



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов
имени академика И.Ф. Бородина

Е.А. Шабает, Н.Е. Пономарева, В.Н. Беленов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

Учебное пособие

Москва, 2026

УДК 621.311.1:628.9
ББК 31.27-02
Ш 12

Рецензенты:

профессор кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика
И.А. Будзко ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева,
доктор технических наук, профессор

В.И. Загнайлов,

главный научный сотрудник отдела возобновляемых и альтернативных
источников энергии ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр
ВИМ», доктор технических наук, доцент

Л.Ю. Юферв

Шабаев, Е.А. **Проектирование систем электрификации: учебное пособие** / Е.А. Шабаев, Н.Е. Пономарева, В.Н. Беленов. – Москва: РГАУ – МСХА, 2026. – 108 с.

Учебное пособие содержит краткие теоретические сведения, расчетные формулы, методики расчетов и примеры их применения по основным разделам курсового проекта по дисциплине «Проектирование систем электрификации». Отдельные разделы методических указаний могут быть использованы при подготовке к практическим занятиям по таким дисциплинам как «Светотехника», «Электротехнологии», «Электротехнологии в АПК», а также применять при выполнении выпускной квалификационной работы.

Издание предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата «Агроинженерия» (направленностей «Электрооборудование и электротехнологии», «Автоматизация и роботизация технологических процессов»).

© Шабаев Е.А., Пономарева Н.Е.,
Беленов В.Н., 2026
© ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	7
2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ.....	7
2.2 СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	9
2.3 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	15
2.3.1 Выбор отопительно-вентиляционного оборудования.....	15
2.3.2 Выбор оборудования для раздачи кормов.....	22
2.3.3 Выбор оборудования для удаления навоза.....	25
2.3.4 Выбор водонагревателей.....	27
2.3.5 Выбор облучательных установок.....	31
2.4 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.....	40
2.4.1 Расчет силовых нагрузок.....	41
2.4.2 Расчет осветительных нагрузок.....	42
2.4.3 Расчет специальных нагрузок.....	44
2.4.4 Расчет тепловых нагрузок.....	46
2.4.5 Расчет электрических нагрузок на вводе объекта.....	46
2.5 РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕЙ СИЛОВОЙ СЕТИ. ВЫБОР АППАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ.....	48
2.5.1 Выбор аппаратуры управления и защиты.....	50
2.5.2 Выбор способов монтажа электропроводок.....	54
2.5.3 Выбор проводов и кабелей внутренних силовых электропроводок.....	58
2.6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ. ПРОВЕРКА АППАТУРЫ ЗАЩИТЫ.....	65
ЛИТЕРАТУРА	73
ПРИЛОЖЕНИЯ	78

ВВЕДЕНИЕ

В сельскохозяйственном производстве можно выделить два основных направления – животноводство и растениеводство.

Эффективность отраслей животноводства напрямую связана с повышением продуктивности животных. Повышения продуктивности можно добиться только при комплексном подходе к решению данной проблемы. По мнению ученых, специалистов животноводства и технологов, продуктивность животных на 50–60% определяется кормами, на 15–20% – уходом и на 10–30% – микроклиматом в животноводческом помещении. Для реализации технологических процессов переработки и раздачи кормов, удаления навоза, поддержания параметров микроклимата используется разнообразное электротехнологическое оборудование.

Общие затраты энергии на микроклимат составляют до 3 млн т у.т. в год, что равно 32% всей энергии, потребляемой в отрасли животноводства. Снижение энергозатрат на поддержание параметров микроклимата возможно за счет применения энергоэффективных технологий, в частности за счет применения средств локального обогрева, которые позволяют поддерживать требуемый температурный режим непосредственно в зоне обитания животных. Существенное влияние на продуктивность животных оказывают параметры оптического излучения. Обладая высокой биологической активностью, свет оказывает стимулирующее влияние на обменные процессы в организме, способствует активному росту и развитию молодняка животных.

Влияние оптического излучения в ультрафиолетовой, в видимой и в инфракрасной областях спектра на сельскохозяйственных животных проявляется через воздействие на центральную нервную и эндокринную системы. Таким образом, фактор световой среды нельзя недооценивать и необходимо максимально использовать в сельскохозяйственном производстве.

Электротехнологическое оборудование также находит широкое применение и в растениеводстве, например, в условиях сооружений защищенного грунта используется оборудование для искусственного освещения, поддержания параметров микроклимата, на объектах хранения продукции растениеводства – оборудование обеспечивающее приемку, очистку, сушку, хранение и отпуск зерна, предпосевную обработку семян.

Курсовой проект по дисциплине «Проектирование систем электрификации» направлен на закрепление и углубление знаний теоретической части курса, а также на освоение методов расчета и выбора электротехнологического оборудования, расчета электрических нагрузок, выбора и проверки аппаратуры управления и защиты, а также кабелей для выполнения внутренней силовой сети.

1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, объемом 30–35 страниц, и графической части, выполненной на 2 листах формата А1.

Пояснительная записка в общем случае может содержать следующие разделы:

- 1 Характеристика объекта электрификации.
- 2 Светотехнический расчет.
- 3 Выбор технологического оборудования.
 - 3.1 Выбор отопительно-вентиляционного оборудования.
 - 3.2 Выбор оборудования для раздачи кормов.
 - 3.3 Выбор оборудования для удаления навоза.
 - 3.4 Выбор водонагревателей.
 - 3.5 Выбор облучательных установок.
- 4 Расчет электрических нагрузок.
 - 4.1 Расчет силовых нагрузок.
 - 4.2 Расчет осветительных нагрузок.
 - 4.3 Расчет специальных нагрузок.
 - 4.4 Расчет тепловых нагрузок.
 - 4.5 Расчет нагрузок на вводе производственного объекта.
- 5 Расчет внутренней силовой сети. Выбор аппаратуры управления и защиты.
- 6 Расчет токов короткого замыкания. Проверка аппаратуры защиты.

В случае, если известны нагрузка осветительной сети и технологическое оборудование (известно по заданию или определено при обследовании объекта электрификации), то в пояснительной записке отражаются следующие разделы:

- 1 Характеристика объекта электрификации.
- 2 Расчет электрических нагрузок.
 - 2.1 Расчет силовых нагрузок.
 - 2.2 Расчет осветительных нагрузок.
 - 2.3 Расчет специальных нагрузок.
 - 2.4 Расчет тепловых нагрузок.
 - 2.5 Расчет нагрузок на вводе производственного объекта.
- 3 Расчет внутренней силовой сети. Выбор аппаратуры управления и защиты.
- 4 Расчет токов короткого замыкания. Проверка аппаратуры защиты.

На чертежи графической части по заданию преподавателя выносятся:

- план производственного помещения с нанесением силовой сети;
- схемы управления технологическим оборудованием;
- схемы замещения для расчета токов короткого замыкания.

Все расчеты в пояснительной записке должны выполняться в Международной системе единиц (СИ). Должно быть приведено краткое обоснова-

ние применяемых методик расчета, представлены расчетные формулы, обоснованы величины параметров, используемых в расчетах. В конце пояснительной записки приводится список использованной литературы.

Пояснительная записка и чертежи оформляются в соответствии с действующими стандартами предприятия.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

В данном разделе приводится краткое описание производственного объекта, с указанием исходных данных для выполнения расчетов. К исходным данным относятся, например, технология содержания животных, габаритные размеры помещений, условия среды, параметры ограждающих конструкций – площадь и теплотехнические характеристики ограждений, информация о параметрах источника питания, протяженности и сечении линии электропередач. Если перечень оборудования приводится в задании или определяется по результатам обследования реального объекта, то эта информация с указанием назначения и паспортных данных электротехнологического оборудования также отражается в этом разделе.

Пример 1

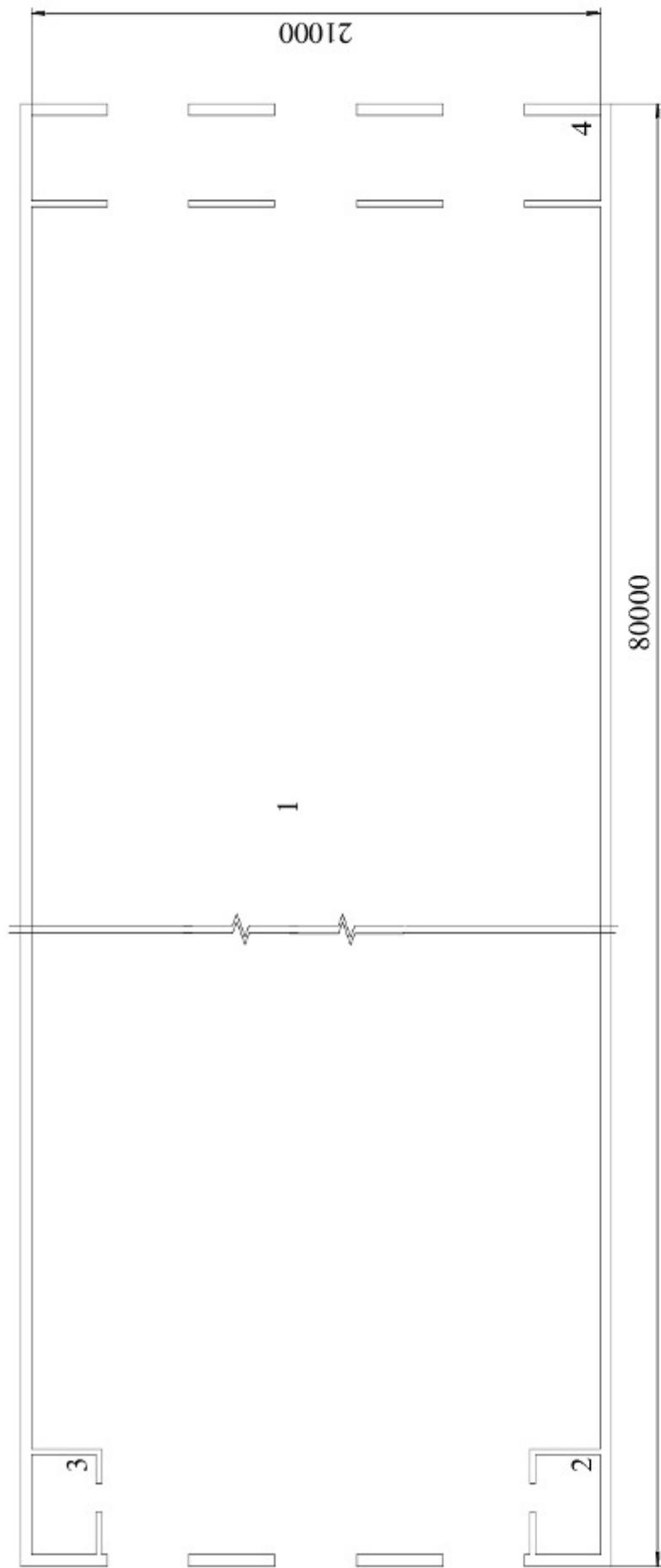
Объектом реконструкции электрификации является коровник на 200 голов боксового содержания, который входит в состав фермы на 400 коров (рисунок 1). На ферме реализуется законченный цикл производства. Коровник предназначен для содержания дойного стада. Содержание животных беспривязное, в боксах для отдыха, расположенных в четыре ряда, с двумя кормовыми проходами. Кормление животных производится сбалансированными кормами: сеном, сенажом, кукурузным силосом, смесью концентратов. Для поения животных используются автопоилки. Животные в течение холодного периода находятся в помещении, в остальное время – на выгульных площадках.

Характеристика помещений по условиям окружающей среды, а также габаритные размеры помещений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика помещений

№ помещения по плану	Перечень помещений	Габаритные размеры				Условия окружающей среды	Параметры, характеризующие свойства поверхностей		
		Длина, А, м	Ширина, В, м	Высота, Н ₀ , м	Площадь, S, м		$\rho_{\text{т}}$, %	$\rho_{\text{с}}$, %	$\rho_{\text{р}}$, %
1	Помещение для содержания животных	76	21	3,3	1596	сырое	50	30	10
2	Помещение для водонагревателя	3,5	2,4	3,3	8,4	сухое	50	30	10
3	Инвентарная	3,5	2,4	3,3	8,4	сухое	50	30	10
4	Гамбур	21	3	3,3	63	влажное	50	30	10

Стены, выходящие наружу выполнены из керамзитобетонных панелей, внутренняя поверхность оштукатурена, окрашена известью. Стены, выходящие в неотапливаемые помещения, выполнены из кирпича. Перекрытия также



Экспликация помещений

№ п/п	Наименование	Площадь помещения, м ²
1	Помещение для содержания животных	1596
2	Помещение для водонагревателя	8,4
3	Инвентарная	8,4
4	Тамбур	63

Рисунок 1 – План коровника на 200 голов боксового содержания

имеют многослойную конструкцию из сборных железобетонных плит, рубероида, плитного утеплителя и шифера.

Технологическим процессом предусмотрено выполнение основных операций: поддержание параметров микроклимата, кормление кормовыми смесями, удаление навоза, поение животных. Доеение коров производится в доильно-молочном блоке.

Электроснабжение объекта осуществляется от трансформаторной подстанции мощностью 250 кВ·А. Воздушная линия выполнена проводом СИП 3×50 + 1×50, протяженность линии $l = 100$ м.

2.2 СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Система освещения используется для создания необходимых условий работы для обслуживающего персонала. Кроме того, световая среда – необходимое условие жизнедеятельности животных. Видимое излучение участвует в регуляции обменных процессов [1].

Целью светотехнического расчета является определение количества источников света и их мощности.

Перед выполнением расчетов производится выбор источников света, системы и вида освещения, нормируемой освещенности и коэффициентов запаса [1, 2].

При выборе источников света учитываются их основные технические и эксплуатационные характеристики, основными из которых являются световая отдача и срок службы. Световая отдача газоразрядных источников низкого давления и светодиодных источников достигает значений 110–120 лм/Вт, по этому показателю они занимают вторую позицию после натриевых ламп высокого давления. Кроме того, в помещениях сельскохозяйственных объектов зачастую требуется создание относительно небольших уровней освещенности, не превышающих 200 лк (исключение составляют тепличные блоки). Поэтому для создания искусственной световой среды объектов АПК целесообразно использовать именно эти источники света.

При выборе системы и вида освещения, нормируемой освещенности и коэффициентов запаса учитываются рекомендации отраслевых норм [2-4].

Выбор типов светильников производится с учетом следующих характеристик: формы кривой силы света, характера светораспределения; типоразмера источника света; способа установки, рекомендуемой области применения, степени защиты от пыли и воды и т.д. [5].

Информация, касающаяся типа источника света, способа установки и рекомендуемой области применения отражается в маркировке светильника (таблица 2). Условные обозначения технических характеристик типов светильников представлены в таблице П.А.1.

Кроме букв в маркировке используются также цифровые обозначения, в которых отражается дополнительная информация. Например, светильник ДСП52-32-141 Optima EM 840 – светильник со светодиодными источниками, подвесной, предназначен для освещения промышленных и производственных зданий; 52 – номер серии; мощность 32 Вт; в цифровой маркировке первая цифра отражает условную габаритную длину корпуса светильника (0 – 550 мм, 1 – 1050 мм, 2 – 1600 мм), вторая цифра – тип управления светильни-

ка (4 – с блоком аварийного питания), третья – тип рассеивателя (1 – опаловый, 2 – прозрачный с призматическими элементами, DT – функция дистанционного тестирования); Optima – коммерческое название, EM1 – блок аварийного питания (время работы в аварийном режиме 1 час) климатическое исполнение светильника УХЛ4; 840 – 8 индекс цветопередачи $Ra = 80$, 40 – цветовая температура $T_{цв} = 4000$ К.

Таблица 2 – Маркировка (условное обозначение) светильников

<u>Д</u>	<u>С</u>	<u>П</u>	<u>52</u>	–	<u>32</u>	–	<u>141</u>	<u>Optima</u>	<u>EM1</u>	<u>840</u>
1	2	3	4		5		6	7	8	9

<p>1 – Обозначение источника света Д - светодиоды (LED) Л - прямые трубчатые люминесцентные Ж - натриевые типа ДНаТ Э - эритемные люминесцентные Б - бактерицидные Н - лампы накаливания</p>	<p>6 – Модификация <i>Расшифровка цифр дается непосредственно в описании светильника</i></p>
<p>2 – Обозначение способа установки С - подвесные П - потолочные В - встраиваемые Б - настенные Т - венчающие К – консольные</p>	<p>7 – Коммерческое название</p> <p>8 – Применяемые условные обозначения HF - ЭПРА А2 RA - драйвер с управлением по протоколу 1-10В RD - драйвер с управлением по протоколу DALI NL - драйвер с функцией дежурного освещения MW - микроволновый датчик MWR - регулируемый микроволновый датчик HT - для температуры окружающего воздуха +60°C БАП - блок аварийного питания, климатическое исполнение светильника УХЛ4 EM1 - блок аварийного питания (время работы в аварийном режиме 1 час), климатическое исполнение светильника УХЛ4 EM3 - блок аварийного питания (время работы в аварийном режиме 3 часа), климатическое исполнение светильника УХЛ4</p>
<p>3 – Обозначение основного назначения ГОСТ-17677 П - для промышленных и производственных зданий О - для общественных зданий Б - для жилых (бытовых) помещений У - для наружного освещения 3 – Обозначение основного назначения ГОСТ-6047 О - прожектор общего назначения</p>	<p>9 – Обозначение индекса цветопередачи 6 - $Ra = 60-69$ 7 - $Ra = 70-79$ 8 - $Ra = 80-89$ (класс: 1B) 9 - $Ra = 90-98$</p>
<p>4 – номер серии</p>	<p>9 – Обозначение цветовой температуры 30 - $T_{цв} = 3000K$ 40 - $T_{цв} = 4000K$ 45 - $T_{цв} = 4500K$ 47 - $T_{цв} = 4700K$ 50 - $T_{цв} = 5000K$ 57 - $T_{цв} = 5700K$ 65 - $T_{цв} = 6500K$</p>
<p>5 – количество ламп в светильнике, мощность ламп или LED (Вт) 32 - номинальная мощность, (если одна лампа в светильнике, то цифра 1 не указывается). Для светодиодных светильников приведена номинальная мощность, фактическая в паспортах</p>	

При выборе светильников по форме кривой силы света и характеру светораспределения необходимо учесть следующие рекомендации. Для производственных помещений, в которых освещенность нормируется в горизонтальной плоскости, целесообразно использовать светильники прямого П или преимущественно прямого Н класса светораспределения с типовыми кривыми силы света К (концентрированная), Г (глубокая), Д (косинусная). Чем выше помещение и больше нормируемая освещенность, тем более концентрированными кривыми силами света должны обладать светильники.

Для освещения в вертикальной плоскости целесообразны светильники класса Р с полупширокой кривой типа Л или равномерной типа М.

Требуемая степень защиты от условий окружающей среды определяется с учетом рекомендаций [3-5].

На основании предварительно подготовленных данных, производятся расчеты по размещению светильников. При размещении светильников на плане предварительно определяется расстояние между светильниками в ряду L'_A и расстояние между рядами светильников L'_B [1, 2, 6, 7]

$$L'_{A,B} = H_p \cdot \lambda_c, \quad (1)$$

где λ_c – светотехнически наиболее выгодное относительное расстояние между светильниками; о. е. [1, 2, 6, 7];

H_p – расчетная высота установки светильников, м.

$$H_p = H_0 - h_c - h_p, \quad (2)$$

где H_0 – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильников, м;

h_p – высота размещения над полом рабочей поверхности, м,

тогда число светильников в ряду будет равно

$$N_1 = \frac{A - 2l'_A}{L'_A} + 1; \quad (3)$$

число рядов светильников

$$N_2 = \frac{B - 2l'_B}{L'_B} + 1; \quad (4)$$

общее число светильников

$$N_\Sigma = N_1 \cdot N_2. \quad (5)$$

Пример 1

Произвести выбор светильников с линейными источниками света для помещения для содержания коров с боксовой системой содержания животных при следующих исходных данных: $A = 76$ и $B = 21$ – длина и ширина освещаемого помещения, м; $H_0 = 3,3$ – высота помещения, м. Определить число рядов светильников.

Решение

При наличии установок микроклимата помещения для содержания крупного рогатого скота относятся к сырým помещениям, для которых целе-

сообразно использовать светильники со степенью защиты не ниже IP53. Кроме того, освещенность в данном помещении нормируется в горизонтальной плоскости на полу либо в зоне расположения кормушек.

Поэтому принимаем для освещения помещения, где содержатся животные, светильники ДСП44-19-002. Данные светильники предназначены для общего освещения помещений с повышенным содержанием пыли и влаги, складских помещений, морозильных камер, сельскохозяйственных помещений и т.п. Данный светильник прямого класса светораспределения имеет степень защиты IP65, косинусную форму кривой силы света ($\lambda = 1,45$). Светильник предусматривает крепление на монтажную поверхность с помощью монтажных скоб либо на подвес, в качестве которых могут использоваться серьга, стержень, крюк.

