы управления микроклиматом МК – ВАУЗ. Оборудование это поставляется заводами-изготовителями, как правило, в виде комплектов и в настоящее время составляет основу систем микроклимата производственных помещений практически всех современных животноводческих ферм и птицефабрик.

Отопительные установки. В сельскохозяйственном производстве и в быту электрокалориферный нагрев воздуха находит самое широкое применение. Он используется для отопления животноводческих и птицеводческих помещений, в инкубаторах, при сушке сена, фруктов, овощей, воздушного обогрева парников и теплиц, сушки штукатурки в строительном деле и т.д. Основными узлами электрокалориферной установки являются нагревательные элементы, вентилятор, электрический двигатель, система воздухопроводов в помещении и система управления установкой. Широкое распространение получили, так называемые, открытые нагреватели. Работа нагревательных элементов (Н.Э.) воздуха основана на преобразовании электрического тока, проходящего по проводнику, в тепло, а затем теплообмена между Н.Э. и окружающей средой в основном за счет конвекции.

В качестве материала для изготовления Н.Э. применяются проводники из специальных сплавов – нихром, фехраль, константан и др., которые имеют ряд ценных качеств, таких как: большое удельное электрическое сопротивление, малый температурный коэффициент электрического сопротивления, постоянство размеров, жаростойкость, жаропрочность и др. Проводники из этих сплавов изготавливаются в виде круглого, прямоугольного, ленточного сечения.

В электрокалориферных установках наибольшее распространение в качестве НЭ получили, так называемые, герметические трубчатые электронагреватели (ТЭНы). В них нагревательные сопротивления (нихромовая спираль) отделены от защитного кожуха (нержавеющая сталь) термостойкой электроизоляцией (кварцевый песок, периклаз и др.). Преимущество ТЭНов в их универсальности, надежности и электробезопасности. Для увеличения теплоотдачи от таких нагревателей, их кожух имеет развитое ребрение.

Надежность и долговечность работы Н.Э. воздуха, а также их технико-экономические показатели, зависят от правильного теплового и электрического расчета их конструктивных параметров.

2.1. Расчет вентиляции

Количество воздуха, необходимое для удаления излишков влаги, $\text{м}^3/\text{ч}$

$$L_B = \frac{W_1 + W_2}{d_2 \varphi_{вн} - d_1 \varphi_{нар}}, \quad (2.1)$$

где $W_1 = W_{ж} \cdot N$ – количество водяных паров, выделяемых N животными, г/(ч · гол) (приложение_2);

$W_2 = 0,14 W_1$ – количество водяных паров при испарении влаги со стен, с пола, с потолка, с кормушек, г/ч;

$d_2 = \rho_{в} \cdot \alpha_{тв}$ – содержание влаги в воздухе помещения в насыщенном состоянии при расчетной (оптимальной) температуре, г/м³;

$\rho_{в}$ – плотность сухого воздуха при расчетной температуре, кг/м³ (приложение_3);

$\alpha_{тв}$ – количество водяных паров в 1 кг сухого воздуха, г/кг (приложение_3);

$d_1 = \rho_{во} \cdot \alpha_{то}$ – содержание влаги в наружном воздухе в насыщенном состоянии при $t \cong 0$ °С (ноябрь, март), г/м³;

$\rho_{во}$ – плотность воздуха при $t = 0$ °С, кг/м³;

$\alpha_{то}$ – количество водяных паров в 1 кг сухого воздуха при $t=0$ °С, г/кг;

$\phi_{вн}$ – относительная влажность воздуха внутри помещения по зоогигиеническим требованиям (приложение_4);

$\phi_{нар}$ – относительная влажность наружного воздуха ($\phi_{нар} = 0,95$).

Количество воздуха, необходимое для удаления углекислого газа, м³/ч

$$L_{CO_2} = \frac{1,2 K_{\Sigma CO_2}}{C_2 - C_1}, \quad (2.2)$$

где $K_{\Sigma CO_2}$ – суммарное количество CO₂, выделяемое всеми животными за 1 час, дм³/час

$$K_{\Sigma CO_2} = K_{CO_2}^* \cdot N, \quad (2.3)$$

где $K_{CO_2}^*$ – количество CO₂, выделяемое одной головой, дм³/(гол·ч) (приложение_2);

1,2 – коэффициент, учитывающий количество CO₂, выделяемое микроорганизмами подстилки;

C_2 – допустимое содержание CO₂ в помещении в 1 м³ воздуха, дм³/м³ (приложение_4);

C_1 – содержание CO₂ в наружном воздухе, дм³/м³ (0,03% на 1м³ воздуха).

