

Содержание

Введение	3
1. Исходные данные для проектирования	4
2. Расчет электротермических установок животноводческих помещений	5
2.1 Энергетический расчет электрокалориферной установки	5
2.1.1 Расчет тепловой нагрузки животноводческих помещений	5
2.1.2 Определение расхода приточного воздуха	6
2.1.3 Определение суммарного выдения влаги в помещении	7
2.1.4 Определение количества и мощности калориферных установок.	9
2.1.5 Определение подачи одного вентилятора и падение давления в системе вентилирования	9
2.1.6 Выбор вентиляторов	11
2.2 Расчет вытяжных каналов	12
2.3 Анализ энергопотребления для различных температурных условий	13
2.4 Тепловой и конструктивный расчет нагревательного блока электрокалорифера.	13
2.4.1 Тепловой расчет нагревательных элементов	14
2.4.2 Конструктивный расчет нагревательных элементов	16
2.5 Схема компоновки блока ТЭНов	17
2.6 Регулировка включений секций ТЭНов в зависимости от наружной температуры	18
3. Выбор ПЗА и расчет внутренних силовых сетей	22
4. Схема принципиальная электрическая электрокалорифера	25
Список использованной литературы	26

Введение

Развитие сельскохозяйственного производства связано с широким потреблением тепловой энергии в процессах обработки материалов, создания микроклимата, получения искусственного холода. Наиболее универсальными источниками тепловой энергии в современных технологиях являются электронагревательные установки. Повышение эффективности использования электронагрева и совершенствование нагревательных установок требует подготовки высококвалифицированных специалистов, глубоко понимающих физические процессы электронагрева.

Целью курсовой работы является:

- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентами во время изучения курса «Электротехнология»;
- развитие навыков самостоятельного решения инженерных задач по применению электротехнологии в процессах сельскохозяйственного производства.

На основе новейших достижений науки и техники в области электротехнологии необходимо разработать наиболее прогрессивные электронагревательные установки. При этом решения, принятые в работе, должны отличаться экономической эффективностью.

1. Исходные данные для проектирования

СВИНАРНИК НА 275 ХОЛОСТЫХ И СУПОРΟΣНЫХ МАТОК. Типовой проект 802-2-43.91

Строительные конструкции и изделия:

Стены	двухслойные сборные легкoбетонные панели, в= 140 мм
Перегородки	кирпичные
Перекрытие	сборные железобетонные плиты, в=70мм
Кровля	асбестоцементные листы по деревянной обрешетке
Полы	бетон + дерево
Окна	стекло, h= 1200 мм, d= 1200 мм -26 шт.
Ворота	деревянные, h= 3000 мм, d=3000 мм -2 шт.

Основные размеры:

Ширина	18000 мм
Длина	48000 мм
Высота стены	3280 мм
Высота по коньку	5800 мм

Расположение клеток - четырехрядное

Экспликация помещений:

Помещение для животных	672 кв.м.
Электрощитовая	15 кв.м.
Коридор	68 кв.м.
Тамбур	44 кв.м.

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

2.1 Расчет электрокалориферной установки

2.1.1 Расчет тепловой нагрузки животноводческих помещений

Тепловой поток системы отопления и вентиляции определяют из уравнения теплового баланса

$$\Phi_{\text{от}} = \Phi_{\text{ог}} + \Phi_{\text{в}} - \Phi_{\text{ж}} \quad (2.1)$$

где $\Phi_{\text{ог}}$, $\Phi_{\text{в}}$ и $\Phi_{\text{ж}}$ – соответственно тепловые потоки теряемые через ограждения, на нагрев вентиляционного воздуха и тепловой поток, поступающий от животных, Вт
Тепловой поток через ограждения можно определить по выражению

$$\Phi_{\text{ог}} = q_0 \cdot V_{\text{Н}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (2.2)$$

где $q_0 = 0.074$ - удельная тепловая характеристика помещения, характеризует количество теплоты, теряемого наружной поверхностью помещения 1 м^3 при разнице температур наружного и внутреннего воздуха $1 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \times \text{ }^\circ\text{C})$, (приложение Д.1);

$$V_{\text{Н}} = V \cdot L \cdot h = 18000 \cdot 10^{-3} \cdot 48000 \cdot 10^{-3} \cdot 3280 \cdot 10^{-3} = 2.834 \times 10^3 \cdot \text{м}^3 - \text{объем} \quad (2.3)$$

помещения по наружному обмеру;

$$t_{\text{н}} = -30 \text{ }^\circ\text{C} \quad - \text{температура наружного воздуха};$$

$$t_{\text{в}} = 18 \text{ }^\circ\text{C} \quad - \text{температура воздуха в помещении.}$$

$$\Phi_{\text{ог}} = q_0 \cdot V_{\text{Н}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = 0.074 \cdot 2833.9 \cdot (18 - (-30)) = 10066.0 \quad \text{Вт} \quad (2.4)$$

Тепловой поток, теряемый на нагрев приточного воздуха

$$\Phi_{\text{в}} = 0.278 \cdot L \cdot c_{\text{в}} \cdot \rho \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (2.5)$$

где L - расчетный теплообмен помещения, $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$;

$$c_{\text{в}} = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} - \text{удельная теплоемкость воздуха};$$

$$\rho = \frac{346}{273 + t_{\text{в}}} \cdot \frac{99.3}{99.3} = 1.189 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \text{плотность воздуха.} \quad (2.6)$$

Расчетный воздухообмен определяют из условия понижения концентрации углекислоты и водяных паров в воздухе помещения.

2.1.2 Определение расхода приточного воздуха

Расход приточного воздуха, необходимого для понижения концентрации углекислоты, вычисляют по формуле

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{1.2 \cdot c \cdot n}{c_1 - c_2} \quad (2.7)$$

где 1,2 - коэффициент, учитывающий количество CO₂, выделяемое подстилкой при ее разложении;

$c = 63$ л/ч - количество CO₂, выделяемое одним животным;

$n = 275$ - количество животных в помещении;

$c_1 = 2 \frac{\text{л}}{\text{м}^3}$ - предельно допустимая концентрация CO₂ в воздухе помещения;

$c_2 = 0.35 \frac{\text{л}}{\text{м}^3}$ - концентрация CO₂ в наружном воздухе.