Светильник ДСП44-19-002 является примером линейных светильников, поэтому при предварительном размещении определяется только число рядов. С учетом соотношений (1)–(5).

$$\begin{aligned} H_p &= 3,3 - 0,4 - 0 = 2,9 \text{ м;} \\ L'_{B} &= 2,9 \cdot 1,45 = 4,2 \text{ м;} \\ N_2 &= \frac{21 - 2 \cdot 2,1}{4,2} + 1 = 5. \end{aligned}$$

Пример 2

Произвести выбор светильников с круглосимметричными источниками света для тамбура при следующих исходных данных: $A = 3,1$ и $B = 2,3$ – длина и ширина освещаемого помещения, м; $H_0 = 2,9$ – высота помещения, м. Выполнить расчеты по размещению светильников в освещаемом пространстве.

Решение

Так как помещение тамбура относится к влажным помещениям, освещенность нормируется на отметке Г–0, высота помещения составляет 2,9 м, то для его освещения целесообразно принять светильники прямого класса светораспределения с косинусной кривой силы света и степенью защиты не ниже IP23.

С учетом перечисленных параметров принимаем светильники типа ФСП05-26-222 НФ. Для этого светильника высота свеса светильников принимается равной их габариту $h_c = 0,4$ [6, 7].

Расчеты по предварительному размещению производятся аналогично описанному выше.

$$\begin{aligned} H_p &= 2,9 - 0,4 - 0 = 2,5 \text{ м;} \\ L'_{A,B} &= 2,5 \cdot 1,45 = 3,92 \text{ м, тогда} \end{aligned}$$

– число светильников в ряду

$$N_1 = \frac{A - 2l'_A}{L'_A} + 1 = \frac{3,1 - 2 \cdot 1,96}{3,92} + 1 = 0,79 \approx 1;$$

– число рядов светильников

$$N_2 = \frac{B - 2l'_B}{L_B} + 1 = \frac{2,3 - 2 \cdot 1,96}{3,92} + 1 = 0,59 \approx 1;$$

– общее число светильников в помещении

$$N_{\Sigma} = N_1 \cdot N_2 = 1 \cdot 1 = 1.$$

Расчет мощности источников света (для светильников с круглосимметричными источниками света) или их числа (для светильников с линейными источниками света) может быть выполнен одним из трех методов – точечным, методом коэффициента использования или методом удельной мощности.

При выборе метода расчета необходимо учесть следующее – точечный метод является наиболее точным методом, позволяющим учесть наличие в помещении затеняющих объектов, препятствующих распространению светового потока, и угол наклона рабочей поверхности по отношению к горизонту, а соответственно угол падения светового потока на эту поверхность. Но данный метод расчета является громоздким, так как данные, необходимые для выполнения расчетов, определяются только после того, как на плане помещения будут нанесены светильники (или светящиеся линии) и определено положение контрольной точки.

Метод коэффициента использования более удобен для проведения расчетов, но он может быть использован только в случае, если плоскость, в которой нормируется освещенность, расположена горизонтально и нет объектов, препятствующих распространению светового потока.

Метод удельной мощности является производным от метода коэффициента использования. В современных каталогах приводится информация, необходимая для выполнения расчетов точечным методом и методом коэффициента использования.

В соответствии с методом коэффициента использования с учетом габаритных размеров помещения определяется индекс помещения

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (6)$$

где A и B – длина и ширина освещаемого помещения, м.

С учетом полученного значения i и коэффициентов отражения поверхностей помещения $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$, и $\rho_{\text{р}}$ для выбранного типа светильника по каталогу определяется величина коэффициента использования светового потока.

Общее число светильников с линейными источниками света определяется по формуле

$$N_{\Sigma} = \frac{E_{\text{min}} \cdot k_z \cdot S \cdot Z}{n_c \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}, \quad (7)$$

где E_{min} – нормируемая освещенность, лк;

k_z – коэффициент запаса;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

n_c – число ламп в светильнике;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток создаваемый одним источником, лм.

Число светильников в ряду будет равно

$$N_1 = N_{\Sigma}/N_2. \quad (8)$$

Пример 3

С учетом исходных данных и результатов расчетов, приведенных в примере 1, определить число светильников необходимое для создания освещенности $E_{\text{мин}} = 75$ лк в помещении для содержания коров с боксовой системой содержания.

Решение

С учетом соотношения (6) индекс помещения будет равен

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{76 \cdot 21}{2,9 \cdot (76 + 21)} = 5,67, \text{ о.е.}$$

Для $i = 5,67$ и коэффициентов отражения потолка $\rho_{\text{п}} = 50\%$, стен $\rho_{\text{с}} = 30\%$, и рабочей поверхности $\rho_{\text{р}} = 10\%$ коэффициент использования светового потока $\eta = 0,91$ [6, 7].

Примечание: Если значение индекса либо коэффициентов отражения отличается от указанных в таблице, то необходимо воспользоваться методом интерполяции.

Для выбранного типа светильников $\Phi_{\text{л}} = 2100$ лм [6, 7], тогда

$$N_{\Sigma} = \frac{75 \cdot 1,3 \cdot 1596 \cdot 1,1}{1 \cdot 2100 \cdot 0,91} = 89,57.$$

Полученное число светильников округляется до значения, которое нацело делится на число рядов. Принимаем 90 светильников. Число светильников в ряду будет равно

$$N = \frac{N_{\Sigma}}{N_2} = \frac{90}{5} = 18 \text{ светильников.}$$

Освещенность, создаваемая этим количеством светильников, не должна отличаться от нормируемого значения более, чем на 10% вниз и более, чем на 20% вверх. Для выполнения проверки определим фактическую освещенность

$$E_{\text{ф}} = \frac{N_{\Sigma} \cdot n_{\text{с}} \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}{k_{\text{з}} \cdot S \cdot Z}, \quad (9)$$

$$E_{\text{ф}} = \frac{N_{\Sigma} \cdot n_{\text{с}} \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}{k_{\text{з}} \cdot S \cdot Z} = \frac{90 \cdot 1 \cdot 2100 \cdot 0,91}{1,3 \cdot 1596 \cdot 1,1} = 75,4 \text{ лк.}$$

Отклонение фактической освещенности от нормируемого значения составит

$$\Delta E = \frac{E_{\text{ф}} - E_{\text{мин}}}{E_{\text{мин}}} \cdot 100\% = \frac{75,4 - 75}{75} \cdot 100\% = 0,53\%.$$

Пример 4

С учетом исходных данных и результатов расчетов, приведенных в примере 2, определить расчетный световой поток и мощность источников света в тамбуре при следующих исходных данных: $E_{\text{мин}} = 50$ лк, тип применяемых светильников – ФСП05-26-222 HF.

Решение

$$i = \frac{3,1 \cdot 2,3}{2,5 \cdot (3,1 + 2,3)} = 0,53.$$

Расчет величины светового потока источников света в помещениях, в которых для освещения используются круглосимметричные источники света по методу коэффициента использования, производится по соотношению

$$\Phi_p = \frac{E_{\min} \cdot k_s \cdot S \cdot Z}{n_c \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta}. \quad (10)$$

При $\rho_n = 50\%$, $\rho_c = 30\%$, и $\rho_p = 10\%$ коэффициент использования светового потока будет равен $\eta = 0,3$ [6, 7].

$$\Phi_p = \frac{50 \cdot 1,3 \cdot 7,13 \cdot 1,1}{1 \cdot 1 \cdot 0,3} = 1699,32 \text{ лм.}$$

Принимаем компактные люминесцентные лампы фирмы Nakai NE 4U Prof -36-864, $\Phi_{л} = 2000$ лм, $P_{л} = 36$ Вт (см. таблицу П.А.3).

Результаты светотехнического расчета сводятся в светотехническую ведомость, таблица П.А.4.

Примечание: При расчете системы освещения в птичниках клеточного содержания следует учитывать особенности содержания птицы в клеточных батареях. Например, если птица содержится в одноярусных или двухъярусных клеточных батареях, светильники размещают рядами непосредственно над клетками. Если клеточные батареи многоярусные, светильники располагают над технологическими проходами между батареями. А так как на продуктивность птицы существенное влияние оказывает уровень освещенности, при выборе источников света и светильников необходимо учитывать возможность равномерного распределения света по ярусам [8, 9].

С целью повышения эффективности освещения в птицеводстве перспективно применение систем локального светодиодного освещения [10–13], в которых источники света располагаются над кормушкой, поилкой клетки. Это позволяет обеспечить схожих условия содержания птицы и добиться высоких зоотехнических показателей. Также при выборе источников света необходимо учитывать цветовую температуру.

2.3 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**2.3.1 Выбор отопительно-вентиляционного оборудования**

Организм животных находится в постоянном взаимодействии с внешней средой, которая, в частности, характеризуется такими параметрами как температура, влажность и газовый состав воздуха. Для поддержания указанных параметров на уровне, соответствующем зоотехническим нормам, используются отопительно-вентиляционные установки.

На объектах АПК наиболее широко используется приточно-вытяжная вентиляция – приточная принудительная с механическим побуждением и вытяжная с естественным побуждением, а если естественная вытяжная вентиля-

ция не позволяет обеспечить требуемые параметры микроклимата в зоне обитания животных или птицы, то и вытяжная вентиляция делается принудительной. Производительность установки по воздуху определяется из условия растворения углекислоты до допустимой концентрации и предельно допустимого содержания водяных паров. В этом случае происходит удаление и других вредных веществ, содержащихся в помещении. При выборе отопительно-вентиляционного оборудования учитываются рекомендации [14–23].

Количество приточного воздуха в м³/ч, необходимого для понижения концентрации углекислоты, вычисляем по формуле

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i \cdot n_i}{C_B - C_H}, \quad (11)$$

где C_i – количество CO_2 , выделяемое одним животным или одной птицей данного вида, л/ч;

n_i – количество животных данного вида в помещении;

k – количество видов животных;

C_B – предельно-допустимая концентрация CO_2 в воздухе помещения, л/м³;

C_H – концентрация CO_2 в наружном воздухе, л/м³.

Количество приточного воздуха в м³/ч, необходимого для растворения водяных паров, определяется по формуле

$$L_W = \frac{W}{d_B \cdot \rho_B \cdot \varphi_B - d_H \cdot \rho_H \cdot \varphi_H}, \quad (12)$$

где d_B, d_H – влагосодержание соответственно воздуха помещения и воздуха наружного, г/кг;

ρ_H, ρ_B – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³;

φ_H, φ_B – влажность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³;

W – суммарные влаговыделения в помещении, г/ч;

$$W = \xi \cdot \sum_{i=1}^k W_i \cdot n_i, \quad (13)$$

где W_i – выделение влаги одним животным данного вида, г/ч;

ξ – коэффициент, учитывающий испарение влаги с мокрых поверхностей помещения (для коровников и телятников $\xi = 1,07 \dots 1,25$; для свинарников $\xi = 1,09 \dots 1,3$; большие значения ξ относятся к помещениям с недостаточным количеством или полным отсутствием подстилки при неудовлетворительной работе канализации).

За расчетную подачу $L_{\text{расч}}$ принимается наибольшая из двух значений L_{CO_2} или L_W . Также при определении подачи вентиляторов необходимо учесть кратность воздухообмена, которая рассчитывается по соотношению

$$m = \frac{L}{V_n}, \quad (14)$$

где $V_{\text{п}}$ – внутренний объем помещения, м^3 .

Для животноводческих ферм кратность воздухообмена должна быть не менее 3, для птичников с многоярусной системой содержания птицы – не менее 9.

В случае использования естественной вытяжной вентиляции, работа которой основана на движении воздушных потоков за счет разности плотностей внутреннего и наружного воздуха, определяется площадь сечения в м^2 всех вытяжных шахт

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (15)$$

где v – скорость движения воздуха в вытяжной шахте, м/с .

Скорость воздуха

$$v = 2,2 \cdot \sqrt{\frac{h(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{273}}, \quad (16)$$

где h – высота вытяжной шахты м ;

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутри помещения, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Число вытяжных шахт будет равно

$$n_{\text{в.ш.}} = \frac{F}{f}, \quad (17)$$

где f – живое сечение одной шахты, м^2 (в типовых проектах животноводческих помещений обычно принимаются вытяжные шахты квадратного сечения со стороной квадрата 400, 500, 600, 700 мм или прямоугольного сечения).

Подача вентиляторов $L_{\text{в}}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) системы приточной вентиляции принимается по величине расчетного воздухообмена с учетом поправочного коэффициента на подсосы воздуха в воздуховодах

$$L_{\text{в}} = (1,1 \dots 1,15) \cdot L_{\text{расч.}}$$

Расчет отопления животноводческого помещения ведется на основе уравнения теплового баланса:

$$P_{\text{от}} = P_{\text{огр}} + P_{\text{в}} + P_{\text{сл}} + P_{\text{доп}} - P_{\text{ж}} + P_{\text{э}}, \quad (18)$$

где $P_{\text{огр}}$ – потери теплоты через ограждения, Вт ;

$P_{\text{в}}$ – потери теплоты при вентиляции, Вт ;

$P_{\text{сл}}$ – случайные потери теплоты, Вт ;

$P_{\text{доп}}$ – дополнительные потери теплоты, Вт ;

$P_{\text{ж}}$ – поток свободной теплоты, выделяемый животными, Вт ;

$P_{\text{э}}$ – тепловой поток от средств местного электрообогрева, Вт .

Теплопотери через все виды ограждений в Вт определяют по формуле

$$P_{\text{огр}} = \frac{1}{R_0} F_0 (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n, \quad (19)$$

где R_0 – сопротивление теплоотдаче ограждения, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}/\text{Вт}$;

F_0 – поверхность ограждения, m^2 ;

t_n, t_v – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, $^{\circ}C$;

n – поправочный коэффициент (для наружных стен и полов на грунте; $n=1$, для чердачных перекрытий с различными видами кровли; $n=0,75 \dots 0,9$; для ограждений, отделяющих отапливаемые помещения от неотапливаемых $n = 0,4 \dots 0,7$; для перекрытий над подпольями $n = 0,4 \dots 0,75$).

Сопротивление m -слойного ограждения теплопередаче:

$$R_0 = R_v + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_n, \quad (20)$$

где R_v – термическое сопротивление тепловосприятию внутренней поверхности ограждения, $m^2 \cdot ^{\circ}K/Вт$;

δ_i/λ_i – термическое сопротивление теплопроводности отдельных слоев ограждения толщиной δ_i , м, выполненных из материалов с коэффициентом теплопроводности λ_i , $Вт/м \cdot ^{\circ}K$;

R_n – термическое сопротивление теплоотдачи наружной поверхности ограждения, $m^2 \cdot ^{\circ}K/Вт$.

Потери теплоты через полы определяются по зонам шириной 2 м, расположенным параллельно наружным стенам, сопротивление теплопередаче для каждой зоны рассчитывается по формуле

$$R_{y.p.} = R_{n.p.} + \frac{\delta_{y.c.}}{\lambda_{y.c.}} + \sum_{i=1}^k \frac{\delta_i}{\lambda_i}; \quad (21)$$

где δ_i и λ_i – толщина, м и коэффициент теплопроводности остальных слоев пола;

$\delta_{y.c.}$ и $\lambda_{y.c.}$ – толщина, м и коэффициент теплопроводности утепляющего слоя.

Тепло, уносимое воздухом при вентиляции

$$P_v = \frac{L \cdot \rho \cdot C \cdot (t_v - t_n)}{3600}, \quad (22)$$

где ρ – плотность наружного воздуха при T_n , $кг/м^3$;

C – теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}K$.

Случайные потери принимаются равными

$$P_{сл} = (0,1 \dots 0,15) \cdot (P_{огр} + P_v). \quad (23)$$

При определении дополнительных потерь тепла учитывается ориентация помещения к сторонам света, поэтому их принимают равными

$$P_{доп} = (0,1 \dots 0,15) \cdot (P_{стн} + P_{ств} + P_{ок} + P_{дв})/2.$$

Поток свободной теплоты, выделяемой животными,

$$P_{ж} = \sum_{i=1}^k q_i \cdot n_i, \quad (24)$$

где q_i – тепловой поток, выделяемый одним животным, $Вт$.

Примечание: при выполнении расчетов по этому пункту необходимо учитывать, что исходные данные для расчетов, такие как влаговыделение и тепловой поток от одного животного или птицы в таблицах П.Б.3, П.Б.5 при-

ведены при температуре $+10^{\circ}\text{C}$ для животных и $+16^{\circ}\text{C}$ для птицы, в том случае, если фактическое значение температуры внутри помещения отличается от указанных значений, необходимо учесть поправочные коэффициенты (см. таблицы П.Б.4, П.Б.6).

По полученным значениям $P_{от}$ и L_v производится выбор отопительно-вентиляционного оборудования.

Пример 5

Произвести выбор отопительно-вентиляционного оборудования для помещения с боксовой системой содержания животных при следующих исходных данных: $A = 76$ и $B = 21$ – длина и ширина помещения, м; $H_0 = 3,3$ – высота стен, м; $H_k = 6,24$ – высота конька, м; количество животных в помещении – $n = 200$; температура воздуха внутри помещения $t_v = 10^{\circ}\text{C}$; температура наружного воздуха $t_n = -22^{\circ}\text{C}$; $F_{ок} = 146$ – суммарная площадь окон в помещении для содержания животных, м^2 ; размеры дверей – $3 \times 2,5$; количество дверей, выходящих наружу – 3; количество дверей, выходящих в неотопливаемое помещение – 3; $F_{пер} = 1657,4$ – площадь перекрытий, м^2 .

Решение

Принимаем принудительную с механическим побуждением приточную вентиляцию и естественную вытяжную вентиляцию. Для выполнения расчетов воспользуемся соотношениями (11)–(24). Для лактирующих коров живой массой 400 кг с удоем 15 литров $C_1 = 129$ л/ч, $W_1 = 458$ г/ч, $q_1 = 722$ Вт (см. таблицу П.Б.3), тогда

$$L_{\text{co}_2} = \frac{129 \cdot 200}{2,5 - 0,4} = 11727,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$W = 1,15 \cdot 458 \cdot 200 = 105340 \text{ г/ч}.$$

$$L_w = \frac{105340}{7,63 \cdot 1,248 \cdot 0,7 - 0,716 \cdot 1,399 \cdot 0,85} = 18117,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$V_n = 76 \cdot 21 \cdot 3,3 + 76 \cdot (6,24 - 3,3) \cdot \frac{21}{2} = 7612,9 \text{ м}^3.$$

$$m = \frac{18117,9}{7612,9} = 2,38 \approx 3 \Rightarrow L_{\text{расч}} = 3 \cdot 7612,9 = 22838,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$v = 2,2 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot (10 - (-22))}{273}} = 1,68 \text{ м/с}.$$

$$F = \frac{22838,7}{3600 \cdot 1,68} = 3,77 \text{ м}^2; n_{\text{в.ш.}} = \frac{3,77}{0,5 \cdot 0,5} = 15,08 \approx 15 \text{ шахт}.$$

$$L_v = 1,15 \cdot 22838,7 = 26264,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$P_{\text{окн}} = \frac{1}{R_{\text{ок}}} F_{\text{ок}} (t_v - t_n) = \frac{1}{0,345} \cdot 146 \cdot (10 - (-22)) = 13542 \text{ Вт}.$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{1}{R_{\text{дв}}} F_{\text{дв}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n = \frac{1}{0,378} \cdot ((3 \cdot 3 \cdot 2,5) \cdot 1 + (3 \cdot 3 \cdot 2,5) \cdot 0,7 \cdot (10 - (-22))) = 3238,1 \text{ Вт.}$$

Примечание: конструкция ограждений описана в примере 1, также она может быть принята с учетом рекомендаций [14].

Стены, выходящие наружу, выполнены из керамзитобетонных панелей.

$$F_{\text{ст.н}} = 76 \cdot 3,3 \cdot 2 + 21 \cdot 3,3 - F_{\text{ок}} - 0,5 \cdot F_{\text{дв}} = 570,9 - 146 - 22,5 = 402,4 \text{ м}^2.$$

$$R_{\text{ст.н}} = 0,116 + \frac{0,3}{0,35} + \frac{0,02}{0,93} + 0,043 = 1,04 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

$$P_{\text{ст.н}} = \frac{1}{1,04} \cdot 402,4 \cdot (10 - (-22)) \cdot 1 = 12381,5 \text{ Вт.}$$

Перегородки между помещениями выполнены из кирпича:

$$F_{\text{ст.в}} = 21 \cdot 3,3 \cdot 1 - 0,5 \cdot F_{\text{дв}} = 21 \cdot 3,3 \cdot 1 - 3 \cdot 3 \cdot 2,5 = 46,8 \text{ м}^2,$$

$$R_{\text{ст.в}} = 0,116 + \frac{0,13}{0,81} + \frac{0,02 \cdot 2}{0,93} + 0,043 = 0,362 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

$$P_{\text{ст.в}} = \frac{1}{R_{\text{ст.в}}} \cdot F_{\text{ст.в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n_{\text{ст.в}} = \frac{1}{0,362} \cdot 46,8 \cdot (10 - (-22)) \cdot 0,7 = 2895,9 \text{ Вт.}$$

Определим потери теплоты через перекрытия:

$$R_{\text{пер}} = 0,116 + \frac{0,0055}{0,35} + \frac{0,04}{0,17} + \frac{0,1}{0,07} + \frac{0,0015}{0,17} + \frac{0,1}{1,63} + 0,043 = 1,908 \frac{\text{м}^2 \text{°К}}{\text{Вт}}.$$

$$P_{\text{пер}} = \frac{1}{R_{\text{пер}}} \cdot F_{\text{пер}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n_{\text{пер}} = \frac{1}{1,908} \cdot 1657,4 \cdot (10 - (-22)) \cdot 1 = 27797 \text{ Вт.}$$

Определим значение $R_{\text{у.п.}}$ для отдельных зон пола:

$$R_{\text{у.п.1}} = 2,15 + \frac{0,15}{0,23} + \frac{0,1}{1,05} + \frac{0,3}{0,93} = 2,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\text{у.п.2}} = 4,3 + \frac{0,15}{0,23} + \frac{0,1}{1,05} + \frac{0,3}{0,93} = 5,1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\text{у.п.3}} = 8,6 + \frac{0,15}{0,23} + \frac{0,1}{1,05} + \frac{0,3}{0,93} = 9,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\text{у.п.4}} = 14,2 + \frac{0,15}{0,23} + \frac{0,1}{1,05} + \frac{0,3}{0,93} = 15,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

Площадь зон пола соответственно равна: $F_{\text{п1}} = 322,4 \text{ м}^2$; $F_{\text{п2}} = 320,8 \text{ м}^2$; $F_{\text{п3}} = 306 \text{ м}^2$; $F_{\text{п4}} = 630 \text{ м}^2$ (см. рисунок 1).