Расчет воздухообмена для удаления NH₃, H₂S, а также излишков тепла не производится. К дальнейшему расчету принимается наибольший (L_{max}) воздухообмен L_B или L_{CO_2} .

Кратность воздухообмена, 1/ч

$$K_0 = \frac{L_{max}}{V}, \quad (2.4)$$

где V – объем животноводческого помещения, м³.

По справочнику производится выбор вентилятора по условию

$$L_n \geq L_{max} \text{ при } H_n \geq H_p,$$

где H_p – расчетный воздухонапор, кгс/м² (исходные данные)

Потребная мощность для привода вентилятора, кВт

$$P_{потр} = \frac{K_3 \cdot L_{max} \cdot H}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_v \cdot \eta_n}, \quad (2.5)$$

где K_3 – коэффициент запаса ($K_3 = 1,1 \dots 1,3$);

η_n – КПД передачи ($\eta_n = 1$);

η_v – КПД вентилятора ($\eta_v = 0,4 \dots 0,6$)

По каталогу [2] производится выбор двигателя и выписываются его основные технические данные

$$P_n = P_{уст} \geq P_{потр}$$

Мощность присоединенная и максимальная, кВт

$$P_{прис} = \frac{P_n}{\eta_{дв}}, \quad (2.6)$$

$$P_{max} = K_3 \cdot K_{кн} \cdot P_{прис}, \quad (2.7)$$

где K_3 – коэффициент загрузки ($K_3 = 0,8$);

$K_{\text{кн}} = \frac{P_{\text{потр}}}{P_{\text{уст}}}$ – коэффициент каталожной неувязки.

2.2. Расчет отопления.

Уравнение теплового баланса животноводческого помещения

$$Q_{\text{жив}} + Q_{\text{от}} + Q_{\text{под}} + Q_{\text{СМЭ}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вен}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{инф}}, \quad (2.8)$$

откуда

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вен}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{жив}} - Q_{\text{под}} - Q_{\text{СМЭ}}, \quad (2.9)$$

где $Q_{\text{огр}}$ – количество тепла, теряемого через ограждающие конструкции помещения, кДж/ч

$$Q_{\text{огр}} = (K_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}} + K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{дв}} + K_{\text{стен}} \cdot F_{\text{стен}} + K_{\text{пот}} \cdot F_{\text{пот}} + 0,5 K_{\text{пот}} \cdot F_{\text{пот}})(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (2.10)$$

где $K_{\text{ок}}$, $K_{\text{дв}}$, $K_{\text{стен}}$, $K_{\text{пот}}$ – коэффициенты теплоотдачи с окон, дверей, стен, потолка, кДж/(м²·ч·°С)

$K_{\text{дв}} = 9,3$ кДж/(м²·ч·°С); $K_{\text{ок}} = 14,2$ кДж/(м²·ч·°С); $K_{\text{пот}} = 0,84$ кДж/(м²·ч·°С);

$K_{\text{стен}}$ – принимается согласно исходным данным (приложение 1).

$F_{\text{ок}}$, $F_{\text{дв}}$, $F_{\text{стен}}$, $F_{\text{пот}}$ – площади окон, дверей, стен, потолка, м²

$F_{\text{дв}} = 8 \dots 10$ м²; $F_{\text{ок}} = 0,06 \cdot F_{\text{стен}}$; $F_{\text{пот}} = F_{\text{пол}}$;

$F_{\text{стен}}$ – определить по размерам животноводческого помещения (приложение_1)

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха в помещении, °С;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С;

$Q_{\text{вен}}$ – теплопотери через вентиляцию, кДж/ч

$$Q_{\text{в}} = L \cdot c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (2.11)$$

где L – производительность выбранного вентилятора, м³/ч;

$c_{\text{в}}$ – теплоемкость сухого воздуха ($c_{\text{в}} = 1,0$ кДж/(кг·°С));

$\rho_{\text{в}}$ – плотность сухого воздуха ($\rho_{\text{в}} = 1,3$ кг/м³);