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{1.2 \cdot c \cdot n}{c_1 - c_2} = \frac{1.2 \cdot 63 \cdot 275}{2 - 0.35} = 12599.0 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (2.8)$$

Расход приточного воздуха, необходимого для удаления водяных паров, находят по формуле

$$L_w = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} \quad (2.9)$$

где W - масса влаги, выделяющейся в помещении, г/ч;

d_B, d_H - влагосодержание внутреннего и наружного приточного воздуха, г/кг;

$\rho = 1.189 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность воздуха в помещении (определено ранее).

По h - d диаграмме определим параметры влажного воздуха

Для внутренних помещений

при влажности $\varphi = 70$ % и температуре $t_B = 18$ °C

получим влагосодержание воздуха $d_B = 9 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$

вне помещений при $\varphi = 65$ и $t_H = -30$ °C

получим $d_H = 0.4 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$

Примем кратность воздухообмена $K = 5.716$

Тогда расчетный воздухообмен

$$L = K \cdot V = 5.716 \cdot 2204.2 = 12599. \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (2.19)$$

Тепловой поток, теряемый на нагрев приточного воздуха

$$\Phi_B = 0.278 \cdot L \cdot c_B \cdot \rho \cdot (t_B - t_H) = 0.278 \cdot 12599.0 \cdot 1.189 \cdot (18 - (-30)) = 1.999 \times 10^5 \text{ Вт} \quad (2.20)$$

Тепловой поток, выделяемый животными

$$\Phi_{\text{ж}} = n \cdot q_m \cdot k_t \quad (2.21)$$

где $n = 275$ - число животных с одинаковым выделением свободной теплоты;

$q_m = 351 \text{ Вт}$ - поток свободной теплоты, выделяемой одним животным;

$k_t = 0.72$ - коэффициент, учитывающий изменение количества выделенной животными теплоты в зависимости от температуры воздуха внутри помещения (приложение Д.3).

$$\text{тогда } \Phi_{\text{ж}} = n \cdot q_m \cdot k_t = 275 \cdot 351 \cdot 0.72 = 69498.0 \text{ Вт} \quad (2.22)$$

Тепловой поток системы отопления и вентиляции

$$\Phi_{\text{от}} = \Phi_{\text{ог}} + \Phi_B - \Phi_{\text{ж}} = 10066.0 + 199896.0 - 69498.0 = 1.405 \times 10^5 \text{ Вт} \quad (2.23)$$

Общую мощность системы отопления определяем по выражению

$$P_{\text{от}} = \frac{\Phi_{\text{от}}}{\eta_K} = \frac{140464}{0.94} = 149430.0 \text{ Вт} \quad (2.24)$$

$\eta_K = 0.94$ - КПД калорифера

2.1.4 Определение количества и мощности калориферных установок.

Количество и мощность калориферных установок выбирают из следующих соображений: в животноводческом помещении устанавливают не менее двух калориферных установок для обеспечения надежности отопления и равномерного распределения приточного воздуха в помещении; мощность одного электрокалорифера должна быть в пределах 10...40 кВт. При мощностях меньших 10 кВт расчетное количество калориферов оказывается слишком большим, а при мощностях более 40 кВт возникают значительные трудности при конструктивном расчете калорифера.

установим в помещении $n_k = 4$ калориферных установок

Тогда мощность одной калориферной установки

$$P_k = \frac{P_{от}}{n_k} = \frac{149430.0}{4} = 37357.0 \text{ Вт} \quad (2.25)$$

2.1.5 Определение подачи одного вентилятора и падение давления в системе вентилирования

Подача одного вентилятора

$$L_B = k_n \cdot \frac{L}{n_k} \quad (2.26)$$

где $k_n = 1.15$ -поправочный коэффициент на подсосы воздуха в воздуховодах (для стальных, пластмассовых и асбоцементных воздуховодов)

$$L_B = k_n \cdot \frac{L}{n_k} = 1.15 \cdot \frac{12599.0}{4} = 3622.21 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (2.27)$$

Диаметр труб вентиляционной сети выбираем достаточно большими, чтобы скорость движения v воздуха в них была не более 12-15 м/с

$$\text{примем скорость } v = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Выбираем усредненное значение диаметра. Диаметры труб воздуховодов, начиная от вентилятора и калорифера, выбирают ступенчато в сторону уменьшения с целью добиться

равномерного падения давления между точками выхода воздуховодов в помещение. Диаметры 710→630→560→500→365мм

Принимаем усредненное значение

$$D = 0.55 \text{ м}$$

Скорость потока усредненная

$$v = \frac{L_B \cdot 4}{\pi \cdot D^2 \cdot 3600} = \frac{3622.21 \cdot 4}{\pi \cdot 0.55^2 \cdot 3600} = 4.235 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.28)$$

Потери сопротивлению в прямой круглой трубе рассчитываются по формуле

$$H_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{l \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D} \quad (2.29)$$

где $\lambda = 0.02$ - коэффициент сопротивления трению воздуха в трубе

$$l = 11 \text{ м}$$

тогда

$$H_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{l \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D} = 0.02 \cdot \frac{11 \cdot 1.189 \cdot 4.235^2}{2 \cdot 0.55} = 4.265 \text{ Па} \quad (2.30)$$

$$h_{\text{мс}} = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot (\xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{кол}} \cdot 4 + \xi_{\text{вн.суж}} \cdot 5 + \xi_{\text{отв}} \cdot 5) = 73.57 \text{ Па} \quad (2.31)$$

где коэффициенты потерь на местные сопротивления

$\xi_{\text{вх}} = 0.5$ - Вход в воздуховод, заделанный заподлицо

$\xi_{\text{кол}} = 1.1$ - колено круглого сечения

$\xi_{\text{вн.суж}} = 0.15$ - внезапное сужение сечения(710→630→560→500→365)

$$\left[\frac{F_2}{F_1} \right] = \frac{630^2}{710^2} = 0.787$$

$\xi_{\text{отв}} = 0.25$ - отвод 90° круглого сечения

Общая потеря напора

$$\Delta H = H_{\text{тр}} + h_{\text{мс}} = 4.265 + 73.57 = 77.835 \text{ Па} \quad (2.32)$$

2.1.6 Выбор вентиляторов.