Тогда потери теплоты по каждой зоне составят:

$$P_{\text{п1}} = \frac{1}{2,9} \cdot 322,4 \cdot (10 - (-22)) = 3557,5 \text{ Вт};$$

$$P_{п2} = \frac{1}{5,1} \cdot 320,8 \cdot (10 - (-22)) = 2012,9 \text{ Вт};$$

$$P_{п3} = \frac{1}{9,4} \cdot 306 \cdot (10 - (-22)) = 1041,7 \text{ Вт};$$

$$P_{п4} = \frac{1}{15,3} \cdot 630 \cdot (10 - (-22)) = 1317,6 \text{ Вт}.$$

$$P_{п} = 3557,5 + 2012,9 + 1041,7 + 1317,6 = 7929,7 \text{ Вт}.$$

Суммарные потери тепла через все виды ограждений будут равны

$$P_{огр} = P_{ок} + P_{дв} + P_{ст.н} + P_{ст.в} + P_{пер} + P_{п} =$$

$$= 13542 + 3238,1 + 12381,5 + 2895,9 + 27797 + 7929,7 = 67784,2 \text{ Вт}.$$

При определении потерь тепла с удаляемым из помещения воздухом учитывается наибольшее из двух значений L_{CO_2} или L_w количество воздуха, необходимое для растворения вредностей до уровня, установленного зоотехническими нормами, поэтому

$$P_v = \frac{18117,9 \cdot 1,399 \cdot 1000 \cdot (10 - (-22))}{3600} = 225306,2 \text{ Вт}.$$

$$P_{сл} = 0,1 \cdot (67784,2 + 225306,2) = 29309 \text{ Вт}.$$

$$P_{доп} = 0,1 \cdot (12381,5 + 2895,9 + 13542 + 3238,1) / 2 = 1602,9 \text{ Вт}.$$

$$P_{ж} = 722 \cdot 200 = 144400 \text{ Вт}.$$

Тепловой поток, необходимый для отопления помещения:

$$P_{от} = 67784,2 + 225306,2 + 29309 + 1602,9 - 144400 = 179602,3 \text{ Вт}.$$

Суммарные значения теплопроизводительности и воздухопроизводительности выбираемого оборудования должны превышать мощность, требуемую для отопления помещения $P_{от}$, и суммарную подачу вентиляторов с учетом подсосов в воздуховодах.

Для отопления животноводческих помещений используют разные типы теплогенераторов: водяные, газовые и дизельные. При выборе оборудования необходимо учитывать особенности объекта, например, обеспеченность соответствующими видами энергоресурсов, энергоэффективность оборудования и ряд других факторов. Выбор оборудования осуществляется по каталожным данным заводов изготовителей отопительно-вентиляционного оборудования или по приложению (см. таблицы П.Б.7.1-П.Б.7.3) [24–25].

Принимаем для отопления и вентиляции помещения для содержания животных два воздухонагревателя рекуперативного типа ТГ-1,5-2. Воздухонагреватели предназначены для отопления помещений различного назначения, в том числе животноводческих помещений. Техническая характеристика оборудования приведена в таблице 3.

При описании технической характеристики оборудования, кроме теплопроизводительности и воздухопроизводительности, также указываются тип и мощность электродвигателей приводов теплогенератора.

Таблица 3 – Техническая характеристика отопительно-вентиляционного оборудования

Наименование показателей	Значение
Теплопроизводительность, кВт	175
Воздухопроизводительность, м ³ /ч	14000
Степень нагрева воздуха, °С	50
Электродвигатель осевого вентилятора	
– тип	АИР 100L4У3
– мощность, кВт	4
Электродвигатель форсунки	
– тип	АИР 63В2У3
– мощность, кВт	0,55

2.3.2 Выбор оборудования для раздачи кормов

При выборе оборудования для раздачи кормов учитываются особенности технологии содержания, вид и возраст животных, габаритные размеры и особенности архитектурно-конструктивных решений, например, размеры технологических проходов объектов. Основные положения, связанные с выбором оборудования для системы раздачи кормов изложены в «Стратегии машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 г.», а также в ряде других работ [18, 26–35].

На молочно-товарных фермах для раздачи корма наиболее широко используются мобильные кормораздатчики с приводом от трактора. При такой системе раздачи корма один и тот же кормораздатчик может быть использован для раздачи корма в разных производственных помещениях, таким образом, повышается коэффициент использования оборудования. Такие кормораздатчики используются для приема, транспортирования и раздачи на ходу непрерывным регулируемым потоком измельченных сочных и грубых кормов (силоса, зеленого корма, корнеплодов, сенажа, сена) или смеси их с концентрированными кормами в кормушки высотой не более 0,75. Также они могут использоваться и для подачи кормов в приемные камеры стационарных транспортеров.

Если говорить о тенденциях развития техники для свиноводств, то следует отметить, что перспективы связаны с созданием и применением машин и оборудования, позволяющих обеспечивать не только повышение производительности и безопасности условий труда, но и создание оптимальных условий для животных, приводящих к повышению их продуктивности, сохранению здоровья.

В свиноводстве достаточно широко использовалась технология кормления откормочного поголовья влажными кормовыми смесями, кормовые смеси раздавались при помощи мобильных кормораздатчиков типа КС-1,5, КЭС-1,7, РС-5А. К недостаткам такой технологии следует отнести следую-

щее: не обеспечивается индивидуальный подход к животным и автоматизация этого процесса; низкая эффективность использования полезной площади помещения [26], так как такая технология требует наличия технологического прохода (не менее 1,2 м); низкая эффективность использования кормов (корма просыпаются мимо кормушек); неравномерность выдачи корма, достигающая $\pm 14\%$ [26]. Это приводит к снижению выхода продукции на 30–35%, увеличению в 1,3–1,4 раза непроизводительных затрат и себестоимости свинины в 1,5 раза [26].

Стратегией машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 г. рекомендуется при кормлении сухими кормами использовать автоматические стационарные трубопроводные системы транспортирования и раздачи кормов, в том числе для кормления поросят на доращивании и молодняка свиней на откорме рекомендуется применять автоматические кормушки с цепочно-шайбовыми раздатчиками [27]. Повышение точности дозирования кормов на 15–30% позволит снизить потери привесов животных от 0,5 до 5,5%.

Дополнительным преимуществом замены мобильных кормораздатчиков являются меньшие энергозатраты на реализацию технологического процесса кормления. Снижение количества потребляемой электрической энергии может быть достигнуто за счет использования современных автоматизированных методов управления технологическими процессами [30].

Системы сухого кормления являются наиболее гигиеничными и более простыми в эксплуатации по сравнению с системами жидкого кормления, так как при перемещении жидких кормов по трубопроводам очистка их затруднительна, при этом, чем ниже влажность кормосмеси и меньше диаметр кормопровода, тем большее количество корма остается в трубопроводе [31].

Пример 6

Произвести выбор оборудования для раздачи кормов в свиноматочнике на 540 мест при следующих исходных данных: $A = 44$ и $B = 18$ – длина и ширина помещения, м; количество животных в помещении – $n = 540$; $m_{\text{кк}} = 3,6$ кг – суточная норма концентрированных кормов на одного животного, кг; $z = 2$ – число кормлений в сутки.

Решение

Для раздачи кормов в свиноматочнике принимаем оборудование «Dry rapid», в состав которого входит тросошайбовый транспортер, приемник корма и дозатор. Данное оборудование используется для заполнения групповых кормушек с бункерами-накопителями готовыми комбикормовыми смесями (рисунок 2).

Трубчатые системы транспортировки корма Dry Rapid обеспечивают транспортировку корма от бункера до кормового места при использовании в свиноводстве сухих кормов в виде муки, крошки или гранул.



Рисунок 2 – Система раздачи сухих комбикормов Dry Rapid

Работает система раздачи сухих комбикормов Dry Rapid следующим образом. Загруженные в бункер-накопитель комбикорма винтовым конвейером подают в приемную воронку тросо-шайбового транспортера. Количество кормов, подаваемых в кормопровод, контролируют через смотровое окно приемной воронки

Таблица 4 – Техническая характеристика оборудования «Dry rapid» DR850 [34]

Наименование показателей	Значение
Производительность транспортера (при плотности корма 650 кг/м ³), кг/ч	870
Скорость движения троса, м/мин.	27
Максимальная длина троса с 4 углами, м	300
Мощность привода, кВт	1,5

Оборудование предусматривает индивидуальную регулировку уровня корма во всех кормовых автоматах при помощи телескопической опускной трубы.

Для хранения текущего запаса кормов и подачи его в бункер-накопитель кормораздатчика принимаем бункер БСК-10. Техническая характеристика бункера представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Техническая характеристика БСК-10 [18]

Показатели	Значение
Емкость, м ³	10
Длина выгрузного транспортера, мм	5750
Производительность транспортера, т/ч	2,7
Мощность электродвигателей, кВт	0,37 + 0,18
Габариты: длина × ширина × высота	2000×2000×4000
Масса, кг	740

При выборе оборудования также определяется режим его работы. Для определения продолжительности работы оборудования линиями загрузки и раздачи кормов необходимо знать количество корма, которое должно быть выдано животным за сутки.

$$M_k = m_{kc} \cdot N, \quad (25)$$

где N – обслуживаемое поголовье одним комплектом оборудования, голов;

m_{kc} – суточная норма корма на одного животного [18].

$$M_k = 3,6 \cdot 540 = 1944 \text{ кг/сутки.}$$

Количество корма, которое выдается животным за одно кормление определяется по соотношению

$$m_1 = \frac{M_k}{z}, \quad (26)$$

где z – число кормлений в сутки.

Для животных данной возрастной группы используется двухразовое кормление, поэтому

$$m_1 = \frac{1944}{2} = 972 \text{ кг.}$$

Продолжительность работы оборудования при загрузке и раздаче корма составит

$$t = \frac{m_1}{Q} = \frac{972}{870} = 1,12 \text{ ч.}$$

2.3.3 Выбор оборудования для удаления навоза

Удаление навоза из животноводческих помещений может выполняться механическим или гидравлическим способами.

Механический способ предусматривает применение скребковых, пластинчатых, штанговых и шнековых транспортеров, скреперов возвратно-поступательного движения и бульдозеров разных типов. Механические способы удаления и транспортировки навоза применяют на предприятиях крупного рогатого скота при стойловом и стойлово-пастбищном содержании его с использованием подстилки, в родильных отделениях, профилакториях, при подпольном хранении навоза и на открытых откормочных площадках, на свиноводческих предприятиях мощностью до 24 тыс. голов в год, использующих корма собственного производства и пищевые отходы.

Так для удаления навоза в помещениях для содержания КРС используются скребковые транспортеры кругового действия КСН-Ф-100, ТСН-160 и его модификации ТСН-160А, ТСН-160АМ; скреперные установки ТСГ-170, ТСГ-250, УСГ-3, УСГ-4; шнековые транспортеры типа ТШН-200, ТШН-250 [18, 32].

Для уборки навоза в свинарниках могут использоваться универсальные скреперные установки и штанговые транспортеры типа ТШ-300. Это оборудование можно использовать и для уборки навоза КРС.

В птичниках при напольной системе содержания применяется оборудование типа МПС и ТСП-7×18 [18, 32].

Гидравлический способ уборки навоза предусматривает применение гидросмывной системы (с использованием минимального количества воды) и самотечных систем непрерывного и периодического действия. Метод прямого смыва водой применяют в порядке исключения, так как он связан с большим расходом воды. При гидравлических способах удаления навоза следует предусматривать вентиляцию каналов.

Для уборки навоза из каналов, перекрытых щелевыми полами, на всех типах животноводческих предприятий рекомендуется использовать скреперные установки. При этом длина канала может достигать 90 м, ширина – 1,2–2,5 м.

При выборе оборудования удаления навоза учитываются особенности технологии содержания, вид и возраст животных, габаритные размеры помещения для содержания животных.

Количество включений оборудования в сутки определяется по соотношению

$$Z = \frac{M}{Q \cdot t_p \cdot k_z} \cdot 60, \quad (27)$$

где M – масса навоза, которую необходимо убрать в сутки; т;

Q – производительность транспортера, т/ч;

k_z – коэффициент загрузки;

t_p – продолжительность одной уборки, мин.

Масса навоза, которую необходимо убрать в сутки одним транспортером, может быть определена следующим образом:

$$M = \sum_{i=1}^k m_i \cdot n_i, \quad (28)$$

где m_i – выход навоза от одного животного i -го вида в сутки, кг [18];

n_i – количество животных, обслуживаемых одним транспортером.

При определении продолжительности одной уборки учитываются конструктивные особенности транспортеров и особенности реализации технологического процесса. Так скреперные транспортеры совершают возвратно-поступательные движения, за один проход перемещение транспортера происходит на расстояние равное расстоянию между скреперами. Так как для привода скреперных транспортеров используется реверсивный электропривод, то должна быть предусмотрена выдержка времени на полную остановку оборудования перед началом обратного движения. С учетом изложенного, продолжительность одной уборки навоза скреперным транспортером определяется по соотношению

$$t = \frac{2 \cdot L \cdot k}{\vartheta} + (k - 1) \cdot t_o, \quad (29)$$

где L – длина хода скреперов, м;

k – количество скреперов на одной ветви;

t_o – продолжительность остановки при реверсировании, с.

При определении продолжительности работы навозоуборочного транспортера кругового действия учитывается то, что процесс уборки завершится за один оборот горизонтального транспортера

$$t_p = \frac{1,05 \cdot L}{v}. \quad (30)$$

Пример 7

Произвести выбор оборудования для удаления навоза в коровнике для содержания коров с боксовой системой содержания при следующих исходных данных: $A = 76$ и $B = 21$ – длина и ширина помещения, м; количество животных в помещении – $n = 200$; $m_n = 55$ кг [18] – количество экскрементов от одного животного в сутки, кг.

Решение

Для удаления навоза из помещения для содержания коров принимаем два комплекта навозоуборочных транспортеров ТСГ-170. Данное оборудование предназначено для уборки навоза крупного рогатого скота при боксовой системе содержания. В таблице 6 приводится характеристика оборудования ТСГ-170 [18, 32].

Таблица 6 – Техническая характеристика навозоуборочного оборудования ТС-170

Наименование показателя	Значение
Длина контура горизонтального транспортера, м	170
Количество скреперов на одной ветви	2
Скорость движения горизонтального транспортера, м/с	0,085
Мощность двигателя наклонного транспортера, кВт	1,1
Производительность, т/ч	10

Масса навоза, которую необходимо убрать в сутки одним транспортером, будет равна

$$M = 55 \cdot 100 = 5500 \text{ кг,}$$

Продолжительность одной уборки составит

$$t = \frac{2 \cdot 38 \cdot 2}{0,085} + (2 - 1) \cdot 2 = 1790 \text{ с} = 29,8 \text{ минут.}$$

Количество уборок

$$Z = \frac{5,5}{10 \cdot 29,8 \cdot 0,5} \cdot 60 = 2,2 \approx 3 \text{ раза.}$$

2.3.4 Выбор водонагревателей

Многие технологические процессы в животноводстве связаны с водой. Вода используется в технологических процессах доения для первичной обработки молока, промывки и дезинфекции молочного оборудования и санитарно-гигиенической обработки животных; в процессах приготовления кормов, с целью повышения эффективности использования питательных веществ; дезинфекции оборудования и производственных помещений; поения, удо-

влетворения бытовых нужд персонала фермы.

Электроустановки для нагрева воды можно разделить:

- на установки прямого и косвенного нагрева;
- на установки, в процессе работы которых происходит изменение состояния среды (парообразователи), и установки, в процессе работы которых такое изменение не происходит (водонагреватели);
- по принципу работы электродные и элементные;
- по степени централизации (местные (индивидуальные) и централизованные);
- на аккумуляционные (емкостные) и проточные.

Электродный нагрев – прямой нагрев; основан на протекании тока через нагреваемый материал. К преимуществам нагревателей электродного типа можно отнести:

- простоту конструкции и схемы управления; удобство обслуживания;
- более высокий КПД по сравнению с элементными нагревателями, работающими на ТЭНах;
- возможность широкого и плавного регулирования мощности,
- обеспечивают бактерицидное действие электрического тока на воду.

Вместе с тем они обладают и рядом недостатков:

- значительной зависимостью параметров установок от параметров воды; значительной зависимостью их мощности от температуры нагреваемой воды, удельное электрическое сопротивление которой r_t падает из-за резкого увеличения в ней количества ионов;
- в процессе работы происходит электрохимическая коррозия электродов и электролиз воды и растворимых в ней солей;
- в воду попадают продукты «растворения» железа и продуктов электролиза.

Нагрев в элементных нагревателях – косвенный, он более безопасен, повышение температуры воды в нагревателях такой конструкции происходит при ее соприкосновении с поверхностью изолированного элементного нагревателя.

Аккумуляционные водонагреватели предназначены для нагрева и сохранения горячей воды в течение длительного времени. Основным элементом конструкции таких водонагревателей является металлический теплоизолированный резервуар. Наличие термоизоляции позволяет включать эти водонагреватели в часы наименьшей нагрузки электрической сети. К водонагревателям аккумуляционного типа относятся водонагреватели ВЭТ, САОС.

Проточные водонагреватели не имеют резервуара для хранения горячей воды и теплоизоляции корпуса, они более компактные и быстродействующие.

Примером проточного водонагревателя является водонагреватель ВЭП-600. Он предназначен для подогрева питьевой воды. Его можно также использовать для подогрева воды до 80 °С, используемой для технических нужд.

Мощность ТЭНов составляет 10 кВт. Циркуляция воды в системе осуществляется при помощи насоса. В комплект установки входит шкаф управления. Температуру воды на выходе нагревателя регулирует термореле, а цикличность работы насоса автоматически обеспечивает поддержание заданной температуры воды при помощи термореле, установленного в самой холодной зоне системы поения.

Аналогичными возможностями обладают водонагреватели САЗС-400.

Для различных технологических процессов требуется вода с разной температурой. Так для санитарно-гигиенической обработки коров перед доением используется вода температурой 37–40 °С, для мытья технологического оборудования, молочной посуды – 55–70 °С. Температура воды в системе поения животных определяется с учетом рекомендаций [33, 36].

Выбор водонагревателей производится по мощности и производительности (для проточных водонагревателей) или емкости (для аккумуляционных водонагревателей).

Выбор по мощности производится по следующему условию:

$$P_n > P_{\text{расч}},$$

где $P_{\text{расч}}$ – расчетная мощность нагревательной установки, кВт.

Расчетная мощность проточного водонагревателя определяется по соотношению

$$P = \frac{Q_{\text{чmax}} \cdot c \cdot (t_r - t_x)}{3600 \cdot \eta_v \cdot \eta_{\text{тс}}}, \quad (31)$$

где $Q_{\text{чmax}}$ – производительность водонагревателя, л/ч;

c – теплоемкость воды, кДж/кг·°С;

t_r – температура воды на выходе из водонагревателя, °С;

t_x – температура водопроводной воды, °С;

$\eta_v, \eta_{\text{тс}}$ – КПД соответственно водонагревателя и тепловой сети.

При определении производительности учитывается неравномерность потребления воды на нужды поения в сутки

$$Q_{\text{чmax}} = k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot \frac{q \cdot n}{24}, \quad (32)$$

где $k_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности, $k_{\text{ч}} = 2 \dots 2,5$ [33, 36];

$k_{\text{сут}}$ – коэффициент суточной неравномерности, $k_{\text{сут}} = 1,1 \dots 1,3$ [33, 36].

q – количество воды на одну голову в сутки, л/сут, [18].