$Q_{\text{исп}}$ – тепло, теряемое через испарение влаги, кДж/ч

$$Q_{\text{исп}} = W_2 \cdot r \cdot 10^{-3}, \quad (2.12)$$

где W_2 – количество водяных паров при испарении влаги со стен, с пола, с потолка, с кормушки, г/ч (см. формулу 2.1);

r – скрытая теплота испарения влага при атмосферном давлении, кДж/кг ($r = 2512$ кДж/кг);

$Q_{\text{инф}}$ – тепло, теряемое через инфильтрацию, кДж/ч

$$Q_{\text{инф}} = 0,13 Q_{\text{огр}}, \quad (2.13)$$

$Q_{\text{жив}}$ – тепло, выделяемое животными

$$Q_{\text{жив}} = Q'_{\text{жив}} \cdot N \cdot K_t, \quad (2.14)$$

$Q'_{\text{жив}}$ – тепло, выделяемое 1 головой, кДж/(гол·ч) (приложение_2);

N – число голов;

$K_t = 1 + \alpha \cdot (16 - t_{\text{вн}})$ – температурный коэффициент ($\alpha = 0,0035$)

$Q_{\text{под}}$ – тепло, выделяемое подстилкой, кДж/ч

$$Q_{\text{под}} = 0,12 \cdot Q_{\text{жив}}, \quad (2.15)$$

$Q_{\text{СМЭ}}$ – тепло, выделяемое средствами местного электрообогрева (эл. двигатели, водонагреватели, осветительные приборы), кДж/ч

$$Q_{\text{СМЭ}} = 0,11 Q_{\text{от}}, \quad (2.16)$$

Мощность отопительной установки, кВт

$$P_{\text{от}} = \frac{Q_{\text{от}}}{3600 \cdot \eta_t}, \quad (2.17)$$

где η_T – КПД отопительной установки ($\eta_T = 0,96$).

По справочнику производится выбор отопительной установки (электрокалорифера) и выписываются его основные данные.

Расход электроэнергии на отопление, кВт·ч

$$A = P_{уст} \cdot T_{исп}, \quad (2.18)$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность всех электрокалориферов, кВт;

$T_{исп}$ – годовое число часов использования установленной мощности, час.

2.3. Электрический расчет калорифера (для одной фазы)

Схему соединения нагревателей принять «звездой» или «треугольником». По приложению_5 выбрать материал проволоки и выписать для него основные параметры (ρ_{20} , α , $t_{доп}$).

Рабочий ток нагревателей

$$I_p = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot n}, \quad (2.19)$$

где P – мощность, кВт;

$U_{л}$ – питающее напряжение, В;

n – число параллельных секций в фазе.

Расчетная температура нагревательного элемента

$$t_p = K_m \cdot K_c \cdot t_d, \quad (2.20)$$

где K_m , K_c – коэффициенты монтажа и среды (приложение_6);

t_d – действительная температура, $^{\circ}\text{C}$ ($t_d \leq t_{доп}$ (приложение_5))

По рабочему току I_p и расчетной температуре t_p из приложения_7 находят диаметр d проволоки.

Длина проволоки на секцию нагревателя, м

$$L = \frac{U_{\phi}^2 \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot P_{\phi} \cdot 10^3 \cdot \rho_t}, \quad (2.21)$$

где P_{ϕ} – мощность одной секции, кВт;

U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

d – диаметр проволоки, м;

ρ_t – удельное сопротивление при t_p , Ом·м

$$\rho_t = \rho_{20} [1 + \alpha(t_p - 20)], \quad (2.22)$$

где ρ_{20} – удельное сопротивление при 20°C , Ом·м;

α – температурный коэффициент электрического сопротивления, $1/^{\circ}\text{C}$.

Диаметр спирали, мм

$$D = (8...10)d, \quad (2.23)$$

Шаг спирали, мм

$$h = (2...4)d, \quad (2.24)$$

Количество витков

$$n = \frac{L}{\sqrt{(\pi D)^2 + h^2}}, \quad (2.25)$$

Длина спирали, м

$$l = h \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.26)$$

2.4. Привести принципиальную электрическую схему управления и защиты вентиляционно-отопительной установки.

2.5. Выбрать аппаратуру управления и защиты.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература

1. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок: учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. –123 с.: ил. 100экз. – ISBN 978-5-9909501-6-0.

2. Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: Учебное пособие / Шеховцов В.П., - 2-е изд. - М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 352 с.: 70x100 1/16 ISBN 978-5-00091-026-9 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/494251>

3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. [Электронный ресурс] — М.: ИНФРА - М, 2018. — 262с . Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/944357>

б) дополнительная литература

1. Моисеев, А.П. Светотехника и электротехнология:учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина- 3-е изд., перераб. и доп. – Саратов: Амирит, 2017.- 129 с.: –500 экз.– ISBN 978-5-9909501-7-7

2. Змеев, А.Я. Светотехника и электротехнология/ А.Я. Змеев, А.П. Моисеев, Е.А.Четвериков; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- 2-е изд., перераб. и доп. - Саратов, 2014.- 136 6 с.: –500 экз.– ISBN 978-5-7011-0778-4

№	Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
1	Масса воды М, кг	100	200	300	400	500	600	150	250	350	450	550
2	Начальная температура нагрева $t_{н}$	2	2	4	4	4	4	6	6	6	6	8
3	Конечная температура нагрева $t_{к}$	95	95	90	90	80	80	90	90	85	85	85
4	Время нагрева, час	1,1	1,3	1,7	2,5	3,2	4,2	1,1	1,3	1,7	2,5	3,5
5	Уд. сопротивление воды, Ом/м	1500	1800	1600	1900	1700	2000	2100	2200	1800	1700	1800
6	Эл. система и ее geometr. коэффициент	1	3	4	4	1	3	4	4	1	3	4
7	Давление пара в режиме парообразования Р·10 ⁵ Па	2,5	2	3	3,5	2	2,5	3,5	6	5,5	5	4,5
8	Индекс животновод. помещения (ч/з)	12/2	10/7	1/3	5/5	4/2	1/12	6/9	9/13	8/7	7/8	12/1
9	Температура наруж. воздуха Т, °С	-16	-14	-10	-12	-13	-6	-15	-18	-17	-12	-12
10	Потребный воздушный напор Н, кг·с/м ³	40	45	50	55	60	40	45	50	55	60	40
11	Индекс материала стен	16	15	17	14	13	12	11	10	9	8	7

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
1	125	225	325	425	525	175	275	375	475	575	800	775	675	625
2	8	8	8	10	10	10	10	12	12	12	12	10	10	10
3	85	87	87	87	87	83	83	83	83	80	70	70	70	70
4	1	1,4	1,8	2,6	3,6	1,3	2,3	3,3	4,3	4,3	5	5	4,5	4,2
5	1900	2000	2100	2700	2600	2500	2400	2300	2200	2100	2200	2500	2600	2700
6	4	1	3	4	4	4	4	3	1	1	3	4	4	4
7	4	3,5	3	2,5	2	2,5	3,5	4,5	5,5	6	5	4	3	2
8	10/2	11/12	9/4	8/5	7/8	6/7	1/8	4/9	3/10	12/11	13/12	2/5	3/7	3/9
9	-15	-8	-17	-10	-13	-18	-21	-23	-9	-7	-9	-20	-20	-16
10	45	50	55	60	40	45	50	55	60	40	45	50	55	60
11	6	5	4	3	2	1	17	16	15	10	14	12	13	11

	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	895	86	87	88	89
1	750	650	550	450	400	620	600	580	560	540	520	500	480	460
2	10	8	8	8	8	9	9	9	9	5	5	5	5	4
3	70	80	80	90	90	75	75	75	75	75	85	85	85	85
4	5,2	5,5	4,4	4	4	5	5	5	5	5	5	4,5	4,5	4,5
5	2800	2500	2300	2200	2500	2000	2000	1800	2500	2200	2100	2800	2700	2600
6	4	3	1	1	2	4	2	1	3	4	4	1	1	1
7	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	5	5,5	6	5,5	4,5	5	4	3,5	3
8	4/1	5/2	6/3	7/4	8/5	9/6	9/7	10/8	11/12	3/7	12/11	12/12	11/11	5/10
9	-20	-14	-16	-17	-17	-12	-10	-9	-9	-16	-5	-8	-10	-15
10	40	45	50	55	60	40	45	50	55	60	40	45	50	55
11	9	7	8	6	5	4	3	2	1	17	16	15	14	13