Вентиляторы различают по номерам, показывающим диаметр рабочего колеса в дециметрах. Все вентиляторы одной серии или типа по своим размерам геометрически подобны друг другу и имеют одинаковую аэродинамическую схему.

Вентиляторы подбирают по подаче и полному давлению, которое должен развивать вентилятор.

Расчетное полное давление, H_B , которое должен развивать вентилятор, складывается из потерь давления в вентиляционной системе, ΔH , и потерь давления в калорифере, Δh_k

Аэродинамическое сопротивление электрокалорифера, содержащего три секции ТЭНов составляет 250 Па.

$$\Delta h_k = 250 \text{ Па}$$

$$\text{тогда } H_B = \Delta H + \Delta h_k = 77.83 + 250 = 327.8 \text{ Па} \quad (2.33)$$

Необходимую мощность на валу электродвигателя для привода вентилятора подсчитывают по формуле

$$P_{\text{дв}} = \frac{L_B \cdot H_B}{3600 \cdot \eta_B \cdot \eta_n} = \frac{3622.21 \cdot 327.8}{3600 \cdot 0.8 \cdot 0.98} = 420.7 \text{ Вт} \quad (2.34)$$

где $\eta_B = 0.8$ - КПД вентилятора

$\eta_n = 0.98$ - КПД передачи (при непосредственной насадке колеса вентилятора на вал электродвигателя)

Установленная мощность электродвигателя

$$P_{\text{уст}} = k_3 \cdot P_{\text{дв}} = 1.2 \cdot 420.7 = 504.8 \text{ Вт} \quad (2.35)$$

$k_3 = 1.2$ - коэффициент запаса мощности, для центробежных вентиляторов.

Подбирают вентиляторы по аэродинамическим характеристикам, показывающим графическую зависимость их полного давления, подачи, частоты вращения и окружной скорости рабочего колеса.

По приложению Г8 выбираем

При падении давления в магистрали $H_B = 327.8 \text{ Па}$

Потребном расходе $L_B = 3.622 \times 10^3 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$

Потребной мощности электродвигателя $P_{\text{уст}} = 504.8 \text{ Вт}$

Выберем вентилятор

Номер вентилятора $N_{\text{вент}} = 5$

Мощность двигателя $P_{\text{вент}} = 0.75 \text{ кВт}$

Частота вращения двигателя $n_{\text{вращ}} = 930$

Создаваемый напор $\Delta P_{\text{вент}} = 330 \text{ Па}$

Расход воздуха $L_{\text{вент}} = 3.8 \times 10^3 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$

2.2 Расчет вытяжных каналов

При естественной вентиляции (сезон весна - осень) необходимо определить общее количество вытяжных каналов, которые смогут обеспечить воздухообмен в помещении в количестве, равном $L = 1.26 \times 10^4 \text{ м}^3$. Приток воздуха происходит через открытые окна.

Определим скорость воздуха

$$v = 2.2 \cdot \sqrt{h_k \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{273} \right)} = 2.2 \cdot \sqrt{4 \cdot \frac{18 - 5}{273}} = 0.9602 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.36)$$

$h_k = 4 \text{ м}$ - высота канала

$t_B = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура воздуха внутри помещения

$t_H = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура воздуха снаружи помещения

Общая площадь вытяжных каналов

$$S_B = \frac{L'}{3600 \cdot v} \quad (2.37)$$

где L' - потребный расход воздуха при 5°C

$d_H = 4.5 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$ - влажность воздуха при 5°C

$$L' = \frac{W}{(d_B - d_H) \cdot \rho} = \frac{86656.8}{(9 - 4.5) \cdot 1.189} = 16196.0 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (2.38)$$

$$S_B = \frac{L'}{3600 \cdot v} = \frac{16196.0}{3600 \cdot 0.9602} = 4.685 \text{ м}^2 \quad (2.39)$$

Принимая, что одна шахта ВВШ10-4Г (два канала в одной увязке)

имеет площадь проходного сечения $S_K = 2 \text{ м}^2$

определим количество вытяжных шахт.

$$n_{\text{канал}} = \frac{S_B}{S_r} = \frac{4.685}{2} = 2.342 \quad (2.40)$$

Принимаем $n_{\text{канал}} = 4$

2.3 Анализ энергопотребления для различных температурных условий.

Проведем анализ энергопотребления в диапазоне температур (-30...5°C)

tн	dн	L	Φог	Φв	Φж	Φот
°С	г/кг	м³/ч	Вт	Вт	Вт	Вт
-30	0,4	12599	10066	199896	69498	140464
-25	0,5	12599	9017,5	179073		118593
-20	0,7	12599	7968,9	158251		96722
-15	0,9	12599	6920,4	137428		74851
-10	1,5	12599	5871,8	116606		52980
-5	2	12599	4823,3	95783		31109
0	3	12599	3774,8	74961		9237,7
5	4,5	16196	2726,2	69595		2823,3

2.4 Тепловой и конструктивный расчет нагревательного блока электрокалорифера.

2.4.1 Тепловой расчет нагревательных элементов.

В качестве нагревательных элементов в электрокалориферах используют трубчатые электронагреватели (ТЭН), смонтированные в единый конструктивный блок.

В задачу теплового расчёта блока ТЭНов входит определение количества ТЭНов в блоке и действительной температуры поверхности нагревательного элемента. Результаты теплового расчёта используют для уточнения конструктивных параметров блока.