При определении расчетной мощности непроточного водонагревателя учитывается время, за которое вода нагревается до заданного значения:

$$P = \frac{Q_r \cdot C \cdot (t_r - t_x)}{3600 \cdot \tau \cdot \eta_v \cdot \eta_{\text{мс}}}, \quad (33)$$

где Q_r – масса горячей воды;

τ – ориентировочное время нагрева, ч.

Пример 8

Произвести выбор водонагревателей для подогрева воды в системе поения в коровнике: количество животных – $n = 200$, $q = 65$ [18] – потребность в воде одним животным в сутки, л/сут.

Решение

Максимальный часовой расход воды будет равен

$$Q_{\text{ч max}} = 2,0 \cdot 1,3 \cdot \frac{65 \cdot 200}{24} = 1408,3 \text{ л/ч.}$$

Для определения мощности воспользуемся соотношением (31). Температура воды в системе поения в холодный период принимается с учетом зоотехнических норм в зависимости от вида и возраста животных [33, 36]

$$P = \frac{1408,3 \cdot 4,19 \cdot (12 - 5)}{3600 \cdot 0,9 \cdot 0,92} = 13,9 \text{ кВт.}$$

Принимаем два водонагревателя САЗС-400/90-И1: мощность нагревательных элементов 12 кВт; для привода циркуляционного насоса используется электродвигатель АИР63А2У3 мощностью 0,37 кВт [18].

Продолжительность работы ТЭНов в сутки составит

$$t_p = \frac{P_{\text{расч}}}{P_n \cdot n} \cdot 24 = \frac{13,9}{2 \cdot 12} \cdot 24 = 13,9 \text{ часа.}$$

Пример 9

Произвести выбор водонагревателей для обеспечения процесса доения в молочном блоке. Исходные данные для расчета приведены в таблице 7. Количество обслуживаемых животных – $n = 400$, количество доений – 3.

Таблица 7 – Нормы расхода воды на технологические процессы

Наименование процесса	t, °С	норма на 1 доение	Всего
Обработка животных	40	1,0	400
Мытье фляг	70	90	90
Промывка доильных аппаратов и молокопровода	70	150	150
Промывка молочной автоцистерны	70	150	150

Решение

Так как для отдельных операций требуется вода с различной температурой, определим количество горячей воды необходимой для разбавления до нужной температуры:

$$Q_{\text{гор}} = \frac{\sum Q \cdot m_i \cdot (t_{mi} - t_x)}{(t_r - t_x) \cdot \tau}, \quad (34)$$

где Q_m – количество теплой воды, затрачиваемой для данного технологического процесса, л;

t_{mi} – температура воды необходимой для технологического процесса, °С;
 t_x – температура холодной воды, °С;
 t_r – температура горячей воды на выходе из водонагревателя, °С;
 τ – продолжительность одного доения, ч.

$$Q_{гор} = \frac{400 \cdot (40 - 5) + (90 + 150 + 150) \cdot (70 - 5)}{90 - 5} = 462,9 \text{ кг.}$$

Расчетная мощность водонагревателя будет равна

$$P_{расч} = \frac{462,9 \cdot 4,19 \cdot (90 - 5)}{3600 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 14,13 \text{ кВт.}$$

Принимаем два водонагревателя SAOS-400/90: $P_H = 12$ кВт, емкость – 400 л, температура воды на выходе – 90 °С [18].

2.3.5 Выбор облучательных установок

Ультрафиолетовое излучение применяется на объектах агропромышленного комплекса для компенсации у животных недостатка в естественной ультрафиолетовой радиации в период содержания в животноводческих помещениях, для обеззараживания воды, воздушной среды помещений, предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур [1, 37–45].

Излучение области А, называемое длинноволновым УФ излучением, обладает сравнительно небольшой биологической активностью. Оно вызывает пигментацию кожи и оказывает определенное положительное влияние на организм животных и птицы.

Средневолновое УФ излучение области В вызывает покраснение облученных участков кожи (эритему), обладает антирахитным действием, то есть способствует превращению провитамина D в витамин D. Ультрафиолетовое облучение способствует восполнению потери организмом кальция, фосфора, магния, азота.

Коротковолновое УФ излучение области С используется как фактор бактерицидного воздействия на вредные микроорганизмы. УФ излучение с длиной волны менее 280 нм, имеющее большую энергию квантов, воздействуя на бактерий, приводит к коагуляции содержащихся в них белковых веществ и гибели бактерий. Наибольшей бактерицидной эффективностью обладает излучение с длиной волны 265 нм [1, 37, 38].

Исследованиями влияния ультрафиолетового излучения на сельскохозяйственных животных занимались многие исследователи, в том числе Н.П. Симонова. Ее исследованиями было доказано, что облучение телят ультрафиолетовым излучением при определенной интенсивности и режиме облучения, приводит к увеличению в крови гемоглобина на 2,4–7,2%, эритроцитов на 5,52–11,4% по сравнению с аналогичными показателями у контрольных животных [39].

Наряду с изменениями морфологической картины крови у облучаемых животных наблюдались сдвиги и в отношении биохимических свойств сыворотки крови. Так, у облучаемых телят в сыворотке крови произошло увели-

чение содержания кальция на 21,2–24,8% и неорганического фосфора на 8,9–24,5% по сравнению с контрольными [44].

Эффективность применения источников ультрафиолетового излучения во многом определяется степенью совпадения их спектральной интенсивности с кривой спектральной чувствительности кожи животных в данной области оптического диапазона. Кроме того, следует помнить о том, что бактерицидная составляющая может усиливать эритемную эффективность [1, 37].

Также необходимо строго соблюдать требуемые уровни экспозиции (дозы облучения). Недостаточные экспозиции не дают нужного положительного эффекта, а избыточные действуют отрицательно.

Требуемые значения экспозиции (дозы) УФ облучения для различных видов животных и птицы определены экспериментальным путем и приведены в таблице П.В.1.

Расчет облучательных установок для облучения животных производится в следующем порядке:

- выбирается тип облучателей и облучательных установок;
- определяется количество облучателей;
- определяется продолжительность работы облучательной установки.

Выбор облучательных установок предопределяется видом, возрастной группой и технологией содержания животных, а также экономической эффективностью.

Установки, используемые для ультрафиолетового облучения животных можно разделить на стационарные и передвижные. К стационарным установкам можно отнести установки типа ЭО-1-30М, ОЭ-1, ОЭСПО2, ЭСП 01 [1, 37].

К достоинствам стационарных облучательных установок можно отнести высокую равномерность облучения по облучаемой поверхности. Такие установки можно использовать при любой системе содержания животных. К их недостаткам относятся высокие затраты на монтаж и эксплуатацию облучательной установки, которые связаны с большим количеством облучателей.

Затраты на монтаж существенно снижаются при использовании передвижных облучательных установок. Наибольшее распространение получили установки типа УО-4М. Но лишь при достаточной равномерности распределения облученности можно ожидать, что каждое животное получит требуемую дозу облучения, поэтому установки УО-4М рекомендуется использовать при привязной системе содержания.

Попытка сохранить достоинства стационарных и передвижных облучательных установок была предпринята при разработке облучательной установки УУФ-1.

Мобильная УФ-установка УУФ-1, разработанная в НПО «Казсельхозмеханизация», позволяет увеличить число обслуживаемых рядов до двух и ширину обслуживаемого ряда – до 5 м, при этом также существенно повышается равномерность облучения. Ее экономически выгодно использовать на крупных откормочных фермах и комплексах.

В состав УУФ-1 входят щит управления, тяговый электропривод, две каретки со спаренными облучателями (лампы ДРТ-400), несущая конструк-

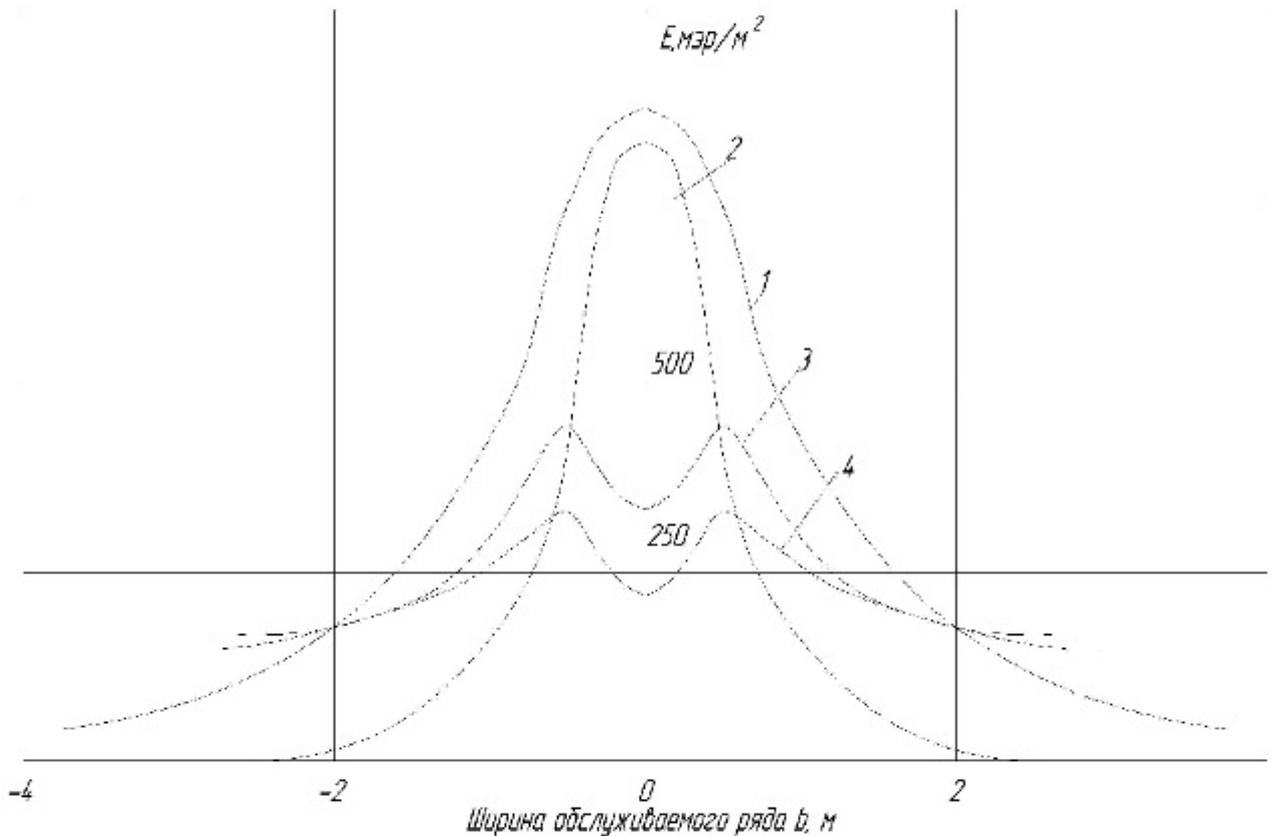
ция и лотковая система кабельного питания.

Спаренные облучатели устанавливают под углом к вертикальной оси каретки. Угол наклона зависит от ширины боксов. На рисунке 3 показана зависимость изменения УФ-облученности E под кареткой (в поперечной плоскости) от угла α наклона рефлектора-отражателя у облучателей. Зависимости $E = \varphi < (\alpha)$ получены при расстоянии между осями облучателей 400 мм и высоте подвеса над облучаемой плоскостью 1 м.

Принцип расположения стационарных облучателей в помещении для группового и беспривязного содержания тот же, что и для осветительных установок.

При содержании животных на привязи и в станках количество облучателей определяют в соответствии с величиной станко-мест и рядов.

Выбор методики расчета облучательных установок зависит от того являются ли они стационарными либо подвижными.



Кривые 1, 2, 3 и 4 получены при высоте подвеса облучателей над расчетной плоскостью 1 м, расстоянии между осями облучателей 400 мм и угле наклона рефлектора отражателя α , соответственно 0, 15, 45 и 60

Рисунок 3 – Зависимости изменения УФ облученности под спаренными облучателями установки УУФ-1

Для расчета стационарных установок чаще всего используются точечный метод и метод коэффициента использования. Независимо от выбранного метода смысл расчета сводится к определению количества облучателей и режима их работы.

В соответствии с методом коэффициента использования на первом эта-

не определяется предварительное число облучателей [37, 38]:

$$N = \frac{S}{(\lambda \cdot h)^2}, \quad (35)$$

где S – площадь зоны облучения, м^2 ;

λ – относительное расстояние между облучателями;

h – расчетная высота, м.

Расстояние между облучателями определяется по соотношению

$$L = \lambda \cdot h. \quad (36)$$

С учетом этого значения рассчитывается число рядов облучателей

$$n = \frac{B}{L}. \quad (37)$$

Далее определяется индекс зоны облучения

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}. \quad (38)$$

По индексу и типу источника ультрафиолетового потока определяется значение коэффициента использования эритемного потока η_3 .

Ввиду того, что поток излучения лампы на протяжении срока службы уменьшается, необходимо при эксплуатации корректировать продолжительность работы установки, основываясь на значениях коэффициента запаса, соответствующего времени наработки ламп (таблица П.В.3).

Средняя облученность будет равна [37, 38]

$$E_{\text{ср}} = \frac{k_{\text{ф}} \cdot \Phi_3 \cdot N \cdot \eta_3}{k_3 \cdot S}, \quad (39)$$

где Φ_3 – эритемный поток, мэр ;

$k_{\text{ф}}$ – коэффициент формы животного;

k_3 – коэффициент запаса, учитывающий снижение потока излучения в процессе эксплуатации.

Формы тел облучаемых объектов можно условно разделить на три вида: плоскость, сфера и цилиндр. Для характеристики формы тел животных корректно применить две последние из них. Для сферы $k_{\text{ф}} = 0,5$, для цилиндра – $k_{\text{ф}} = 0,64$.

При определении продолжительности работы установки учтем требуемую дозу облучения

$$t = \frac{D_3}{E_{\text{ср}}}, \quad (40)$$

где D_3 – суточная допустимая доза, $\text{мэр} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$.

Пример 10

Произвести выбор и расчет режима работы облучательной установки для облучения коров в коровнике с боксовой системой содержания животных. Размеры помещения $A = 76$ и $B = 21$ – длина и ширина помещения для содержания животных, м; $H_0 = 3,3$ – высота помещения, м.

Решение

Для облучения телят принимаем стационарную облучательную установку ЭСП01-40-012 с лампами ЛЭР-40. Расчет ведем методом коэффициента использования с учетом соотношений (35)–(40).

В помещении для животных можно выделить четыре зоны облучения с размерами $76 \times 3,5$. Количество облучателей по каждой зоне будет равно

$$N = \frac{76 \cdot 3,5}{(1,4 \cdot 1,7)^2} = 47 \text{ шт.}$$

Расстояние между облучателями:

$$L = 1,4 \cdot 1,7 = 2,38 \text{ м.}$$

Количество рядов облучателей

$$n_2 = \frac{3,5}{2,38} = 1,47 \approx 1.$$

Для каждой зоны принимаем окончательно один ряд облучателей по 47 облучателей в ряду.

Индекс зоны облучения будет равен

$$i = \frac{76 \cdot 3,5}{1,5 \cdot (76 + 3,5)} = 2,23.$$

Для облучателей с косинусной формой распределения потока излучения при данном индексе зоны облучения коэффициент использования эритемного потока: $\eta_3 = 0,54$ (см. таблицу П.В.2).

$$E_{\text{ср}} = \frac{0,64 \cdot 1600 \cdot 47 \cdot 0,54}{2 \cdot (76 \cdot 3,5)} = 48,8 \frac{\text{мЭр}}{\text{м}^2}.$$

Расчет произведен на 1000 часов использования эритемных ламп при $k_3 = 2$.

Суточная допустимая доза для коров $D_3 = 270 \text{ мЭр} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ (см. таблицу П.В.1). Для обеспечения данной дозы продолжительность работы облучателей в часах будет равна

$$t = \frac{270}{48,8} = 5,5 \text{ ч.}$$

Расчет подвижных облучательных установок имеет свои особенности. При движении облучателя облученность тела животного постоянно изменяется в зависимости от пространственного распределения излучения облучателя, формы тела и его расположения относительно траектории движения облучателя, высоты перемещения облучателя над облучаемым объектом.

Кроме того, количество облучения, получаемого объектом, определяется не только его облученностью, но и скоростью движения облучателя.

При расчете подвижной облучательной установки количество облучателей уже известно, поэтому расчет сводится к определению продолжительности работы и количества проходов установки.

Примером подвижной облучательной установки является установка УО-4М. Длина хода L (рисунок 4) установки УО-4М определяется по соотношению

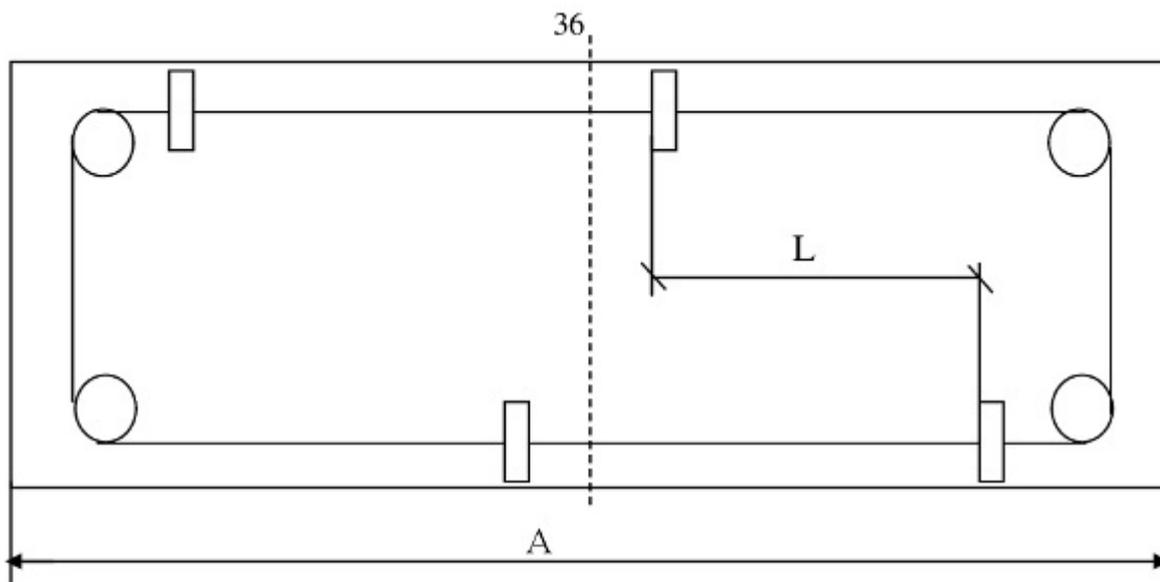


Рисунок 4 – К определению длины хода установки

$$L = \frac{A}{N} - 0,58 \cdot h, \quad (41)$$

где A – длина зоны облучения, м;

N – число облучателей на одной ветке.

Отрезок пути перемещения облучателя, на котором он облучает животных, будет равен

$$L = 2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\kappa} \quad (42)$$

$$\alpha_{\kappa} = 90 - \delta,$$

где δ – защитный угол, $\delta=30^\circ$;

h – высота подвеса установки над спиной животного (рисунок 5).

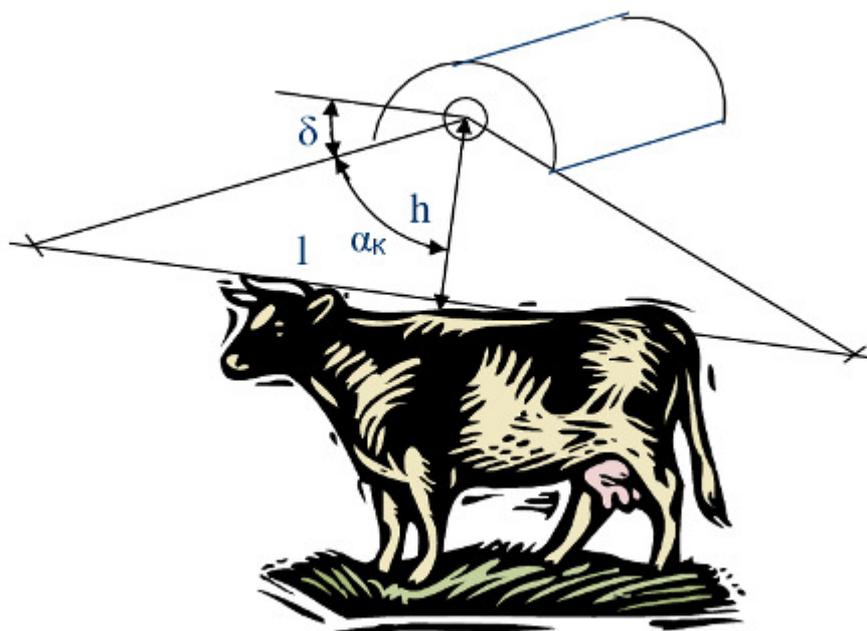


Рисунок 5 – К расчету подвижных установок

Средняя облученность определяется по формуле [37, 38]

$$E_{\text{cp}} = \frac{2 \cdot k_{\phi} \cdot I}{k_s \cdot h \cdot \sqrt{l^2 + 4 \cdot h^2}}, \quad (43)$$

где I – сила эритемного потока, мэр/ср;

k_{ϕ} – коэффициент формы животного.