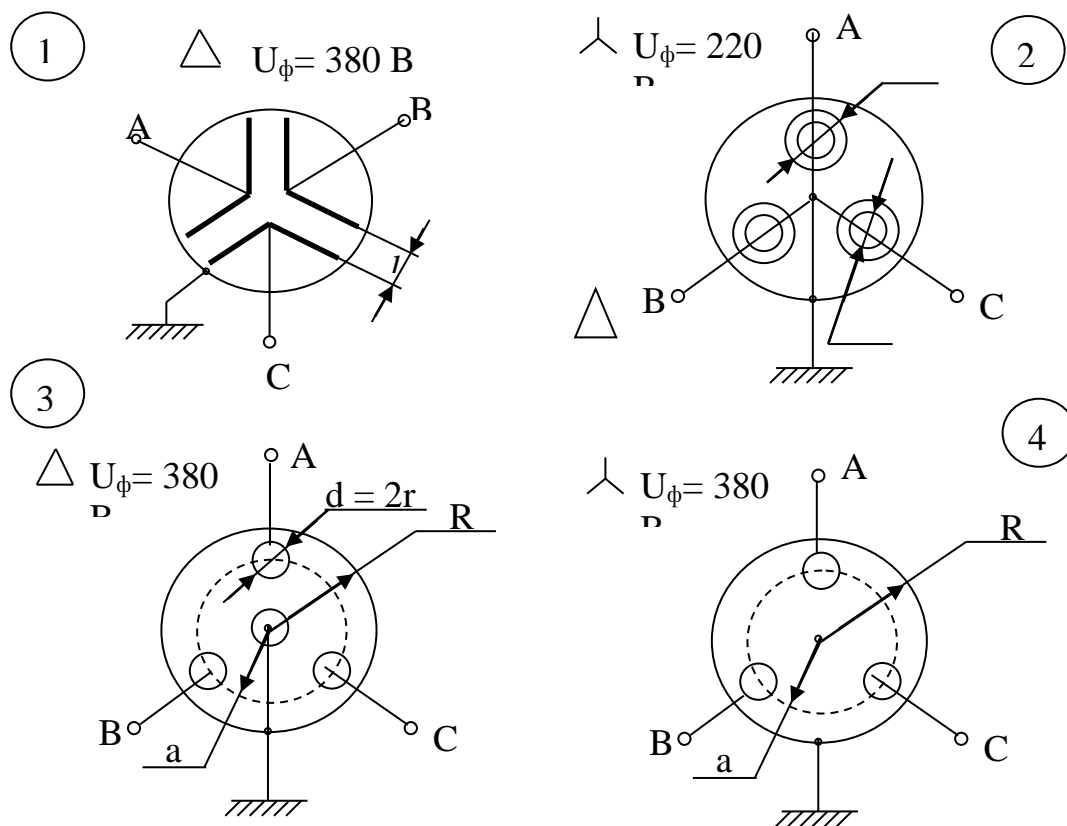
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	440	420	160	180	200	220	240	260	280	300	360
2	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2
3	85	87	95	95	95	95	95	95	90	90	90
4	4,2	4,2	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2,5	2,5
5	2500	2400	2300	2200	2100	1800	1900	2100	2000	2600	2500
6	3	2	2	4	1	2	2	4	1	2	2
7	2,5	2	2,5	3	3,5	3	4,5	3,5	5	5,5	6
8	10/9	10/8	9/7	13/6	7/5	6/4	5/13	4/2	3/1	2/1	1/2
9	-10	-8	-8	-18	-15	-12	-14	-14	-13	-12	-15
10	60	40	45	50	55	60	40	45	50	55	60
11	12	10	9	11	8	6	7	4	5	3	2

Примечания к теме 1 и теме 2.

1. Для вариантов с 50 по 100 расчетные данные таблицы (п.1, п.2, п.4, п.5, п.7) должны быть увеличены на 20%.

2. Индекс животноводческого помещения для вариантов с 1 по 50 принимается по числителю, а для вариантов с 50 по 100 – по знаменателю.