Требуемая мощность калориферной установки

$$\text{Мощность } P_H = 3.736 \times 10^4 \text{ Вт}$$

Для обеспечения эффективной термической нагрузки ТЭНов, не приводящей к перегреву нагревателей, следует обеспечивать в зоне теплообмена движение потока воздуха со скоростью не менее 6 м/с.

$$\text{Тогда скорость воздуха } v = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$L = 1.056 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \text{ - расход воздуха через калорифер}$$

Эффективная площадь поперечного сечения воздухозаборника, для обеспечения требуемой скорости

$$w' = \frac{L}{v} = 0.176 \text{ м}^2$$

Компоновка ТЭНов: шахматная

В калорифер установим ТЭНов: $z = 18$

Число рядов: $n = 3$

Количество ТЭНов в ряду: $k = \frac{z}{n} = \frac{18}{3} = 6$

Мощность одного ТЭНа определяют исходя из мощности калорифера P_k и числа ТЭНов z , установленных в калорифере.

Мощность одного ТЭНа $P_m = \frac{P_k}{z} = \frac{37357}{18} = 2075.0$

Выберем ТЭН 200Д 13/2.5 К 220

Длина $l = 2$ м

Диаметр трубки $d = 13$ мм

Расчитываем коэффициент теплоотдачи ТЭНа.

Критерий Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (2.41)$$

где $\nu = 11 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{c}$ - коэффициент кинематической вязкости воздуха при $-30^\circ C$

Тогда

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot 10^{-3}}{\nu} = \frac{6 \cdot 13 \cdot 10^{-3}}{11 \cdot 10^{-6}} = 7090.0$$

Критерий Нуссельта для данной компоновки ТЭНов:

$$Nu = 0.35 \cdot Re^{0.6} \quad (2.42)$$

Тогда

$$Nu = 0.35 \cdot 7090.0^{0.6} = 71.525$$

Коэффициент теплоотдачи ТЭНа

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} \quad (2.43)$$

где $\lambda = 0.022 \frac{Вт}{m \cdot ^\circ C}$

Тогда

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d \cdot 10^{-3}} = \frac{71.5 \cdot 0.022}{13 \cdot 10^{-3}} = 121.0 \frac{Вт}{m \cdot ^\circ C}$$

Средний коэффициент теплоотдачи для заданной компоновки

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\alpha \cdot (n - 0.7)}{n} \quad (2.44)$$

где $n = 3$ - число рядов.

Тогда

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{121.0 \cdot (3 - 0.7)}{3} = 92.767$$

Суммарная мощность первого ряда ТЭНов

$$P_{\text{m1}} = k \cdot P_{\text{m}} = 6 \cdot 2075.0 = 12450.0 \quad \text{Вт} \quad (2.45)$$

Площадь поверхности одного ТЭНа с учетом оребрения.

$$F_{\text{m}} = \pi \cdot l \cdot \left[d \cdot 10^{-3} + \frac{h_{\text{p}} \cdot (d \cdot 10^{-3} + h_{\text{p}})}{a} \right] \quad (2.46)$$

где $a = 0.005 \text{ м}$ - шаг оребрения;

$h_{\text{p}} = 0.012 \text{ м}$ - высота ребра.

Тогда

$$F_{\text{m}} = \pi \cdot l \cdot \left[d \cdot 10^{-3} + \frac{h_{\text{p}} \cdot (d \cdot 10^{-3} + h_{\text{p}})}{a} \right] = \pi \cdot 2 \cdot \left[13 \cdot 10^{-3} + \frac{0.012 \cdot (13 \cdot 10^{-3} + 0.012)}{0.005} \right]$$

$$F_{\text{m}} = 0.459 \cdot \text{м}^2$$

Суммарная площадь первого ряда ТЭНов

$$F_{\text{m1}} = k \cdot F_{\text{m}} = 6 \cdot 0.459 = 2.75 \quad \text{м}^2 \quad (2.47)$$

Температура воздушного потока после калорифера

$$t_{\text{В}} = \frac{P_{\text{m}} \cdot z}{\rho \cdot c_{\text{В}} \cdot L} \quad (2.48)$$

где $\rho = 1.189 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность воздуха;

$c_{\text{В}} = 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$ - удельная теплоемкость воздуха.

Тогда перепад температуры до и после калорифера

$$t_{\text{В}} = \frac{P_{\text{m}} \cdot z}{\rho \cdot c_{\text{В}} \cdot L} = \frac{2075.0 \cdot 18}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056} = 29.7 \quad ^\circ\text{С} \quad (2.49)$$

Температура ТЭНов первого ряда

$$t_{H1} = \frac{P_{m1}}{0.6 \cdot \alpha_{cp} \cdot F_{m1}} + t_B + t_H = \frac{12450.0}{0.6 \cdot 92.8 \cdot 2.75} + 29.7 + -30 = 81.0 \quad ^\circ\text{C} \quad (2.50)$$

где $t_H = -30 \quad ^\circ\text{C}$ - температура наружного воздуха.

что соответствует норме (не превышает 180°C)

Перепад температур до и после калорифера при отключении одной секции ТЭНов

$$t_{B1} = \frac{P_m \cdot z \cdot \frac{2}{3}}{\rho \cdot c_B \cdot L} = \frac{2075.0 \cdot 18 \cdot \frac{2}{3}}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056} = 19.8 \quad ^\circ\text{C} \quad (2.51)$$

Перепад температур до и после калорифера при отключении двух секций ТЭНов

$$t_{B2} = \frac{P_m \cdot z \cdot \frac{1}{3}}{\rho \cdot c_B \cdot L} = \frac{2075.0 \cdot 18 \cdot \frac{1}{3}}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056} = 9.92 \quad ^\circ\text{C} \quad (2.52)$$

2.4.2 Конструктивный расчет нагревательных элементов.

В расчет конструктивных параметров блока ТЭНов входит определение расстояний между нагревателями в ряду x_1 и расстояний между рядами x_2 , а также внешних размеров блока. При расчете конструктивных элементов следует учитывать принятую ранее скорость воздушного потока, количество нагревателей в ряду, количество рядов, расположение нагревателей и производительность вентилятора L_v .