Далее рассчитывается максимальная облученность и сравнивается с допустимой. Должно выполняться условие

$$E_{\max} = E_{\text{ср}} \cdot k_3 \cdot Z \leq E_{\text{доп}},$$

где Z – допустимая неравномерность облучения;

$E_{\text{доп}}$ – допустимая облученность, мэр/м².

Z и $E_{\text{доп}}$ определяются с учетом рекомендаций таблицы П.В.1 в зависимости от вида и возраста животных.

Продолжительность облучения одного животного определяется по известному соотношению (40). Требуемая экспозиция может быть получена животным за несколько проходов установки. Число проходов будет равно

$$n = \frac{t \cdot \vartheta}{l}, \quad (44)$$

где ϑ – скорость движения установки.

Тогда общая продолжительность работы установки будет равна

$$t_{\text{сут}} = \frac{n \cdot L}{\vartheta} + t_p. \quad (45)$$

Подвижные облучательные установки целесообразно использовать при стойловой системе содержания, в том случае, когда животные лишены возможности свободно перемещаться.

Пример 11

Произвести расчет режима работы подвижной облучательной установки УО-4М в помещении для отеля с размерами 19,6×10,5×2,9.

Решение

С учетом высоты помещения и высоты самих животных расчетная высота размещения облучателей над облучаемой поверхностью составит 0,8 м, поэтому в соответствии с выражением (41) длина хода облучателей будет равна

$$L = \frac{19,6}{2} - 0,58 \cdot 0,8 = 9,33 \text{ м.}$$

Отрезок пути перемещения облучателя, на котором он облучает животных, равен

$$l = 2 \cdot 0,8 \cdot \text{tg } 60^\circ = 2,77 \text{ м.}$$

Средняя облученность определяется по формуле (43)

$$E_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 0,64 \cdot 950}{2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2,77^2 + 4 \cdot 0,8^2}} = 237,6 \text{ мэр/м}^2.$$

$$E_{\max} = 237,6 \cdot 2 \cdot 1,34 = 636,7 < 930.$$

Продолжительность облучения одного животного составит

$$t = \frac{270}{237,6} = 1,13 \text{ ч,}$$

а число проходов, за которое животные получают требуемую дозу облучения, будет равно

$$n = \frac{1,13 \cdot 18}{2,77} = 7,34 \approx 7,$$

где ϑ – скорость движения установки, для установок УО-4М $\vartheta = 18$ м/ч [37, 38].

В соответствии с выражением (45) продолжительность работы установки составит

$$t_{\text{сут}} = \frac{7 \cdot 9,33}{18} + 0,25 = 3,87 \text{ ч.}$$

Актуальным для объектов АПК является вопрос, связанный с микробиологической загрязненностью воздушной среды. Биологические показатели воздушной среды характеризуются наличием взвешенных пылевых частиц, бактерий, вирусов, спор грибов и плесени.

Большое влияние на концентрацию микроорганизмов в воздухе помещения оказывает выбранная технология и периодичность удаления навоза и эффективность работы вытяжной вентиляции. Несвоевременно убраный и необеззараженный навоз является источником размножения и распространения микроорганизмов [38, 45], а неудовлетворительно работающая система вентиляции способствует распространению болезнетворных микроорганизмов.

Микрофлора животноводческих ферм представлена разными формами микроорганизмов. Прежде всего это споры микроскопических грибов (аспергиллос, пенициллиум), палочковидные формы, в основном это кишечная палочка, протей, сальмонеллы, а также кокковые формы (стрептококки, пневмококки, стафилококки) [45].

Бактерии, споры микроскопических грибов, распространяясь в воздушной среде животноводческого помещения и попадая внутрь организма, могут оказывать весьма существенное влияние на иммунную систему животного.

Проблема микробиологической загрязненности воздушной среды в условиях сельскохозяйственного производства является актуальной в том числе и потому, что ежегодный ущерб, причиняемый животноводству болезнями и падежом, достигает 15% общей стоимости продукции.

Ультрафиолетовое излучение длиной волны 205–315 нм является мощным фактором подавления жизнедеятельности болезнетворных микроорганизмов, ответственных за рост числа инфекционных заболеваний, особенно распространяемых воздушным путем [1, 37]. Наибольшей бактерицидной эффективностью обладает излучение длиной волны 265 нм.

Обеззараживание воздушной среды животноводческих помещений с использованием источников ультрафиолетового излучения обладает рядом преимуществ перед другими способами: высокой эффективностью против широкого спектра патогенных микроорганизмов; короткое время обработки сред; минимум побочных продуктов, включая токсичные вещества (за редким исключением после обработки не образуются мутагенные фотопродукты); относительная безопасность и простота введения в эксплуатацию; простота в автоматизации оборудования; возможность внедрения УФ дезинфекции в традиционные системы очистки без их существенного переустройства [37, 38]. Но самым существенным достоинством является возможность обра-

ботки в присутствии животных в непрерывном режиме, что и обеспечивает высокую эффективность этих установок.

Непрерывный режим обеззараживания в присутствии персонала и животных может быть достигнут при использовании установок рециркуляционного типа (рисунок 6).

Исходными данными для расчета являются особенности технологического процесса, реализуемого в данном помещении; вид наиболее устойчивых к ультрафиолетовому излучению микроорганизмов, присутствующих в воздухе помещения; бактерицидная эффективность (J) и доза $N_{\text{бк}}$; минимальное значение времени облучения, при котором достигается нормируемое значение бактерицидной эффективности (t); тип бактерицидных облучателей и их параметры ($k, N_{\text{л}}, \Phi$); объем помещения (V).



1 – камера для вентилятора; 2 – камера для облучения воздушного потока;
3 – бактерицидная лампа; 4 – отражатель, направляющий излучение от бактерицидных ламп в камеру облучения и препятствующий выходу излучения наружу

Рисунок 6 – Рециркулятор-облучатель «Светолит-Аэро» [46]

Расчет сводится к определению количества источников бактерицидного излучения. Число ламп, обеспечивающих обеззараживание воздуха с требуемым уровнем бактерицидной эффективности, определяется из соотношения:

$$N_p = \frac{N_{\text{бк}} \cdot V \cdot k_3}{k \cdot m \cdot \Phi_{\text{лбк}} \cdot \tau \cdot t}, \quad (46)$$

где k – коэффициент использования бактерицидного потока УФ ламп;

m – число УФ ламп в бактерицидном облучателе, шт.;

$\Phi_{\text{лбк}}$ – бактерицидный поток УФ лампы;

$N_{\text{бк}}$ – объемная доза бактерицидного облучения (УФ доза), Дж/м³, которая определяет величину бактерицидной энергии, необходимой для снижения количества живых микроорганизмов до требуемого уровня (таблицу П.В.4).

τ – коэффициент пропускания облучаемой среды;

t – время облучения, с;

V – объем облучаемой среды, м³;

Пример 12

Произвести выбор установок рециркуляционного типа для обеззараживания воздуха в помещении для содержания животных в свиноматочнике при следующих исходных данных: $A = 50,2$ и $B = 8,5$ – длина и ширина помещения, м; $H_0 = 2,7$ – высота стен, м; $H_k = 5,6$ – высота конька, м; наиболее устойчивый к воздействию бактерицидного излучения вид микроорганизмов в помещении – *Staphylococcus aureus*.

Решение

Объем помещения для содержания животных равен

$$V_n = 50,2 \cdot 8,5 \cdot 2,7 + 50,2 \cdot \left(\frac{(5,6 - 2,7) \cdot 8,5}{2} \right) = 1770,8 \text{ м}^3.$$

Для *Staphylococcus aureus* $N_{bk} = 385 \text{ Дж/м}^3$ при бактерицидной эффективности 99,9%. Принимаем для обеззараживания воздуха установку ОЗУФ-3-100 с лампой TUV PL-L 95W HO, поэтому число источников бактерицидного излучения будет равно

$$N_p = \frac{385 \cdot 1770,8 \cdot 1,1}{0,9 \cdot 1 \cdot 27 \cdot 1 \cdot 3600} = 8,57.$$

Так как станки для содержания животных располагаются в два ряда, для того, чтобы во всем объеме помещения поддерживались требуемые параметры среды по микробиологической загрязненности, округлим количество рециркуляторов до целого значения, таким образом, чтобы оно делилось на цело на число рядов. Таким образом число рядов рециркуляторов будет равно 10.

2.4 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

По результатам выбора технологического оборудования производится расчет электрических нагрузок потребителей.

При расчете электрических нагрузок определяются значения активной реактивной и полной мощности, потребляемой электрооборудованием из сети, токов и годового потребления электроэнергии. Полученные в ходе этих расчетов данные необходимы для выбора сечения проводов и кабелей внутренних сетей объекта, линий, питающих объект, выбора аппаратуры управления и защиты, определения мощности источника питания, разработки мероприятий по повышению энергоэффективности производства.

В зависимости от того в какой вид энергии электропотребители преобразуют электрическую энергию электрические нагрузки делятся на силовые, осветительные, тепловые и специальные.

2.4.1 Расчет силовых нагрузок

Активная максимальная мощность в кВт рассчитывается с учетом КПД двигателя η_3 и степени его загрузки [47, 48]

$$P_{\max} = \frac{P_n}{\eta_3} \cdot k_3, \quad (47)$$

где P_n – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

k_3 – коэффициент загрузки [47].

Коэффициент загрузки k_3 оказывает существенное влияние на величину η , $\cos\phi$. Коэффициент загрузки может быть определен в зависимости от типа используемого оборудования с учетом рекомендаций РУМ-11 (таблица 8), либо, если известно значение расчетной нагрузки $P_{\text{расч}}$, определено по соотношению

$$k_3 = P_{\text{расч}} / P_n. \quad (48)$$

Таблица 8 – Коэффициенты загрузки для различных групп оборудования

Наименование оборудования	Значение k_3
Кормоприготовительные машины:	
измельчение зерновых	0,8
измельчение сочных кормов и корнеплодов	0,6
измельчение грубых кормов	0,5
Транспортеры:	
скребковые	0,7
шнековые	0,4
Смесители кормов	0,6
Кормораздатчики	0,5
Доильные установки	0,8
Вентиляторы	0,6–0,8
Навозоуборочные транспортеры	0,5
Насосы, компрессоры	0,7
Нагревательные установки	1,0
Осветительные установки	1,0

Максимальная реактивная мощность в квар [47, 48]

$$Q_{\max} = P_{\max} \cdot \operatorname{tg} \phi_3. \quad (49)$$

Полная мощность в кВ·А [27, 28]

$$S_{\max} = \frac{P_{\max}}{\cos \phi_3}. \quad (50)$$

Годовое потребление электроэнергии, кВт·ч

$$A_{\text{год}} = P_{\max} \cdot T_{\text{год}}, \quad (51)$$

где $T_{\text{год}}$ – число часов использования установки в год, ч;

$$T_{\text{год}} = t_{\text{сут}} \cdot n, \quad (52)$$

где $t_{\text{сут}}$ – продолжительность работы установки в сутки, ч;

n – число дней работы.

Номинальный ток двигателя определяется по соотношению [47, 48, 49]

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}, \quad (53)$$

где $\eta_n, \cos \varphi_n$ – соответственно КПД и коэффициент мощности двигателя при номинальной нагрузке [30, 31].

Пусковой ток двигателя рассчитывается по соотношению [47, 48, 49]:

$$I_n = I_n \cdot k_n, \quad (54)$$

где k_n – кратность пускового тока [47, 50–52].

Пример 13

Произвести расчет электрических нагрузок для электродвигателя привода навозоуборочного транспортера ТСГ-170: тип двигателя АИР80А4, $P_n = 1,1$ кВт; $\eta_n = 76,2\%$, $\cos \varphi_n = 0,77$, $k_n = 6$; $k_3 = 0,5$.

Решение

При $k_3 = 0,5$ $\eta_3 = 0,74$, $\cos \varphi_3 = 0,59$, поэтому

$$P_{\max} = \frac{1100}{0,74} \cdot 0,5 = 743,2 \text{ Вт},$$

$$S_{\max} = \frac{743,2}{0,59} = 1259,7 \text{ В} \cdot \text{А},$$

$$Q_{\max} = 743,2 \cdot 1,368 = 1016,7 \text{ вар}.$$

При расчете числа часов использования установки в году воспользуемся результатами, полученными в примере 7, в соответствии с которыми продолжительность одной уборки $t_p = 29,8$ минуты, количество уборок $z = 3$.

$$T_{\text{год}} = (29,8 \cdot 3/60) \cdot 210 = 312,9 \text{ ч},$$

$$A_{\text{год}} = 0,743 \cdot 312,9 = 232,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

$$I_n = \frac{1100}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,77 \cdot 0,762} = 2,85 \text{ А},$$

$$I_n = 2,85 \cdot 6 = 17,1 \text{ А}.$$

Примечание: исходные данные для расчета силовых нагрузок и результаты их расчета целесообразно свести в таблицу (пример такой таблицы см. в приложении Г, таблица П.Г.5).

2.4.2 Расчет осветительных нагрузок

Установленная мощность всех потребителей, подключенных к осветительной сети в Вт определяется по соотношению [47]

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{с.л.}\Sigma} + P_{\text{к.л.л.}\Sigma} + 1,2P_{\text{л.л.}\Sigma} + P_p, \quad (55)$$

где $P_{\text{с.л.}\Sigma}$ – суммарная установленная мощность светодиодных источников света, Вт; лампы, кВт;

$P_{\text{к.л.л.}\Sigma}$ – суммарная установленная мощность компактных люминесцент-

ных ламп, кВт;

$P_{p\Sigma}$ – суммарная установленная мощность розеток, кВт;

$P_{л.\Sigma}$ – суммарная установленная мощность люминесцентных ламп, кВт.

Суммарная установленная мощность люминесцентных ламп увеличивается на величину мощности пускорегулирующей аппаратуры, которая у таких источников внешняя.

Максимальная активная мощность, потребляемая из сети осветительной установкой, определяется с учетом коэффициента спроса:

$$P_{\max} = P_{\text{уст}} \cdot k_c, \quad (56)$$

где k_c – коэффициент спроса.

При отсутствии данных обследования, k_c принимают в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 9.

Таблица 9 – Значение коэффициентов спроса k_c

Характеристика объекта	Значение
Для мелких производственных зданий и торговых помещений	1
Для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов	0,95
Для библиотек, административных зданий и предприятий общественного питания	0,9
Для производственных зданий, состоящих из большого числа отдельных помещений	0,8
Для складских зданий	0,6

Максимальная реактивная мощность осветительной установки рассчитывается с учетом значений коэффициентов мощности для соответствующих светильников. Значение $\cos\varphi$ принимается с учетом данных завода изготовителя [6, 7], при отсутствии таковых $\cos\varphi = 0,85$ для одноламповых светильников с газоразрядными источниками, $\cos\varphi = 0,9-0,92$ соответственно для двухламповых.

$$Q_{\max} = Q_{\text{сл}} + Q_{\text{клл}} + Q_{\text{лл}} = P_{\text{с.л.}\Sigma} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{сл}} + P_{\text{к.л.л.}\Sigma} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{клл}} + 1,2P_{\text{л.}\Sigma} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{лл}}. \quad (57)$$

Полная мощность S_{\max} , кВ·А, потребляемая осветительной установкой из сети, равна

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}, \quad (58)$$

Коэффициент мощности осветительной установки

$$\cos\varphi = \frac{P_{\max}}{S_{\max}}. \quad (59)$$

Примечание: в том случае, если осветительная нагрузка распределена между несколькими осветительными щитами, расчет перечисленных выше показателей производится по каждому щиту в отдельности.

Годовое потребление электроэнергии рассчитывается по соотношению

$$A_{\text{год}} = P_{\max} \cdot T_{\text{раб}} + P_{\text{деж}} \cdot T_{\text{деж}}, \quad (60)$$

где $T_{\text{раб}}$, $T_{\text{деж}}$ – соответственно время использования в году рабочего и дежурного освещения;

P_{\max} , $P_{\text{деж}}$ – соответственно активная максимальная мощность рабочего и дежурного освещения, кВт.

Пример 14

Произвести расчет осветительных нагрузок. Исходные данные для расчета нагрузок приведены в таблице П.А.3.

Решение

Установленная мощность всех источников света в Вт определяется по соотношению (55)

$$P_{\text{уст}} = 1710 + 416 + 2000 = 4126 \text{ Вт.}$$

Максимальная активная мощность

$$P_{\max} = 4126 \cdot 0,95 = 3919,7 \text{ Вт.}$$

При расчете максимальной реактивной мощности учтем, что $\cos\varphi = 0,95$ для светильников ДСП44-19-002 [6]. Для остальных светильников $\cos\varphi = 0,85$. С учетом этих данных определяются значения $\text{tg}\varphi$, тогда максимальная реактивная мощность будет равна

$$Q_{\max} = 1710 \cdot 0,328 + 416 \cdot 0,619 = 819,5 \text{ вар.}$$

По полученным значениям активной и реактивной мощности определяется полная мощность

$$S_{\max} = \sqrt{3919,7^2 + 819,5^2} = 4004,5 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

Годовое потребление электроэнергии рассчитывается по соотношению (60). Одной из составляющих этого соотношения является активная мощность дежурного освещения $P_{\text{деж}}$. При расчете этой составляющей учитываем, что светильники дежурного освещения выделяются из общего числа светильников в помещении для содержания животных, их количество принимается равным 15% для родильных отделений и 10% – для всех остальных помещений.

Примечание: в птичниках дежурное освещение не предусматривается.

Количество светильников в помещении для содержания животных равно 90. Для обеспечения условия равномерности выделим светильники дежурного освещения в двух рядах.

$$P_{\text{деж}} = 19 \cdot 10 = 190 \text{ Вт,}$$

тогда

$$A_{\text{год}} = 3,92 \cdot 2100 + 0,19 \cdot 2520 = 8710,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

2.4.3 Расчет специальных нагрузок

К специальным нагрузкам относятся облучательные установки с источниками ультрафиолетового и инфракрасного излучения, применяемые для облучения животных, установки для обеззараживания воздуха и жидких сред, установки для предпосевной обработки семян оптическим излучением [37–

45], установки с источниками импульсного излучения, применяемые в плодохранилищах для увеличения сохранности плодов садовых растений [53–56], методика выбора, которых рассмотрена в пункте 2.3.5 и в источниках [1, 37, 38].

Так как работа этих установок аналогична работе осветительных установок, то и расчет нагрузок производится аналогичным образом.

Максимальная активная мощность определяется по следующему соотношению [47]:

$$P_{\max} = P_{\text{ист}} \cdot N_{\Sigma} \cdot n_{\text{л}} \cdot z \cdot k, \quad (61)$$

где $P_{\text{ист}}$ – мощность источника излучения, Вт;

$n_{\text{л}}$ – количество источников в облучателе;

N_{Σ} – количество облучателей по одной зоне облучения;

z – количество зон;

k – поправочный коэффициент, учитывающий мощность, потребляемую пускорегулирующей аппаратурой.

В свою очередь, полная максимальная мощность в кВ·А, потребляемая из сети, будет равна

$$S_{\max} = \frac{P_{\max}}{\cos \varphi}, \quad (62)$$

где $\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Максимальная реактивная мощность равна

$$Q_{\max} = \sqrt{S_{\max}^2 - P_{\max}^2}. \quad (63)$$

Для расчета годового потребления электроэнергии облучательной установкой можно воспользоваться соотношениями (51), (52).

Продолжительность работы установки в сутки $t_{\text{сут}}$ принимается по результатам расчетов режима работы облучательных установок (см. примеры 10 и 11).

Пример 15

Произвести расчет специальных нагрузок в коровнике на 200 голов. Количество зон облучения в помещении $z = 4$; количество облучателей по одной зоне облучения $N_{\Sigma} = 47$; мощность источника излучения $P_{\text{ист}} = 40$ Вт.

Решение

К специальным нагрузкам относятся источники излучения облучательных установок ЭСП01-40-012.

$$P_{\max} = P_{\text{уст}} = 1,2 \cdot 47 \cdot 40 \cdot 4 = 9024 \text{ Вт.}$$

Облучатели одноламповые, поэтому $\cos \varphi = 0,85$, а полная мощность будет равна

$$S_{\max} = \frac{9024}{0,85} = 10616,5 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

Реактивная мощность облучательной установки

$$Q_{\max} = \sqrt{10616,5^2 - 9024^2} = 5592,6 \text{ вар.}$$

Тогда ток на участке сети от распределительного щита до щита управления облучателями будет равен

$$I = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{10616,5}{\sqrt{3} \cdot 380} = 16,15 \text{ А.}$$

2.4.4 Расчет тепловых нагрузок

К тепловым нагрузкам относятся нагревательные элементы водонагревателей и электрических калориферов. Эти потребители являются чисто активной нагрузкой, поэтому $Q_{\max} = 0$, а $P_{\max} = S_{\max}$.

Номинальный ток для таких потребителей определяют по формуле

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}}, \quad (64)$$

а для расчета годового потребления электроэнергии используются соотношения (51), (52).