3. Электродные системы нагревателей (п.6)



4. Энтальпия пара i'' при давлении P (п.7)

P, МПа		0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
i'' , кДж/кг		2683	2687	2690	2693	2696	2699	2702	2704	2707
0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31
2709	2711	2713	2715	2717	2719	2721	2722	2724	2725	2727
0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42
2728	2730	2731	2732	2734	2735	2736	2737	2738	2740	2741
0,43	0,44	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0	1,1	
2742	2743	2744	2749	2757	2764	2769	2774	2778	2781	

5. Индекс, наименование и размеры животноводческого или птицеводческого помещения (п.8)

индекс	Наименование помещения	Размеры, м
1	Коровник на 200 голов	72x21x2,8
2	Телятник на 228 голов с родильным отделением на 44 места	60x18x2,8
3	Телятник на 336 голов	72x18x2,8
4	Телятник на 625 голов	84x18x2,8

5	Телятник 300 голов ремонтного молодняка	48x18x2,8
6	Свинарник-маточник на 100 маток	96x15x2,8
7	Свинарник 300 голов легко супоросных маток	12x72x2,8
8	Свинарник на 500 отъемышей и 100 голов ремонтного молодняка	97x9x2,8
9	Свинарник-хрячник на 30 хряков	48x9x2,8
10	Свинарник-откормочник на 2000 голов	21x90x2,8
11	Свинарник-откормочник на 1000 голов	12x90x2,8
12	Птичник на 5000 кур промышленного стада	12x96x2,8
13	Конюшня на 30 голов	12x46x2,8

6. Вес животных

Коровы дойные – 600 кг с суточным удоем до 30 л.

Телята от 3 до 6 мес. – 90 кг.

Тоже, ремонтного стада от 6 мес. до 1 года – 180 кг.

Свиньи подсосные – 150 кг.

Свиньи супоросные – 150 кг.

Поросята отъемыши 2-5 мес. – 80 кг.

Хряки – 150 кг.

Поросята на откорме 5-8 мес. – 80 кг.

Кобылы и мерины – 600 кг.

Куры промышленного стада – 1,5-2 кг.

7. Индекс, коэффициент теплопередачи (к, кДж/(м²°С ч)

и материал стен с внутренней штукатуркой

1.Сплошная кладка из красного кирпича, толщиной $\sigma = 26,5$ см	к = 7,64
2.То же, $\sigma = 39,5$ см	к = 5,76
3.Сплошная кладка из пористо-дырчатого кирпича, $\sigma = 26,5$ см	к = 5,04
4. То же, $\sigma = 39,5$ см	к = 6,63
5.Кладка из пеносиликатных камней, $\sigma = 29$ см	к = 3,6
6. То же $\sigma = 39$ см	к = 2,73
7.Кладка из известника-ракушечника $\sigma = 24,5$ см	к = 6,62
8. То же $\sigma = 41$ см	к = 4,68
9. То же $\sigma = 54$ см	к = 3,4
10.Кладка из саманных блоков $\sigma = 41$ см	к = 4,86
11. То же $\sigma = 54$ см	к = 3,81
12.Стена деревянная рубленая $\sigma = 20$ см	к = 3,06
13. То же $\sigma = 22$ см	к = 2,8
14. То же $\sigma = 24$ см	к = 2,7
15.Стена каркасно-засыпная с обшивкой $\sigma = 10$ см	к = 4,68
16. То же $\sigma = 12$ см	к = 4,17
17. То же $\sigma = 15$ см	к = 3,6

Приложение 2

Расчетные значения тепла, водяных паров и углекислоты, выделяемых различными животными.

Вид животных	Вес животного, кг	Выделяемые животными		
		тепло, ккал/ч [x4.19 (кДж/ч)]	СО ₂ , (дм ³ /ч)	пары воды, г/ч
коровы стельные	300	550	90	232
	400	672	110	284
	600	828	138	329
	800	989	162	414
коровы дойные (суточный удой 10 л)	300	590	96	248
	400	693	114	292
	600	823	135	348
коровы дойные (суточный удой 30 л)	400	1008	165	424
	600	1156	189	487
	800	1304	214	549
волы откормочные	600	1035	169	435
	800	1236	202	520
	1000	1455	239	651
свиньи подсосные (10 сосунов)	100	420	70	178
	150	456	78	198
	200	506	84	216
свиньи откормочные	100	260	43	110
	200	340	57	146
	300	450	75	191
свиньи супоросные	100	240	40	102
	150	276	46	117
	200	376	52	135
овцы суягные овцы подсосные	50	145	23	61
	50	250	41	105
кобылы и мерины	400	524	86	221
	600	690	113	290
	800	840	138	354
телята от 3 до 6 месяцев	60	180	29	76
	90	210	34	88
	120	310	41	110
телята от 6 месяцев до 1 года	160	370	61	120
	180	390	63	163
	220	393	75	198
	320	510	84	415
поросята от 3 до 5 месяцев	15	72	12	30
	30	134	22	57
поросята от 5 до 8 месяцев	60	148	25	63
	80	176	29	75
	100	185	31	79
куры	1,5-2,0	1,0-1,3	1,5- 2,0	7,5-8,3

Температура, плотность и влагосодержание воздуха при полном насыщении и парциальное давление водяных паров при барометрическом давлении 760 мм рт. ст.