Живое сечение блока нагревателей

$$F_k = \frac{L}{v} = \frac{1.056}{6} = 0.176 \quad \text{м}^2 \quad (2.53)$$

Расстояние между нагревателями в ряду:

$$x_1 = \frac{F_k}{(k+1) \cdot l} + D \quad (2.54)$$

где $D = 2 \cdot h_p + d \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0.012 + 13 \cdot 10^{-3} = 0.037$ м, - диаметр выбранного ТЭНа с ореберением.

Тогда

$$x_1 = \frac{F_k}{(k+1) \cdot l} + D = \frac{0.176}{(6+1) \cdot 2} + 0.037 = 0.0496 \quad \text{м} \quad (2.55)$$

Расстояние между рядами нагревателей

$$\frac{3}{2} \cdot D = \frac{3}{2} \cdot 0.037 = 0.055 \quad \text{м} \quad (2.56)$$

Тогда

$$x_2 = 1.2 \cdot x_1 = 0.06 \text{ м}$$

Высота H и ширина B блока нагревателей

$$H = (k + 1) \cdot x_1 = (6 + 1) \cdot 0.0496 = 0.347 \text{ м} \quad (2.57)$$

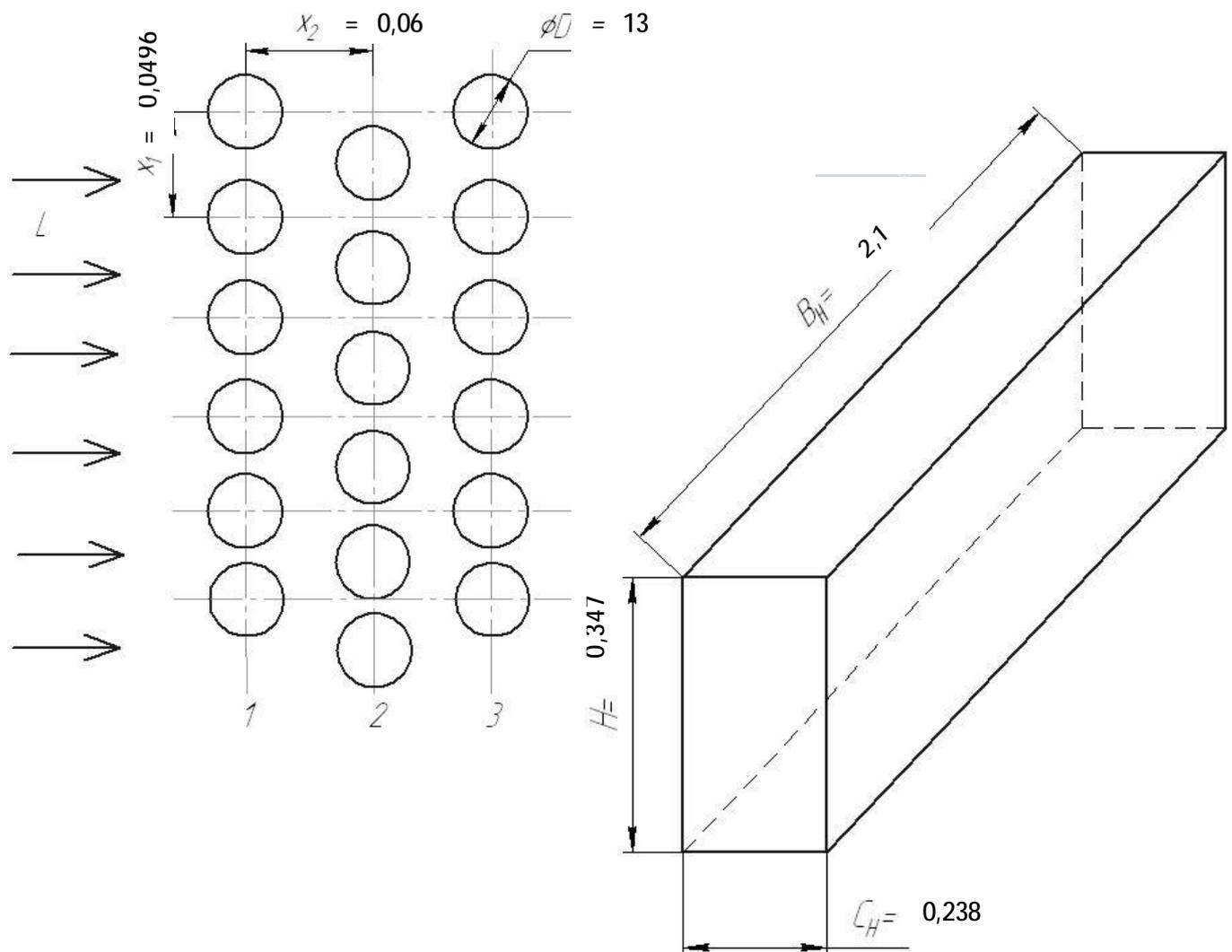
$$B_H = 1 + 0.1 = 2 + 0.1 = 2.1 \text{ м} \quad (2.58)$$

Глубина блока нагревателей:

$$C_H = (n + 1) \cdot x_2 = (3 + 1) \cdot 0.0595 = 0.238 \text{ м} \quad (2.59)$$