Пример 16

Произвести расчет электрических нагрузок водонагревателей САЭС-400/90-И1. Мощность нагревательных элементов 12 кВт, количество водонагревателей – 2, продолжительность работы оборудования в сутки $t_{\text{сут}} = 13,9$ ч (см. пример 8).

Решение

$$P_{\max} = S_{\max} = P_{\text{н}} = 12 \text{ кВт,}$$

$$I_{\text{н}} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 18,25 \text{ А.}$$

Продолжительность работы нагревательных элементов в год и годовое потребление электроэнергии соответственно составят

$$T_{\text{год}} = 13,9 \cdot 210 = 2919 \text{ ч,}$$

$$A_{\text{год}} = 12 \cdot 2 \cdot 2919 = 70056 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

2.4.5 Расчет электрических нагрузок на вводе объекта

Во вновь разрабатываемых проектах электрификации расчетные нагрузки на вводах в здания различного назначения определяют одним из следующих способов: построением суточного или сменного графика нагрузок; по данным замеров нагрузок, введенных в строй объектов, идентичных проектируемому; по нормативным данным согласно «Методическим указаниям по расчету электрических нагрузок в сетях 0,8–110 кВ сельскохозяйственного назначения» [57].

По нормативным данным расчетную мощность принимают при разра-

ботке проектов внешнего электроснабжения.

При детальном расчете электрификации графики составляют для каждого сезона в отдельности, а если имеется мощная нагрузка в течение более короткого периода времени, то и для этого периода тоже.

Если заранее известно, что наибольшая нагрузка данного объекта приходится на конкретный период времени, например, на зимний период, то составляют только зимний график.

При определении расчетных нагрузок построением суточного графика нагрузок сначала составляют вспомогательную расчетную таблицу, в которую заносят данные, необходимые для построения графика: типы машин и механизмов, выполняющих технологические операции, потребляемые из сети электроприемниками максимальные активные и реактивные мощности и длительность работы электроприемников в течение суток. Длительность работы электроприемников заносят в таблицу в виде откладываемых в масштабе горизонтальных отрезков прямых линий. Длительность работы электроприемников, работающих в автоматизированном режиме (вентиляторов, электрокалориферов, проточных водонагревателей и т.п.) принимают равной 24 часам. После этого строят суточные графики электрических нагрузок по оси ординат, которые откладывают в масштабе $P_{\text{тах}}$, $Q_{\text{тах}}$, $S_{\text{тах}}$, а по оси абсцисс – также в масштабе – длительность работы электроприемников.

Максимальные мощности принимают по получасовому максимуму графика нагрузок. В том случае, если нагрузки, формирующие максимум по графику, длятся менее получаса, то максимальные мощности на вводе принимают по эквивалентным мощностям, которые определяют по формулам

$$P_{\text{мах.вв}} = P_3 = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (65)$$

$$Q_{\text{мах.вв}} = Q_3 = \sqrt{\frac{Q_1^2 \cdot t_1 + Q_2^2 \cdot t_2 + \dots + Q_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (66)$$

$$S_{\text{мах.вв}} = S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2}, \quad (67)$$

где P_1, P_2, P_n – максимальные активные нагрузки по графику, длительность которых в сумме не менее получаса, кВт;

Q_1, Q_2, Q_n – максимальные реактивные нагрузки по графику, длительность которых в сумме не менее получаса, квар;

t_1, t_2, t_n – длительность нагрузок, ч.

В исключительных случаях при отсутствии технологического графика работы оборудования расчетную нагрузку определяют по формуле

$$P_{\text{мах.вв}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{мах}i} + \sum_{j=1}^m \frac{P_{\text{мах}j} \cdot t_j}{0,5}, \quad (68)$$

$$Q_{\text{мах.вв}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{мах}i} + \sum_{j=1}^m \frac{Q_{\text{мах}j} \cdot t_j}{0,5}, \quad (69)$$

$$S_{\text{мах.вв}} = \sqrt{P_{\text{мах.вв}}^2 + Q_{\text{мах.вв}}^2}, \quad (70)$$

где $P_{\text{мах}i}, Q_{\text{мах}i}$ – максимальные активные и реактивные нагрузки электроприемников, участвующих в формировании максимальной

нагрузки и работающих во время ожидаемого максимума нагрузок более 0,5 часа;

$P_{\max j}$, $Q_{\max j}$ – максимальные активные и реактивные нагрузки электроприемников, участвующих в формировании максимальной нагрузки и работающих во время ожидаемого максимума нагрузок менее 0,5 часа;

t_j – длительность нагрузки, ч.

Пример 17

Определить максимальную нагрузку на вводе коровника на 200 голов. Нагрузка электропотребителей объекта приведена в таблице 10.

Решение

При определении максимальной нагрузки на вводе здания учитываются значения нагрузок отдельных потребителей, а также периодичность их работы и график выполнения технологического процесса.

Таблица 10 – Электрические нагрузки потребителей коровника на 200 коров

Наименование потребителей	Кол-во	P_{\max} , кВт	Q_{\max} квар	S_{\max} кВт·А	Режим работы потребителей
Освещение: рабочее	–	3,92	0,82	4,00	10
дежурное	–	0,190	0,117	0,223	12
ТСП-7×18: горизонтальный	1	1,34	1,61	2,09	количество уборок 3, продолжительность одной уборки 0,497 часа
наклонный	1	1,34	1,61	2,09	
ТСГ-170	2	0,74	1,01	1,25	
САЗС-800/90 ТЭНы	2	12	0	12	потребители работают в автоматизированном режиме работы
насос	2	0,41	0,31	0,51	
ГТГ-1,5: вентилятор	2	3,76	2,92	4,77	
форсунка	2	0,59	0,44	0,73	
Облучение	–	9	5,59	10,6	5,5 часа

Сведем расчет нагрузок на вводе в таблицу 11. Как видно из таблицы 11, график нагрузок имеет максимум, который приходится на время с 6³⁰ до 11⁰⁰. Максимальное значение мощности при максимуме нагрузки составляет

$$P_{\max} = 46,44 \text{ кВт}; Q_{\max} = 13,75 \text{ квар};$$

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} = \sqrt{46,44^2 + 13,75^2} = 48,43 \text{ кВт} \cdot \text{А};$$

$$\cos \varphi_{\text{на вводе}} = \frac{46,44}{48,43} = 0,959.$$

2.5 РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕЙ СЕТИ. ВЫБОР АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ.

Внутренние сети зданий и сооружений должны отвечать целому ряду требований, а именно:

– обеспечивать бесперебойность и надежность питания электроустановок;

- требовать для своего выполнения наименьших затрат материалов;
- обеспечивать безопасность в отношении пожара, взрыва и поражения электрическим током;
- по возможности допускать замену на поврежденных участках;
- по возможности быть наглядными и доступными для обслуживания и не портящими внешний вид помещения;
- обладать достаточной прочностью и устойчивостью к механическим воздействиям.

Перед расчетом сети потребители размещаются на плане помещения, также размещаются шкафы управления и распределительные шкафы. Составляется расчетная схема силовой сети (пример такой схемы см. на рисунке 7). При расчете силовой сети производят выбор аппаратуры защиты и управления, марок кабелей, их сечения и способов прокладки.

2.5.1 Выбор аппаратуры управления и защиты

Выбор аппаратов производится по:

- номинальному напряжению;
- номинальному току;
- числу полюсов;
- защите от внешних воздействий;
- способу монтажа.

Выбранные аппараты также должны удовлетворять требованиям селективности, предельной коммутационной способности, время их срабатывания в случае возникновения аварийных ситуаций должно соответствовать требованиям ПУЭ.

В качестве аппаратов защиты чаще всего используются автоматические выключатели, предохранители и тепловые реле.

Наиболее распространенными аппаратами защиты являются автоматические выключатели и предохранители.

Плавкие предохранители выбираем по следующим условиям [47–49]:

$$U_{н.гр} \geq U_{н}, \quad (71)$$

$$I_{н.гр} \geq I_{расч}, \quad (72)$$

$$I_{в} \geq \frac{I_{пуск}}{\alpha}, \quad (73)$$

$$I_{в} \geq \frac{I_{пуск}}{\alpha} + \sum_{i=1}^m I_{нi}, \quad (74)$$

где $U_{н.гр}, U_{н}$ – соответственно номинальное напряжение предохранителя и сети, В;

$I_{н.гр}$ – номинальный ток предохранителя, А;

$I_{в}$ – ток вставки предохранителя, А;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя, А;

$I_{пуск\ нб}$ – пусковой ток электродвигателя наибольшей мощности в группе электродвигателей, А;

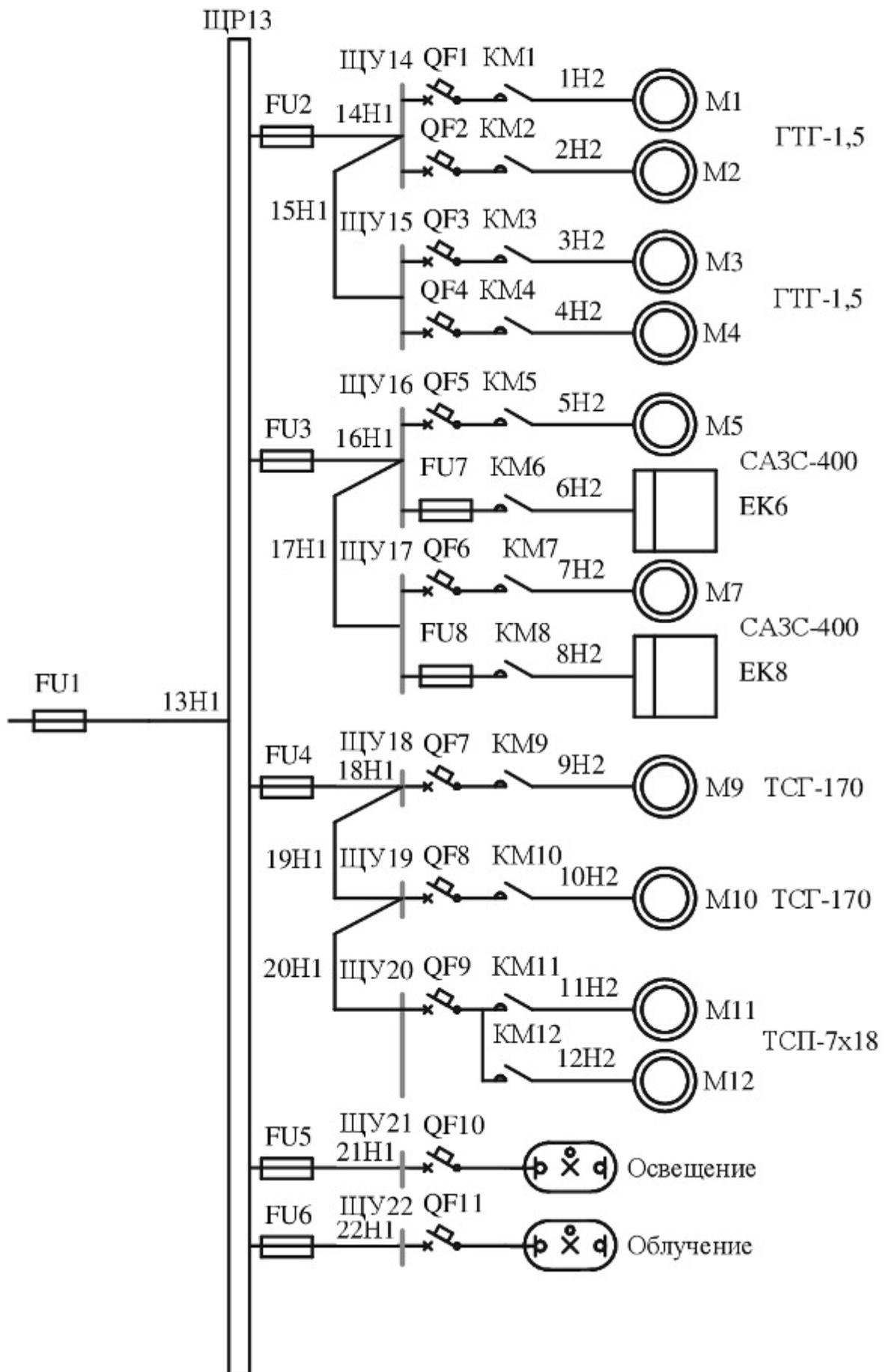


Рисунок 7 – Расчетная схема силовой сети

α – коэффициент, зависящий от условия пуска; при времени пуска 2–5 с пуск считается легким и $\alpha = 2,5$; для тяжелых условий пуска длительностью более 10 с $\alpha = 1,6–2$.

Соотношение (73) используется в том случае, если с помощью предохранителей выполняется защита одиночного двигателя, соотношение (74) – в случае защиты группы двигателей.

Для одиночных потребителей расчетный ток принимается равным

$$I_{\text{расч}} = I_{\text{н}} \text{ при коэффициенте загрузки } k_3 < 1 \text{ и}$$

$$I_{\text{расч}} = I_{\text{р max}} \text{ при коэффициенте загрузки } k_3 > 1.$$

Расчетный ток для группы электроприемников определяют исходя из условий одновременной их работы в технологическом цикле:

$$I_{\text{расч}} = \Sigma I_{\text{н } i},$$

где $\Sigma I_{\text{н } i}$ – максимальная сумма номинальных токов одновременно работающих n электроприемников, А.

Автоматические выключатели выбираются исходя из следующих условий [47–49]:

$$U_{\text{на}} \geq U_{\text{н}}, \quad (75)$$

$$I_{\text{на}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (76)$$

$$I_{\text{н.расц}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (77)$$

$$I_{\text{со}} \geq k_{\text{н}} \cdot I_{\text{max}}, \quad (78)$$

где $U_{\text{на}}$, $U_{\text{н}}$ – соответственно номинальное напряжение автоматического выключателя и сети, В;

$I_{\text{н.расц}}$ – номинальный ток расцепителя, А;

$I_{\text{со}}$ – ток срабатывания отсечки, А;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности;

I_{max} – максимальный ток в линии питающей потребителей, А.

В том случае, если автоматический выключатель защищает один электродвигатель

$$I_{\text{max}} = I_{\text{пуск}},$$

для группы электродвигателей

$$I_{\text{max}} = I_{\text{пуск нб}} + \Sigma I_{\text{н } i}.$$

Управление потребителями осуществляется магнитными пускателями. Магнитные пускатели выбираются по следующим условиям [47–49]:

- номинальному току главной цепи;
- электрическому исполнению (реверсивные, нереверсивные);
- защищенности (открытое исполнение – IP00, в оболочке – IP54);
- наличие тепловых реле (без реле, с реле);
- наличие кнопок управления и сигнальной лампы, встроенной в оболочку пускателя;
- числу контактов вспомогательной цепи;
- номинальному напряжению втягивающих катушек;
- области применения (для частых и нечастых включений);

$$U_{\text{нп}} \geq U_{\text{н}}; \quad (79)$$

$$I_{\text{н}} \geq I_{\text{расч}}. \quad (80)$$

Для пускателей с тепловыми реле должно удовлетворяться еще одно условие

$$I_{нтр} \geq I_{расч}, \quad (81)$$

Произвести выбор автоматических выключателей QF7, QF8, QF9, предохранителя FU4, магнитных пускателей KM9 – KM12. Расчетная схема изображена на рисунке 7. При выборе аппаратуры управления и защиты следует воспользоваться данными, полученными при расчете электрических нагрузок (см. пример 13).

Пример 18

Решение

При выборе автоматических выключателей воспользуемся соотношениями (75)–(78) и учтем, что коэффициент загрузки этих потребителей равен 0,5, поэтому для автоматических выключателей QF7 и QF8 расчетный ток двигателей принимаем равным номинальному значению, а максимальный ток будет равен пусковому:

$$I_{расч} = I_{нм9} = I_{нм10} = 2,85 \text{ А};$$

$$k_H \cdot I_{max} = 2,1 \cdot 17,1 = 35,92 \text{ А}.$$

Принимаем автоматический выключатель ВА47-29 3Р х-ка D $I_{на} = 63\text{А}$, $I_{нрасч} = 3 \text{ А}$, $I_{со} = 3 \cdot 14 = 42 \text{ А}$ [34].

$$63 > 2,85 \text{ А};$$

$$3 > 2,85 \text{ А};$$

$$42 > 35,92 \text{ А}.$$

Для привода транспортеров оборудования ТСП-7×18 используются двигатели АИР90L4У3 $P_n = 2,2 \text{ кВт}$; $I_n = 5,1 \text{ А}$, $k_n = 7$ [31]. Запуск двигателей оборудования ТСП-7×18 производится в следующей последовательности – с начала запускается двигатель наклонного транспортера, затем – горизонтального, поэтому

$$I_{расч} = I_{нм11} + I_{нм12} = 5,1 + 5,1 = 10,2 \text{ А};$$

$$k_H \cdot I_{max} = k_H \cdot (I_{нм12} + I_{пм11}) = 2,1 \cdot (5,1 + 5,1 \cdot 7) = 85,68 \text{ А}.$$

Принимаем автоматический выключатель ВА47-29 3Р х-ка С $I_{на} = 63\text{А}$, $I_{нрасч} = 13 \text{ А}$, $I_{со} = 13 \cdot 10 = 130 \text{ А}$ [34].

$$63 > 10,2 \text{ А};$$

$$13 > 10,2 \text{ А};$$

$$130 > 85,68 \text{ А}.$$

При выборе предохранителя FU4 воспользуемся соотношениями (71), (72), (74).

$$I_{расч} = I_{нм9} + I_{нм10} + I_{нм11} + I_{нм12} = 2,85 + 2,85 + 5,1 + 5,1 = 15,9 \text{ А}.$$

При расчете максимального тока необходимо учесть очередность запуска механизмов в технологической линии. Так как схемы управления разрабатываются таким образом, чтобы в первую очередь происходил запуск механизмов, работающих на отрезку, а затем механизмов, работающих на загрузку, то

$$I_B > (I_{HM9}/\alpha) + I_{HM10} + I_{HM11} + I_{HM12} = (17,1/2,5) + 2,85 + 5,1 + 5,1 = 19,89 \text{ А.}$$

Принимаем предохранитель ПШНИ-33 $I_{н.гр} = 160 \text{ А}$, $I_B = 25 \text{ А}$ [34].

$$160 > 15,9 \text{ А;}$$

$$25 > 19,89 \text{ А.}$$

При выборе магнитных пускателей учтем, что привод транспортеров ТСГ-170 является реверсивным.

В качестве пускателей КМ9 и КМ10 принимаем пускатели КМИ10931 $I_n = 9 \text{ А}$ с тепловым реле РТИ1308, пределы регулирования тока теплового реле $I_{н.гр} = 2,5 \dots 4$

$$9 > 2,85 \text{ А;}$$

$$4 > 2,85 \text{ А.}$$

В качестве пускателей КМ11 и КМ12 принимаем пускатели КМИ10910 $I_n = 9 \text{ А}$ с тепловым реле РТИ1310, пределы регулирования тока теплового реле $I_{н.гр} = 4 \dots 6$

$$9 > 5,1 \text{ А;}$$

$$6 > 5,1 \text{ А.}$$

Результаты выбора аппаратуры управления защиты целесообразно свести в таблицу (см. таблицу П.Д.1).

2.5.2 Выбор способов монтажа электропроводок

Способ монтажа электропроводок выбирают в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р 50571.5.52–2011 – Электроустановки низковольтные. Часть 5.52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки [59] и пунктами 2.1.31–2.1.79 ПУЭ.

Способ монтажа электропроводки в зависимости от типа используемого провода или кабеля приведен в таблице 12.

Способ монтажа электропроводки в зависимости от места прокладки должен соответствовать таблице 13.

Обозначения, принятые в таблицах 12 и 13: «+» – разрешается; «–» – не разрешается; «0» – не применяется или обычно в практике не используется.

Из данных таблиц следует, что изолированные провода разрешается прокладывать только в трубах, коробах и на изоляторах. Не допускается прокладывать изолированные провода, скрыто под штукатуркой, в бетоне, кирпичной кладке, в пустотах строительных конструкций, а также открыто по поверхности стен и потолков, на лотках, на тросах и других конструкциях.

В этих случаях должны применяться кабели или изолированные провода с защитной оболочкой.

Разрешается прокладывать несколько цепей в одной и той же трубе или коробе при условии, что все провода имеют изоляцию, рассчитанную на наивысшее номинальное напряжение проложенных в этой трубе или коробе цепей.