температура, °С	плотность сухого воздуха ρ , кг/м ³	количество насыщенных водяных паров в 1 кг сухого воздуха d , г/кг	давление насыщенных водяных паров, мм рт. ст.
99	0,949	17000,0	733,20
30	1,165	26,2	31,82
29	1,269	25,6	30,04
28	1,173	24,0	28,35
27	1,177	22,6	26,74
26	1,181	21,4	25,21
25	1,185	20,0	23,76
24	1,189	18,8	22,38
23	1,193	17,7	21,07
22	1,197	16,8	19,83
21	1,201	15,6	18,65
20	1,205	14,7	17,53
19	1,209	13,8	16,48
18	1,213	12,9	15,48
17	1,217	12,1	14,53
16	1,222	11,4	13,03
15	1,226	10,6	12,79
14	1,230	9,97	11,99
13	1,235	9,37	11,23
12	1,239	8,75	10,52
11	1,243	8,15	9,84
10	1,248	7,63	9,21
9	1,252	7,13	8,61
8	1,256	6,65	8,95
7	1,261	6,21	7,15
6	1,265	5,79	7,01
5	1,270	5,40	6,54
4	1,275	5,10	6,10
3	1,279	4,77	5,69
2	1,284	4,48	5,29
1	1,288	4,15	4,93
0	1,293	3,90	4,58
-1	1,298	3,58	4,22
-2	1,303	3,30	3,88
-3	1,308	3,10	3,57
-4	1,312	2,80	3,28
-5	1,317	2,60	3,01
-6	1,322	2,40	2,76
-7	1,327	2,25	2,53
-8	1,332	2,08	2,32
-9	1,337	1,93	2,13
-10	1,342	1,80	1,95
-11	1,348	1,65	1,78
-12	1,353	1,50	1,63
-13	1,358	1,40	1,49
-14	1,363	1,30	1,36
-15	1,368	1,20	1,24
-16	1,374	1,11	1,13
-17	1,379	1,04	1,03

-18	1,385	0,93	0,94
-19	1,394	0,86	0,85
-20	1,396	0,80	0,77

Приложение 4

Зоотехнические нормативы для различных животноводческих помещений.

Помещения	Строительный объем на голову для различных зон	Внутренняя температура помещения	Относительная влажность внутри помещения	Допустимое содержание в помещении CO ₂ по объему
	м ³ /гол	°C	о.е.	%
коровник	15-20	6-10	0,78-0,85	0,25-0,3
телятник	8-10	12	0,70	0,25
свинарник-откормочник	6	6-8	0,63-0,75	0,3
свиноматочник	15	8-12	0,70	0,25
свиноматки с поросятами	15-18	8-22	0,70	0,25
поросята-отъемыши	2-5	12-20	0,70	0,25
конюшня	23-26	6-8	0,80	0,3
овчарня	5	3-5	0,85-0,90	0,3
птичник	0,25-1,05	12-18	0,60-0,75	0,3
цыплятники	-	24-30	0,70	0,25

Приложение 5

Материалы для электрических нагревателей.

Материал	Удельное электрическое сопротивление ρ_{20} при 20 °C, $\times 10^{-6}$ Ом·м	Температурный коэффициент электрического сопротивления α , $\times 10^{-6}$ °C ⁻¹	Максимальная рабочая температура $t_{д}^{доп}$, °C	Температура плавления $t_{пл}$, °C
нихром двойной (Х20Н80-Н)	1,1	16,5	1200	1400
нихром тройной (Х15Н60-Н)	1,1	16,3	1100	1390
сталь малоуглеродистая	0,135	4500	300	1460
графит	8-13	4,8	2000	-