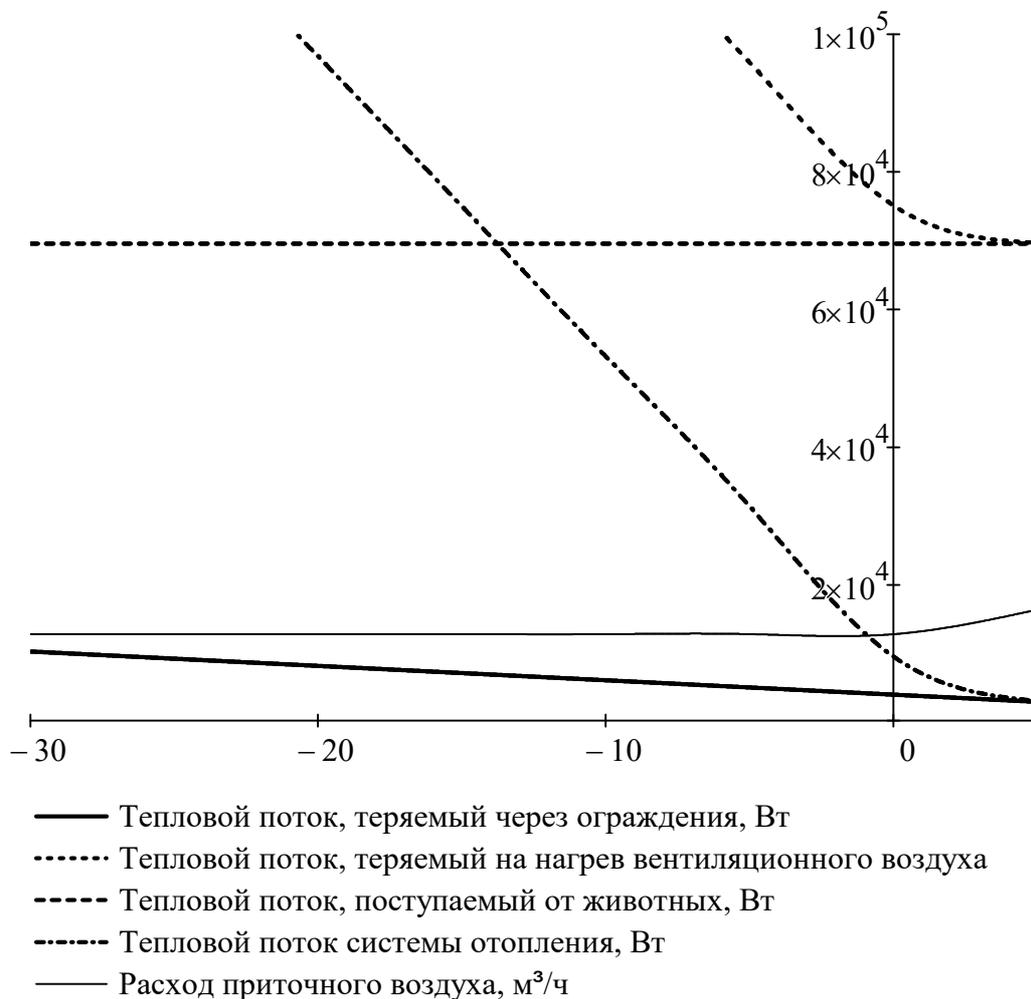
2.5 Схема компоновки блока ТЭНов.

С учетом полученных данных схема компоновки блока ТЭНов имеет вид:



2.6 Регулировка включений секций ТЭНов в зависимости от наружной температуры

Потроим графики включения секций ТЭНов в калорифере в зависимости от температуры наружного воздуха и колебания температуры в помещении от неравномерности использования теплового потока от калориферов.



Из графика видно, что температура отключения всех секций калориферов

$$t_0 = 8.385 \quad ^\circ\text{C}$$

Диапазон температур работы 1 секции калориферов 8,4 ... -4,4

$$t1' = \frac{\frac{P_m \cdot z \cdot n_K}{3} + \Phi_{ж}}{\rho \cdot c_B \cdot L \cdot n_K + q_0 \cdot V_H} + t_0 = \frac{\frac{2075.0 \cdot 18 \cdot 4}{3} + 69498.0}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056 \cdot 4 + 0.074 \cdot 2833.9} + 8.385 = 31.2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.60)$$

$$t1'' = \frac{\frac{P_m \cdot z \cdot n_K}{3} + \Phi_{ж}}{\rho \cdot c_B \cdot L \cdot n_K + q_0 \cdot V_H} + t1 = \frac{\frac{2075.0 \cdot 18 \cdot 4}{3} + 69498.0}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056 \cdot 4 + 0.074 \cdot 2833.9} + -4.41 = 18.4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.61)$$

Диапазон температур работы двух секции калориферов -4,4 ... -17

$$t2' = \frac{\frac{P_m \cdot z \cdot n_K}{3} \cdot 2 + \Phi_{ж}}{\rho \cdot c_B \cdot L \cdot n_K + q_0 \cdot V_H} + t1 = \frac{\frac{2075.0 \cdot 18 \cdot 4}{3} \cdot 2 + 69498.0}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056 \cdot 4 + 0.074 \cdot 2833.9} + -4.41 = 27.9 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.62)$$

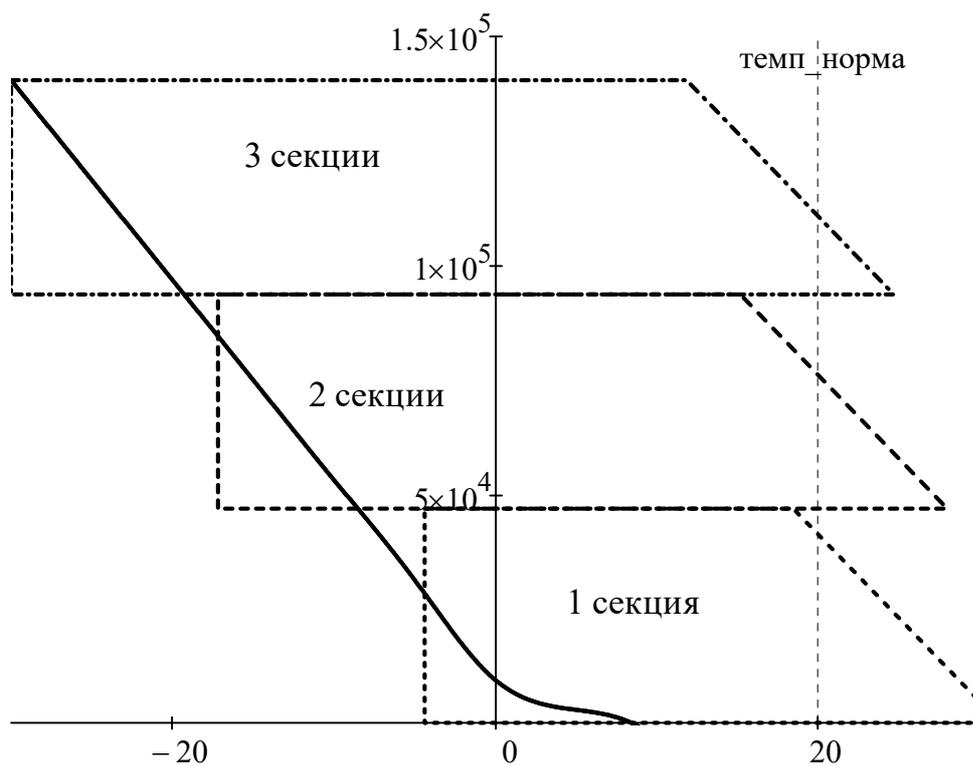
$$t2'' = \frac{\frac{P_m \cdot z \cdot n_K}{3} \cdot 2 + \Phi_{ж}}{\rho \cdot c_B \cdot L \cdot n_K + q_0 \cdot V_H} + t2 = \frac{\frac{2075.0 \cdot 18 \cdot 4}{3} \cdot 2 + 69498.0}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056 \cdot 4 + 0.074 \cdot 2833.9} + -17.2 = 15.1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.63)$$