Таблица 12 – Рекомендации по выбору способа монтажа

Провода и кабели	Способ монтажа							
	без крепления	с непосредственным креплением	в трубах	в коробах	в специальных кабельных коробах	на лотках и кронштейнах	на изоляторах	на тропе (струне)
Неизолированные провода	–	–	–	–	–	–	+	–
Изолированные провода	–	–	+	+	+	–	+	–
изолированные провода в защитной оболочке и кабели в оболочках (в т.ч. бронированные и с минеральной изоляцией)	многожильные	+	+	+	+	+	0	+
	одножильные	0	+	+	+	+	0	+

Таблица 13 – Рекомендации по учету места прокладки

Место прокладки	Способ монтажа							
	без крепления	с непосредственным креплением	в трубах	в коробах	в специальных коробах	на лотках и кронштейнах	на изоляторах	на тропе (струне)
В пустотах строительных конструкций	+	0	+	–	+	+	–	–
В кабельных каналах	+	+	+	+	+	+	–	–
В земле	+	0	+	–	+	0	–	–
В строительных конструкциях	+	+	+	+	+	0	–	–
Открытая прокладка по строительным конструкциям	–	+	+	+	+	+	+	–
В воздухе	–	–	0	+	–	+	+	+
В воде	+	+	0	–	0	0	–	–

Для прокладки проводников в трубах размеры трубы задают величиной условного прохода, под которым подразумевают внутренний диаметр D_v , взятый с округлением.

Для определения необходимого диаметра трубы пользуются расчетными формулами, учитывающими диаметр и число прокладываемых проводов,

а также сложность прокладки проводов в трубах:

– при одном кабеле или проводе

$$D_B \geq k \cdot d; \quad (82)$$

– при двух кабелях или проводах

$$D_B \geq \frac{(d_1 + d_2) \cdot k}{2}; \quad (83)$$

– при трех или более кабелях или проводах

$$D_B \geq \sqrt{\frac{(n_1 \cdot d_1^2 + n_2 \cdot d_2^2 + \dots + n_n \cdot d_n^2)}{k}}, \quad (84)$$

где D_B – внутренний диаметр трубы, мм;

d_1, d_2, d_n – диаметры проводов или кабелей, прокладываемых в одной трубе;

k – коэффициент сложности затяжки проводов в трубы.

Коэффициент k зависит от числа кабелей или проводов в трубе и категории сложности прокладки проводов в трубах:

А – самая простая; Б – средней сложности; В – наиболее сложная.

Категории сложности прокладки проводов и кабелей в трубах приведены в таблице 14, а значения коэффициента k в таблице 15.

Таблица 14 – Категории сложности прокладки проводов и кабелей в трубах

Характеристика трассы	Длина трассы, м	Категория сложности
Простой участок	До 50 м	А
	51–75	Б
	75–100	В
Один угол 90° или два угла по 120°–150°	До 30 м	А
	31–50	Б
	51–75	В
Два угла по 90° или один угол 90° и два угла по 120°–150°	До 20 м	А
	21–30	Б
	31–50	В
Три угла по 90° или два угла по 90° и два угла по 120°–150°	До 15 м	А
	16–25	Б
	26–40	В
Четыре угла по 90° или три угла по 90° и два угла по 120°–150°	До 10 м	А
	11–20	Б
	21–30	В

Таблица 15 – Значения коэффициента k в зависимости от сложности трассы

Число кабелей или проводов в трубе	Категория сложности прокладки проводов в трубах	k
1	А	1,25
	Б	1,40
	В	1,65
2	А	2,40
	Б	2,50
	В	2,70
3 и более	А	0,45
	Б	0,40
	В	0,32

Техническая характеристика стальных труб и труб из полиэтилена высокой плотности приведена в таблицах П.Д.2 и П.Д.3.

Для выполнения проводки могут использоваться гофрированные металлические рукава. По сравнению с гладкостенными трубами гофрированные изделия обладают большей гибкостью и меньшим весом.

По способу формовки металлорукава можно классифицировать на: гофр типа «гармошка», гофр виткового типа, гофр с ПВХ покрытием.

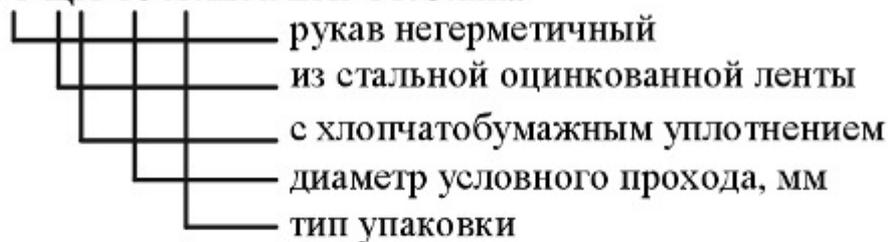
Тип «гармошка» – отличается полной герметичностью, отлично держит форму, изготавливается, как правило, из нержавеющей стали, допустимый радиус искривления до 20 диаметров рукава, имеет ограниченное применение.

Гофр виткового типа – самый распространенный рукав: применяется без ограничений как на промышленных объектах, так и в жилых помещениях; в связи со сложной конфигурацией сочленений позволяет получить прочную неразрывную трубу, которую можно гнуть на малые радиусы. К недостаткам можно отнести негерметичность.

У гофра с ПВХ покрытием поверх витковой пружины расположен рукав из поливинилхлорида. Гибкость при этом снижается, зато труба становится полностью герметичной. Прочностные характеристики неизменны: от механических воздействий защищают стальные витки. Пожарная безопасность также не снижается: в замкнутой среде распространение пламени не происходит.

В маркировке металлорукавов отражаются основные особенности их конструкции, например

РЗ-ЦХ-10 мешок EKF PROxima



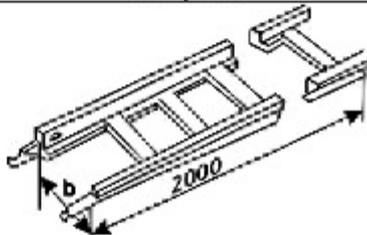
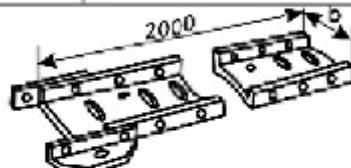
При выборе для прокладки проводов и кабелей коробов руководствуются пунктом 2.1.61 ПУЭ, в соответствии с которым в коробах провода и кабели допускается прокладывать многослойно с упорядоченным и произвольным (россыпью) расположением. Сумма сечений проводов и кабелей, рассчитанных по их наружным диаметрам, включая изоляцию и наружные оболочки, не должна превышать: для глухих коробов – 35% сечения короба, для коробов с открываемыми крышками – 40% [60].

К достоинствам коробов можно отнести следующее: они могут снабжаться легко снимаемой перегородкой, с помощью которой образуются два канала для размещения проводов и кабелей различных цепей, совместная прокладка которых не допускается; съемная крышка короба облегчает монтаж, позволяет в процессе эксплуатации легко заменять и прокладывать дополнительно новые провода и кабели.

Также могут использоваться лотки. Лотки изготавливают из перфори-

рованной стали, число проводников, прокладываемых в одном лотке, не ограничивается (таблица 16).

Таблица 16 – Характеристики стальных лотков для электропроводок

Наименование	Тип	Рисунок	мм	Вес, кг
Лоток сварной	K420 K422		400	6,4
Лоток перфорированный	K60 K61		50 105	1,6 2,4

2.5.3 Выбор проводов и кабелей внутренних силовых электропроводок

Сечения проводников силовой сети должны обеспечивать:

- достаточную механическую прочность;
- прохождение тока нагрузки без перегрева сверх допустимых температур;
- необходимые уровни напряжения у потребителей;
- срабатывание защитных аппаратов при коротких замыканиях.

Достаточная механическая прочность необходима для того, чтобы во время эксплуатации и монтажа не было чрезмерного провисания и обрывания проводов. Наименьшие допустимые сечения проводов по механической прочности составляют: для медных проводов 1 мм^2 , для алюминиевых проводов 2 мм^2 .

Провода и кабели внутренних силовых электропроводок напряжением до 1000 В должны быть выбраны таким образом, чтобы температура провода при длительном протекании рабочего тока нагрузки не была больше предельно допустимой (для проводов и кабелей с резиновой, полихлорвиниловой и пластмассовой изоляцией $t_d = +65 \text{ }^\circ\text{C}$, для кабелей с бумажной изоляцией напряжением до 3 кВ $t_d = +80 \text{ }^\circ\text{C}$). Сечение проводника также должно быть согласовано с защитой, с тем чтобы при протекании по проводнику тока, нагревающего его выше допустимой температуры, проводник был отключен защитным аппаратом (плавким предохранителем, автоматическим выключателем и т.п.).

Выбор кабелей внутренней сети производится по длительно-допустимому току. Выбор проводов и кабелей по допустимому нагреву производится исходя из следующих условий:

- по допустимому нагреванию расчетным током

$$k_1 \cdot k_2 \cdot I_d \geq I_{расч}, \quad (85)$$

– по условиям защиты сечения провода или кабеля аппаратом защиты

$$k_1 \cdot k_2 \cdot I_d \geq I_3 \cdot k_{3,a}, \quad (86)$$

где I_d – длительно допустимый ток на проводник или кабель, А;

$I_{расч}$ – расчетный ток нагрузки, А;

$I_{3,a}$ – ток защитного аппарата, А;

k_1 – поправочный коэффициент на число кабелей, лежащих рядом в земле в трубах или без труб, А;

k_2 – поправочный коэффициент на фактическую температуру среды;

$k_{3,a}$ – коэффициент защитного аппарата.

При прокладке нескольких кабелей в земле, при прокладке в трубах допустимые длительные токи должны быть уменьшены [60]. Значение поправочного коэффициента k_1 принимается в соответствии с рекомендациями ПУЭ (таблица 17).

Таблица 17 – Поправочные коэффициенты на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле в трубах или без труб

Расстояние в свету, мм	Коэффициент при числе кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Поправочный коэффициент, учитывающий фактическую температуру среды k_2 может быть определен по соотношению

$$k_2 = \sqrt{\frac{t_d - t_p}{t_d - t_r}}, \quad (87)$$

где t_d – температура жил проводов и кабелей при длительной нагрузке, $t_d=65$ °С.

Коэффициент k_2 также можно определить с учетом данных, приведенных в таблице 18.

Таблица 18 – Поправочный коэффициент на токовые нагрузки силовых кабелей в зависимости от температуры окружающей среды

Расчетная температура окружающей среды, °С	Нормированная температура на жиле, °С	Температура окружающей среды, °С									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		Поправочный коэффициент									
25	70	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67

Коэффициент защитного аппарата $k_{3,a}$ определяется с учетом следующих рекомендаций. В соответствии с ПУЭ все электрические сети делятся на две группы: защищаемые от перегрузки и токов короткого замыкания; защищаемые только от токов короткого замыкания.

Защите от перегрузки подлежат сети:

– внутри помещений, выполненные открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией;

– осветительные сети в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных зонах;

– силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, торговых предприятиях – только в случаях, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникнуть длительная перегрузка проводников;

– всех видов во взрывоопасных зонах классов В-1, В-1а, В-11, В-11а, независимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

Все остальные сети защищаются только от токов короткого замыкания. Значения коэффициента $k_{з,а}$ приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Значения коэффициентов $k_{з,а}$

Тип защитного аппарата	Сети, для которых защита от перегрузки обязательна			Сети, не требующие защиты от перегрузки
	Проводники с резиновой и аналогичной ей изоляцией		Кабели с бумажной изоляцией	
	Взрыво- и пожароопасные помещения, жилые торговые помещения и т.п.	Невзрыво- пожароопасные производственные помещения промышленных предприятий		
Номинальный ток плавкой вставки предохранителей	1,25	1,0	1,0	0,33
Ток уставки автоматического выключателя с максимальным расцепителем	1,25	1,0	1,0	0,22
Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратной зависимой от тока характеристикой	1,0	1,0	1,0	1,00
Ток трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратной зависимой от тока характеристикой при наличии на автоматическом выключателе отсечки	1,0	1,0	0,8	0,8

Основные марки кабелей, рекомендуемые для выполнения электропроводок в общественных, жилых и промышленных зданиях приведены в таблице 20.

Длительный допустимый ток для кабелей на напряжение до 1 кВ приведен в таблицах П.Д.5 и П.Д.6.

Таблица 20 – Рекомендуемые марки кабелей [61]

Марка кабеля	Наименование кабеля	Базовые нормативные документы
ВВГнг-LS	Кабель силовой с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридных композиций пониженной пожароопасности	ГОСТ 16442-80
АВВГнг-LS	То же с алюминиевыми жилами	То же
ВБбШвнг-LS	Кабель силовой с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридных композиций пониженной пожароопасности, с защитным покровом типа ББШв со шлангом из поливинилхлоридных композиций пониженной пожароопасности	То же
АВБбШвнг-LS	То же с алюминиевыми жилами	То же
КВВГнг-LS	Кабель контрольный с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридных композиций пониженной пожароопасности	ГОСТ 1508-78
КВВГЭнг-LS	То же в общем экране под оболочкой	То же
ВВГнг-FRLS	Жилы из медной проволоки, термический барьер из слюдосодержащей ленты, изоляция и оболочка из поливинилхлоридных пластикатов пониженной пожароопасности	ГОСТ 16442-80, ТУ 16.К71-322-2002
ВВГЭнг-FRLS	То же, общий экран из медной ленты или фольги под оболочкой	То же
КВВГнг-FRLS	Жилы из медной проволоки, термический барьер из слюдосодержащей ленты, изоляция и оболочка из поливинилхлоридных пластикатов пониженной пожароопасности	ГОСТ 1508-78
КВВГЭнг-FRLS	То ж, общий экран из медной ленты или фольги под оболочкой	То же

Примечание: индекс FR в марках кабелей означает огнестойкость (Fire Resistsnce); индекс LS в марках кабелей означает низкое дымо- и газовыделение (Low Smoke).

Сечение нулевого рабочего проводника N и совмещенного рEN-проводника определяется по таблице 21.

Сечения защитных проводников должны быть не менее значений, приведенных в таблице 22. Данные, приведенные в таблице 22, действительны только в том случае, если защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. В противном случае сечение защитных проводников выбирают таким образом, чтобы их проводимость была равна проводимости, получаемой в результате применения таблицы.

Таблица 21 – Сечение нулевого рабочего проводника N и совмещенного pEN-проводника

Сечение фазного проводника L	Сечение нулевого рабочего проводника N и совмещенного pEN-проводника
В однофазных двухпроводных цепях	Равно сечению фазного проводника
В многофазных цепях и однофазных трехпроводных цепях: – с медной жилой сечением 16 мм ² и менее – с алюминиевой жилой сечением 25 мм ² и менее	Равно сечению фазного проводника Равно сечению фазного проводника
В многофазных цепях с медной жилой сечением более 16 мм ² и алюминиевой жилой сечением более 25 мм ²	Нулевой рабочий проводник N или pEN-проводник могут иметь сечение меньше, чем фазный проводник при одновременном выполнении следующих условий: – нулевой проводник защищен от сверх токов; – сечение нулевого рабочего проводника N и pEN-проводника по крайней мере равно 16 мм ² для медных и 25 мм ² для алюминиевых проводников

Таблица 22 – Минимальное сечение защитных проводников S, мм², изготовленных из того же материала, что и фазные проводники [60]

Сечение фазных проводников, S, мм ²	Минимальное сечение защитных проводников S, мм ² , изготовленных из того же материала, что и фазные проводники
S < 16	S
16 < S < 35	16
S > 35	S/2

Во всех случаях сечение защитных проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее указанных в таблице 23.

Таблица 23 – Минимальное сечение защитных проводников из меди

Возможность механических повреждений	Минимальное сечение защитных проводников из меди, мм ²
При наличии защиты от механических повреждений	2,5
При отсутствии защиты от механических повреждений	4,0

В России наиболее широко применяется система заземления TN, в которой все доступные прикосновению открытые проводящие части электроустановок присоединяются к заземленной нейтральной точке источника питания посредством защитных проводников.

В стационарных установках системы TN функцию защитного и нулевого рабочего провода можно совместить в одном pEN-проводнике при условии выполнения следующих требований:

- если его сечение не менее 10 мм² по меди или 16 мм² по алюминию и

рассматриваемая часть электроустановки защищена устройствами защитного отключения, реагирующими на дифференциальные токи;

– если, начиная с какой-либо точки электроустановки, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены, запрещается объединять их за этой точкой. В точке разделения необходимо предусмотреть отдельные шины нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. рЕН-проводник, совмещающий функцию рабочего и защитного, должен подключаться к шине, предназначенной для защитного проводника.

Изоляция рЕН-проводника должна быть рассчитана на самое высокое напряжение, которое может быть к нему приложено.

Из вышеизложенного следует, что в двухпроводных сетях (фазный и рЕН-проводник) и в четырехпроводных сетях (три фазных и рЕН-проводник) системы TN минимальное сечение рЕН-проводника должно составлять 10 мм² по меди и 16 мм² по алюминию, что практически неприемлемо в групповых (осветительных и распределительных (силовых) сетях, в которых сечения в основном составляют 1,5–4 мм². Отсюда следует вывод о необходимости применения в системе TN трехпроводных при напряжении 220 В и пятипроводных при напряжении 380 В сетей с отдельным защитным проводником РЕ, сечение которого определяется по таблице 23.

Выбранные провода проверяются по потере напряжения. Потеря напряжения в % по участкам сети определяется по формуле

Выбранные провода проверяются по потере напряжения. Потеря напряжения в % по участкам сети определяется по формуле [47]

$$\Delta U_{\%} = \frac{(P_{\max} \cdot r_{уд} + Q_{\max} \cdot x_{уд}) \cdot l}{10 \cdot U_{н}^2}, \quad (88)$$

где l – длина участка, км;

$r_{уд}$, $x_{уд}$ – удельное активное и реактивное сопротивление провода, Ом/км [63] (см. таблицу П.Д.7).

Пример 19

Произвести выбор кабелей на участках 9Н2–12Н2 и 18Н1–20Н1 (см. рисунок 7) с учетом данных приведенных в таблицах П.Г.5 и П.Д.1. Протяженность участков, приведена в таблице 24.

Решение

На указанных участках принимаем кабель ВВГнг-LS. Для выбора кабелей по длительно допустимому току воспользуемся соотношениями (85) и (86).

Для участков 9Н2 и 10Н2

$$I_{расч} = 2,85 \text{ А}; I_{з.а} = 2,85 \cdot 1,2 = 3,42 \text{ А.}$$

Принимаем кабель ВВГнг 4×1,5: $r_{уд} = 14,9$ Ом/км, $x_{уд} = 0,113$ Ом/км,

$$k_1 \cdot k_2 \cdot I_d = 20 \cdot 1 \cdot 0,94 = 18,8 \text{ А.}$$

$$18,8 > 2,85 \text{ А}, 18,8 > 3,42 \cdot 0,8 = 2,73 \text{ А.}$$

Определим потерю напряжения на этом же участке сети. При протяженности участка 2 м потеря напряжения составит

$$\Delta U_{\%} = (0,74 \cdot 12,3 + 1,01 \cdot 0,126) \cdot 2 \cdot 10^{-3} / (10 \cdot 0,38^2) = 0,0128 \%$$

Для остальных участков расчет сведем в таблицу 24.

Таблица 24 – Результаты выбора проводов и кабелей для внутренней силовой сети

Участок сети	$I_{расч}$, А	Тип защиты	k_s , А	I_s , А	$k_s \cdot I_s$	Дли-на уч-ка, м	Марка провода или кабеля	r_0 , Ом /км	X_0 , Ом /км	$I_{дл}$ доп. А	ΔU , %
9Н2	2,85	ВА47-29С	0,8	3,41	2,7	2	ВВГ-нг 4×1,5	12,3	0,126	21	0,0128
10Н2	2,85	ВА47-29С	0,8	3,41	2,7	2	ВВГ-нг 4×1,5	12,3	0,126	21	0,0128
11Н2	5,1	ВА47-29С	0,8	12,24	9,79	2	ВВГ-нг 4×1,5	12,3	0,126	21	0,0231
12Н2	5,1	ВА47-29С	0,8	12,24	9,79	5	ВВГ-нг 4×1,5	12,3	0,126	21	0,0578
18Н1	15,9	ППНИ-33	0,33	25	8,25	105	ВВГнг 5×1,5	12,3	0,126	20	3,7688
19Н1	13,05	ППНИ-33	0,33	25	8,25	7	ВВГнг 5×1,5	12,3	0,126	20	0,2065
20Н1	10,2	ППНИ-33	0,33	25	8,25	7	ВВГнг 5×1,5	12,3	0,126	20	0,1618

Максимальная потеря напряжения во внутренней сети отмечается до потребителя М12, она составляет

$$\Delta U_{18Н1} + \Delta U_{19Н1} + \Delta U_{20Н1} + \Delta U_{12Н2} = 3,7688 + 0,2065 + 0,1618 + 0,0128 = 4,1499\%$$

От ввода до потребителя допустимая потеря напряжения составляет 4%.

Полученное значение больше допустимого значения. Поэтому принимаем на участках сети 18Н1, 19Н1, 20Н1 кабель большего сечения ВВГнг 5×2,5.