Приложение 6

Коэффициенты монтажа K_m и среды K_c

Конструктивное выполнение нагревателя	K_m
Проволока, натянутая горизонтально в спокойном воздухе	1,0
Проволочная спираль в спокойном воздухе	0,8-
Проволочная спираль на огнеупорном держателе	0,9
Проволока, навитая на огнеупорный держатель в спокойном воздухе	0,7
Нагревательное сопротивление между двумя слоями тепловой изоляции (закрытые электроплитки, некоторые трубчатые электронагреватели)	0,6-
Нагревательное сопротивление с мощной тепловой изоляцией (трубчатые электронагреватели, электрообогреватели почвы, пола)	0,7
	0,5
	0,3-
	0,4
Условия окружающей среды	K_c
Проволочная спираль в воздушном потоке	1,1-
Нагревательные элементы, погруженные в воду	1,5
Нагревательные элементы, омываемые потоком жидкости	2,5
	3-3,5

Приложение 7

Нагрузки в амперах, соответствующие определенным температурам нагрева нихромовой проволоки, подвешенной горизонтально в спокойном воздухе при температуре 20 °С.

Диаметр проволоки, мм	Сечение, мм ²	Допустимые нагрузки (А) при расчетной температуре t_p , °С						
		200	400	600	700	800	900	1000
5	19,6	52	83	105	124	146	173	206
4	12,6	37	60	80	93	110	129	151
3	7,07	22,3	37,5	54,5	64	77	88	102
2,5	4,91	16,6	27,5	40	46,6	57,5	66,5	73
2	3,14	11,7	19,6	28,7	33,8	39,5	47	51
1,8	2,54	10	16,9	24,9	29	33,1	39	43,2
1,6	2,01	8,6	14,4	21	24,5	28	32,9	36
1,5	1,77	7,9	13,2	19,2	22,4	25,7	30	33
1,4	1,54	7,25	12	17,4	20	23,3	27	30
1,3	1,33	6,6	10,9	15,6	17,8	21	24,4	27
1,2	1,13	6	9,8	14	15,8	18,7	21,6	24,3
1,1	0,95	5,4	8,7	12,4	13,9	16,5	19,1	21,5
1	0,785	4,85	7,7	10,8	12,1	14,3	16,8	19,2
0,9	0,636	4,25	6,7	9,35	10,45	12,3	14,5	16,5
0,8	0,503	3,7	5,7	8,15	9,15	10,8	12,3	14,0
0,75	0,442	3,4	5,3	7,55	8,4	9,95	11,25	12,85
0,7	0,385	3,1	4,8	6,95	7,8	9,1	10,3	11,8
0,65	0,332	2,82	4,4	6,3	7,15	8,25	9,3	10,75
0,6	0,342	2,52	4	5,7	6,5	7,5	8,5	9,7
0,55	0,238	2,25	3,55	5,1	5,8	6,75	7,6	8,7
0,5	0,195	2	3,15	4,5	5,2	5,9	6,75	7,7
0,45	0,159	1,74	2,75	3,9	4,45	5,2	5,85	6,75

0,40	0,126	1,5	2,34	3,3	3,85	4,4	5	5,7
0,35	0,096	1,27	1,95	2,76	3,3	3,75	4,15	4,75
0,3	0,085	1,05	1,63	2,27	2,7	3,05	3,4	3,85
0,25	0,049	0,84	1,33	1,83	2,15	2,4	2,7	3,1
0,2	0,0314	0,65	1,03	1,4	1,65	1,82	2	2,3
0,15	0,0177	0,46	0,74	0,99	1,15	1,28	1,4	1,62
0,1	0,00785	0,1	0,47	0,63	0,72	0,8	0,9	1,0

Приложение 8

Коэффициент теплового излучения

Материал	ϵ
графит	0,77...0,83
латунь	0,22
сталь	0,55...0,61
цинк	0,11
нихром	0,64...0,75

Приложение 9

Коэффициент эффективности излучения

Тип нагревателя	Конструктивное исполнение	$\alpha_{эфф}$
1	проволочная спираль в пазах	0,16... 0,24
2	проволочная спираль на трубках	0,3...0,36
3	проволока Z-образная	0,6...0, 72
4	лента Z-образная	0,38... 0,44

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Общие требования к оформлению курсового проекта.....	4
2. Примерный план и краткое описание тем курсового проекта.....	5
3. Рекомендуемая литература.....	14
Приложения.....	15