Диапазон температур работы трех секций калориферов -17,2 ... -30

$$t3' = \frac{P_m \cdot z \cdot n_K + \Phi_{ж}}{\rho \cdot c_B \cdot L \cdot n_K + q_0 \cdot V_H} + t2 = \frac{2075.0 \cdot 18 \cdot 4 + 69498.0}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056 \cdot 4 + 0.074 \cdot 2833.9} + -17.2 = 24.6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.64)$$

$$t3'' = \frac{P_m \cdot z \cdot n_K + \Phi_{ж}}{\rho \cdot c_B \cdot L \cdot n_K + q_0 \cdot V_H} + (-30) = \frac{2075.0 \cdot 18 \cdot 4 + 69498.0}{1.189 \cdot 1000 \cdot 1.056 \cdot 4 + 0.074 \cdot 2833.9} + -30 = 11.8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.65)$$

Построим график, наглядно иллюстрирующий зависимость внутренней температуры в помещении от работы секций калориферов в зависимости от внешней температуры воздуха.



3. Выбор ПЗА и расчет внутренних силовых сетей.

Согласно ПУЭ первичная цепь каждой электротермической установки должна содержать следующие коммутационные и защитные аппараты: выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители или блок предохранитель-выключатель либо автоматический выключатель с электромагнитным и тепловыми расцепителями. Так как для защиты цепей блоков электронагревателей, электродвигателя и цепи управления выбраны автоматические выключатели, они должны иметь электромагнитный и тепловой расцепители. Этим условиям удовлетворяют автоматические выключатели серии ВА57-35 и ВА47-63 с уставкой электромагнитного расцепителя

Так как можно считать, что электронагреватели это чисто активная нагрузка, то определим ток потребляющий электрокалорифер при полной загрузке (примем мощность электродвигателя вентилятора 1,1 кВт 1500 об\мин $\cos \varphi = 0,85$) :

Расчетный ток магистральных линий определяют по выражению

$$I_H = I_{\text{эл.дв}} + \frac{P_H}{U_{\text{л}}} = \frac{P_{\text{эл.дв}}}{U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi} + \frac{P_H}{U_{\text{л}}} \quad (3.1)$$

где $P_H = 3.736 \times 10^4$ Вт - активная мощность ТЭНов;

$U_{\text{л}} = 380$ В - линейное напряжение сети;

$P_{\text{эл.дв}} = 750$ Вт - активная мощность электродвигателя вентилятора;

$\cos \varphi = 0.85$ - коэффициент активной мощности электродвигателя.

Тогда

$$I_H = \frac{P_{\text{эл.дв}}}{U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi} + \frac{P_H}{U_{\text{л}}} = \frac{750}{380 \cdot 0.85} + \frac{37357}{380} = 100.6 \text{ А} \quad (3.2)$$

5.3 Автоматические выключатели выбирают по условиям:

$$U_{\text{н.а}} \geq U_{\text{н.уст}} \quad I_{\text{н.а}} \geq I_{\text{н.уст}} \quad (3.3)$$

$I_{\text{н.т}} \geq k_{\text{н.т}} \cdot I_{\text{н.уст}}$ по тепловому расцепителю

$I_{\text{н.э}} \geq k_{\text{н.э}} \cdot I_{\text{max}}$ - по электромагнитному расцепителю

Автоматические выключатели

Выбираем на вход автоматический выключатель ВА-5735 с номиналом по току $I_a = 125$ А

Выбираем автоматические выключатели QF2-QF4 с номиналом тока $I_T = 40$ А

Выключатели автоматы на блок управления и на включение электродвигателя QF5 и QF6 - ВА47-63 6А

Магнитные пускатели

Магнитные пускатели КМ2-КМ4 ПМЛ 3100 (до 40А)

Магнитный пускатель КМ1 ПМЛ 1100 (до 10 А) + Реле тепловое РТЛ 1006

Аппаратура

Световая индикация - арматура светосигнальная AD-22DS

Кнопки управления SB1 - KE131 , SB2 - KE181

Пакетные выключатели SA1 - ПМОФ45-111225/Д2

SA2 - ПМОФ45-112266/Д3

Терморегуляторы на каждую секцию подбираются в зависимости от условий работы

По принятому значению номинального тока срабатывания расцепителя автоматического выключателя находим допустимый ток проводника $I_{доп}$ по условию согласования с защитой.

Согласно ПУЭ значение $I_{доп}$ определяют по следующим условиям: для проводников с резиновой и подобной ей по тепловым характеристикам изоляцией ($t_{доп} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$), прокладываемых в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, защищаемых плавкими вставками предохранителей или мгновенно действующими электромагнитными расцепителями автоматов:

$$I_{доп} \geq 1.25 \cdot I_{Н.Э} \quad \text{или} \quad I_{доп} \geq 1.25 \cdot I_B \quad (3.4)$$

для проводников всех марок при защите их автоматами с расцепителями, имеющими обратнoзависимую от тока характеристику:

$$I_{доп} \geq I_{Н.Т} \quad (3.5)$$

для ответвлений к электродвигателям в невзрывоопасных помещениях:

$$I_{доп} \geq I_{н.дв} \quad (3.6)$$

По этим условиям выберем кабели:

Питающий кабель (ввод в щит управления) ВВГнг 4х35

Кабели питания ЕК1-ЕК3 ПРКС 4х6 (термостойкий до +1800С)

Кабель питания М1 - ВВГнг 4х1,5

Монтажный провод:

силовые цепи ПВ1х10

цепи управления ПВ1х1,5

Выбранный провод проверяют по допустимой потере напряжения. Согласно ПУЭ потери напряжения в силовых проводках не должна превышать 5%. Расчетные потери напряжения без учета индуктивного сопротивления при условии, что нагрузка равномерно распределена по фазам и на всех участках проложен одинаковый провод, определяют по формуле:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{c \cdot s} \quad (3.7)$$

где P - присоединенная мощность, кВт;

l - длина линии, м;

c - постоянный для данного провода коэффициент, зависящий от напряжения сети, числа фаз и материала провода (по таблица 1.1 $c=77$);

s - сечение провода, мм².

Определим ΔU для:

питающего кабеля
$$\Delta U_{\text{пит}} = \frac{P_{\text{H}} \cdot l_{\text{n}}}{c \cdot s_{\text{n}}} = \frac{37.36 \cdot 15}{77 \cdot 35} = 0.2079 \quad \% \quad (3.8)$$

кабеля питания ЕК1-ЕК3
$$\Delta U_{\text{ЕК}} = \frac{P_{\text{T}} \cdot l_{\text{T}}}{c \cdot s_{\text{T}}} = \frac{12.45 \cdot 8}{77 \cdot 6} = 0.2156 \quad \% \quad (3.9)$$

кабеля питания электродвигателя
$$\Delta U_{\text{д}} = \frac{P_{\text{д}} \cdot l_{\text{д}}}{s_{\text{д}} \cdot c} = \frac{1.1 \cdot 8}{1.5 \cdot 77} = 0.07619 \quad \% \quad (3.10)$$

Условие по потере напряжения выполняется

4. Схема принципиальная электрическая электрокалорифера.

Схема электрокалорифера состоит из двух частей: силовой и управления.

В силовой части: QF1 автоматический выключатель ввода; QF2-QF5 автоматические выключатели отходящих линий (блоки электронагревателей и электродвигатель вентилятора); КМ1:1-КМ4:1 силовые контактные группы магнитных пускателей КМ1-КМ4; КК1 реле тепловое защиты электродвигателя, ЕК1-ЕК3 блоки электронагревателей; М1 электродвигатель вентилятора.

В части управления: QF6 автоматический выключатель защиты схемы управления; НЛ1-НЛ5 арматура светосигнальная (светодиодная) для индикации работы электрокалорифера; КМ1-КМ4 магнитные пускатели управления блоками электронагревателей и электродвигателя; SB1, SB2 кнопки управления; ВК1, ВК2, ВК3 терморегуляторы (ВК1:1-ВК3:1 контактные группы); КМ1:2- самоподхват катушки реле после включения; КМ1:3-КМ1:4 дополнительная контактная группа пускателя КМ1; КМ2:2-КМ4:2 дополнительные контактные группы магнитных пускателей КМ1-КМ4(включение светодиодных ламп); SA1, SA2 пакетные переключатели (для управления электрокалорифером).

Работа схемы. Для подачи питания необходимо включить автоматический выключатель ввода QF1; для того, чтобы работали блоки электронагревателей и электродвигатель необходимо включить автоматические выключатели QF2-QF5; для того, чтобы работала схема управления электрокалорифером необходимо включить автоматический выключатель QF6. При выполнении вышеперечисленных манипуляций на щите управления загорится НЛ1 «Сеть». Схема управления построена так, что без включения электродвигателя вентилятора невозможно включить блоки электронагревателей (дополнительная контактная группа КМ1:4), также для защиты от перегрева служит терморегулятор ВК1 (дополнительный контакт ВК1:1 при перегреве размыкается, что приводит к отключению блоков электронагревателей). Для запуска электродвигателя вентилятора необходимо нажать на кнопку SB2, произойдет запуск электродвигателя (при несработавшем тепловой реле КК1) и загорится НЛ2 «Вентилятор». После запуска электродвигателя возможно включения блоков электронагревателей, для этого необходимо перевести пакетный выключатель SA1 в положение «ручное управление» или «автоматическое управление». В ручном режиме пакетным выключателем SA2 необходимо настроить мощность электрокалорифера путем переключения ступеней (0, 1/3, 2/3, 1). При включении ступени «1» пакетным выключателем SA1, включатся магнитные пускатели КМ2-КМ4 и соответственно работают их контактные группы КМ2:1-КМ4:2 и включатся блоки электронагревателей ЕК1-ЕК3, НЛ3-НЛ5 будут индицировать включенное состояние ступеней 1, 2 и 3 соответственно. При включении автоматического режима, первоначально включатся КМ2-КМ4 и соответственно ЕК1-ЕК3, далее система будет работать в зависимости от того, как настроены терморегуляторы ВК2 и ВК3, то есть, например, если терморегулятор ВК2 установлен на 150°С, то при достижении этой температуры терморегулятор сработает и ВК2:1 разомкнется, что приведет к отключению КМ2 и соответственно к отключению ЕК1. Терморегуляторы ВК1 ВК3 работают аналогично. Для стабильной и надежной работы электрокалорифера уставки ВК1, ВК2 и ВК3 должны иметь селективность.

Список использованной литературы

1. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. -М.: Агропромиздат, 1989.
2. Живописцев Е.Н., Косицын О.А. Электротехнология и электрическое освещение. - М.: Агропромиздат, 1990.
3. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты и теплоснабжению в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1995.
4. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. - М.: Агропромиздат, 1990.
5. Карасенко В.А. Электрификация тепловых процессов в животноводстве. - Минск: Ураджай, 1976.
6. Ключев А.С. и др. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
7. Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А. Электрический нагрев и электротехнология.- М.: Колос, 1975.