Пересчитаем величину потерь с учетом нового сечения

$$\Delta U_{\% 18Н1} = (4,16 \cdot 7,4 + 5,25 \cdot 0,116) \cdot 105 \cdot 10^{-3} / (10 \cdot 0,38^2) = 2,2827\%$$

$$\Delta U_{\% 19Н1} = (3,42 \cdot 7,4 + 4,23 \cdot 0,116) \cdot 7 \cdot 10^{-3} / (10 \cdot 0,38^2) = 0,1251\%$$

$$\Delta U_{\% 20Н1} = (2,68 \cdot 7,4 + 3,22 \cdot 0,116) \cdot 7 \cdot 10^{-3} / (10 \cdot 0,38^2) = 0,0979\%$$

В этом случае потеря напряжения будет равна

$$\Delta U_{18Н1} + \Delta U_{19Н1} + \Delta U_{20Н1} + \Delta U_{12Н2} = 2,2827 + 0,1251 + 0,0979 + 0,0128 = 2,5185\%$$

С учетом этих рекомендаций нормативной и справочной литературы принимаем на участках 9–12 Н2 способ монтажа – в трубах, для участка 18Н1 – в коробе, для участков 19Н1 и 20Н1 – в металлорукавах РЗ-ЦХ.

Произведем выбор труб для участков 9–12Н2. Все участки имеют категорию сложности А, количество прокладываемых кабелей – 1, на этих участках используется кабель ВВГнг 4×1,5, наружный диаметр кабеля 10 мм (см. таблицу П.Д.7). Внутренний диаметр трубы определится по соотношению (82).

$$D_b > 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ мм.}$$

Для выполнения проводки в трубах принимаем трубы стальные водогазопроводные ГОСТ 3262-77 (см. таблицу П.Д.2) с внутренним диаметром трубы 15,7 мм.

Сведем выбор требуемого диаметра трубы в таблицу 25.

Таблица 25 – Результаты выбора труб

Участок сети	Марка, кол-во кабелей	Протяженность участка, м	Категория сложности	Наружный диаметр кабеля d, мм	Соотношение для выбора труб	Теоретический внутренний диаметр трубы, мм	Внутренний диаметр, мм	Условный проход, мм
9Н2, 10Н2, 11Н2	ВВГ-нг 4×1,5	2	А	11,1	D = 1,25·d	13,88	15,7	15
12Н2	ВВГ-нг 4×1,5	5						

Выбор металлорукавов для участков 19Н1 и 20Н1 производится аналогичным образом. Эти участки выполнены кабелем ВВГнг 5×2,5, наружный диаметр кабеля 11 мм

$$D_b > 1,25 \cdot 11 = 13,75 \text{ мм.}$$

Принимаем металлорукава РЗ-ЦХ-15 с наименьшим внутренним диаметром $D_b = 13,9$ мм (см. таблицу П.Д.7).

2.6 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ. ПРОВЕРКА АППАРАТУРЫ ЗАЩИТЫ

Выбранная в пункте 2.5.1 аппаратура защиты должна соответствовать требованиям ПУЭ к допустимому времени автоматического отключения, требованиям селективности и проходить по предельно отключающей способности.

Проверка по времени срабатывания производится при возникновении минимальных токов короткого замыкания. Так как для питания сельскохозяйственных объектов используется система TN-C-S, током минимального короткого замыкания является ток однофазного короткого замыкания.

Расчет токов короткого замыкания производится в соответствии с методикой, изложенной в межгосударственном стандарте «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» [65, 66].

Начальное значение периодической составляющей тока однофазного короткого замыкания от системы $I_{по}^{(1)}$ в кА, рассчитывается по формуле [65, 66]

$$I_{по}^{(1)} = \frac{\sqrt{3}U_{ср.лн}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}}, \quad (89)$$

где $r_{1\Sigma}$ и $x_{1\Sigma}$ – соответственно суммарное активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности расчетной схемы относительно точки КЗ, мОм;

$r_{0\Sigma}$ и $x_{0\Sigma}$ – соответственно суммарное активное и индуктивное сопротивление нулевой последовательности расчетной схемы относительно точки КЗ, мОм.

При определении суммарных сопротивлений учитываются сопротивления отдельных элементов системы электроснабжения: активное и индуктивное сопротивление прямой и нулевой последовательности понижающего трансформатора, первичных обмоток трансформаторов тока, реакторов, шинпроводов, контактов и контактных соединений, кабельных и воздушных линий.

Сопротивления прямой последовательности рассчитываются по соотношениям

$$r_{1\Sigma} = r_T + r_P + r_{TA} + r_{KB} + r_{Ш} + r_K + r_{KЛ} + r_{ВЛ} + r_D, \quad (90)$$

$$X_{1\Sigma} = X_C + X_T + X_P + X_{TA} + X_{KB} + X_{Ш} + X_{KЛ} + X_{ВЛ}, \quad (91)$$

где r_T и X_T – активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности понижающего трансформатора, мОм;

r_{TA} и X_{TA} – активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности первичных обмоток трансформаторов тока; мОм;

X_C – индуктивное сопротивление системы до понижающего трансформатора, приведенное к ступени низшего напряжения, мОм;

r_P и X_P – активное и индуктивное сопротивление реакторов, мОм;

r_{KB} и X_{KB} – активное и индуктивное сопротивление токовых катушек автоматических выключателей, мОм;

$r_{Ш}$ и $X_{Ш}$ – активное и индуктивное сопротивление шинпроводов, мОм;

r_K – суммарное активное и индуктивное сопротивление различных контактов и контактных соединений, мОм;

$r_{KЛ}$ и $X_{KЛ}$ – активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности кабельных линий; мОм;

$r_{ВЛ}$ и $X_{ВЛ}$ – активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности воздушных линий, мОм;

r_D – активное сопротивление дуги в месте КЗ, мОм;

Сопротивления нулевой последовательности соответственно будут равны

$$r_{0\Sigma} = r_{0T} + r_P + r_{0TA} + r_{0KB} + r_{0Ш} + r_K + r_{0КБ} + r_{0ВЛ} + r_D, \quad (92)$$

$$X_{0\Sigma} = X_{0T} + X_P + X_{0TA} + X_{0KB} + X_{0Ш} + X_{0КБ} + X_{0ВЛ}, \quad (93)$$

где r_{0T} и X_{0T} – активное и индуктивное сопротивление нулевой последовательности понижающего трансформатора, мОм;

$r_{0Ш}$ и $X_{0Ш}$ – активное и индуктивное сопротивление нулевой последовательности шинпроводов, мОм;

$r_{0КБ}$ и $X_{0КБ}$ – активное и индуктивное сопротивление нулевой последовательности кабельных линий, мОм;

$r_{0ВЛ}$ и $X_{0ВЛ}$ – активное и индуктивное сопротивление нулевой последовательности воздушных линий, мОм.

ГОСТ 28249-93 позволяет не учитывать активное сопротивление дуги в месте КЗ и индуктивное сопротивление системы в виду их малости.

Перед расчетом составляющих выражений (90)–(93) на основании расчетной схемы силовой сети составляются расчетная схема и схемы замещения прямой и нулевой последовательности (см. рисунки 8, 9 и 10).

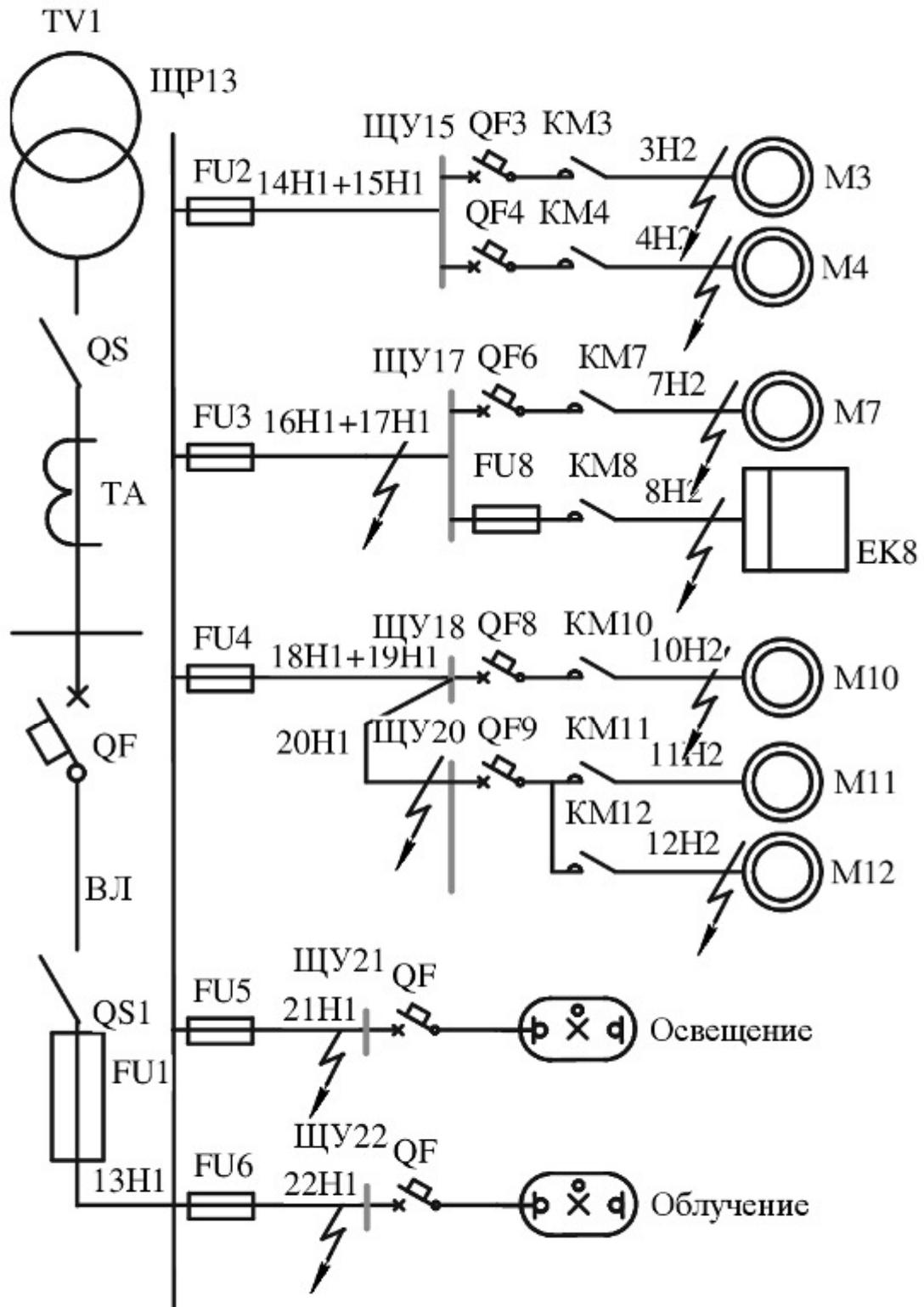


Рисунок 8 – Расчетная схема для расчета токов короткого замыкания

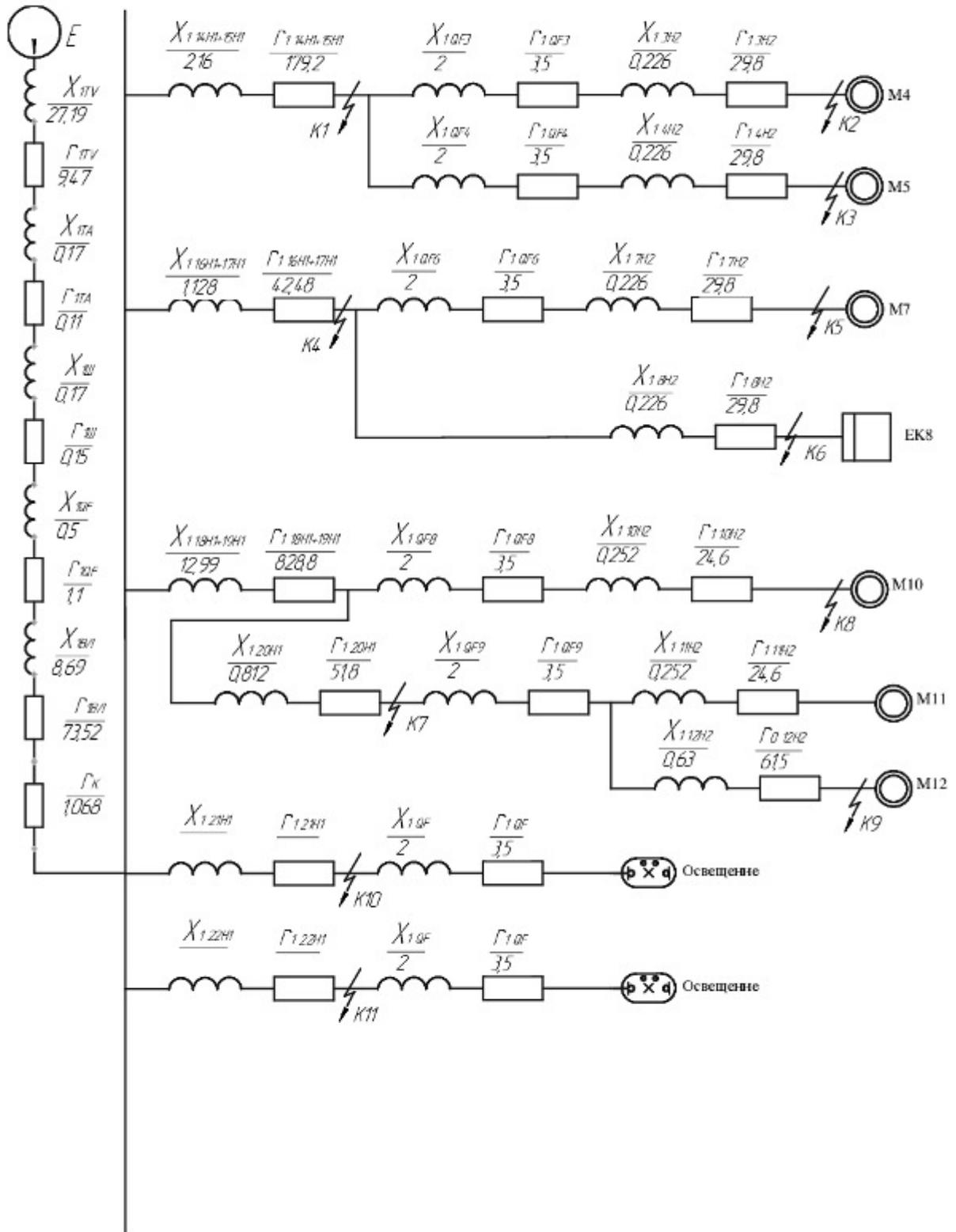


Рисунок 9 – Схема замещения прямой последовательности

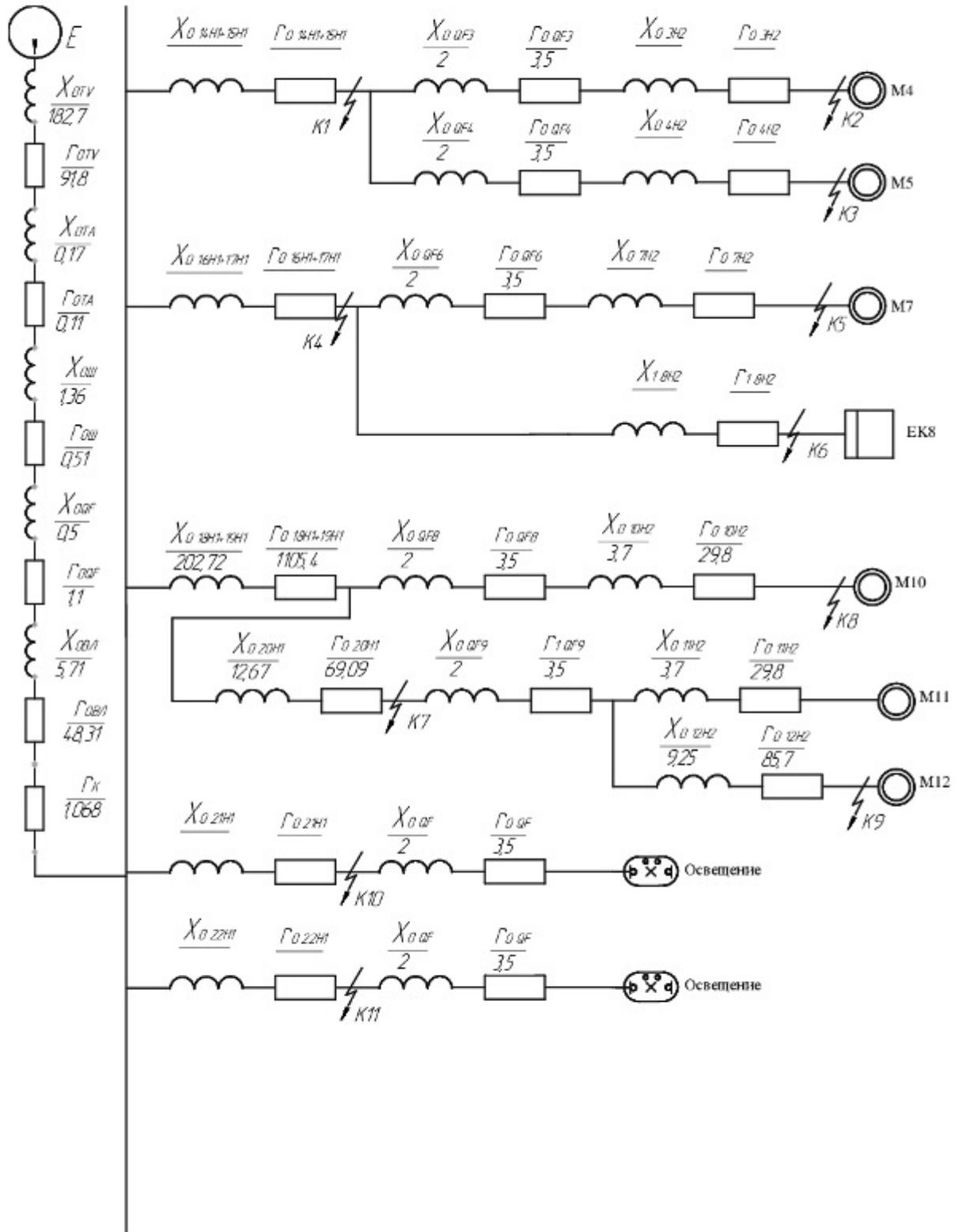


Рисунок 10 – Схема замещения прямой последовательности

На рисунке 8 показаны точки для расчета токов однофазного короткого замыкания. На схемах замещения элементы расчетной схемы заменяются активными и индуктивными сопротивлениями, буквенное обозначение которых соответствует буквенному обозначению элементов на расчетной схеме, размещается в числителе, в знаменателе указывается значение сопротивления элемента в мОм.

Приведенные к ступени низшего напряжения сети активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности понижающих трансформаторов r_T и x_T , мОм, рассчитываются по формулам [65, 66]

$$r_T = \frac{P_{K\text{НОМ}} \cdot U_{\text{НИНОМ}}^2}{S_{T\text{НОМ}}^2} \cdot 10^6; \quad (94)$$

$$x_T = \sqrt{U_K^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{K\text{НОМ}}}{S_{T\text{НОМ}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НИНОМ}}^2}{S_{T\text{НОМ}}} \cdot 10^4, \quad (95)$$

где $P_{K\text{НОМ}}$ – потери короткого замыкания в трансформаторе, кВт;

$S_{T\text{НОМ}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{\text{НИНОМ}}$ – номинальное напряжение обмотки низшего напряжения трансформатора, кВ;

U_K – напряжение короткого замыкания трансформатора, %.

Активные и индуктивные сопротивления нулевой последовательности понижающих трансформаторов, приведенные к ступени низшего напряжения сети, с учетом поправочных коэффициентов K_R и K_X рассчитываются по соотношениям

$$r_{0T} = 10r_{1T} \cdot K_R, \quad (96)$$

$$x_{0T} = 7x_{1T} \cdot K_X, \quad (97)$$

где K_R , K_X – поправочные коэффициенты, зависящие от числа заземлений.

Шинопроводы выбираются по номинальному току, их активное и индуктивное сопротивление принимаются с учетом данных, приведенных в стандарте (см. таблица 3 [65]).

Активное и индуктивное сопротивление нулевой последовательности фазы шинопровода ориентировочно рассчитываются по соотношениям

$$r_{0ш} = r_{1ш} + 3 \cdot r_{1п}, \quad (98)$$

$$x_{0ш} = (7,5 \dots 9,4) \cdot x_{1ш}, \quad (99)$$

где $r_{1п}$ – активное сопротивление нулевой последовательности, мОм.

При расчете активных и индуктивных сопротивлений воздушной и кабельных линий учитываются удельные значения сопротивлений и протяженность соответствующих участков.

Для проверки аппаратов по предельно отключающей способности рассчитывается максимальный ток, ток трехфазного короткого замыкания, в точке, расположенной сразу за аппаратом защиты. В случае трехфазного короткого замыкания то в нулевом проводнике будет отсутствовать, поэтому [65, 66]

$$I^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ли}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}}, \quad (100)$$

где $R_{1\Sigma}$ и $X_{1\Sigma}$ – соответственно суммарное активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности в точке, расположенной за аппаратом защиты, мОм;

Полученное значение тока сравнивается с предельной коммутирующей способностью аппарата.

Пример 20

Необходимо проверить по времени срабатывания предохранитель FU4 при возникновении однофазного короткого замыкания у щита ЩУ16.

Электроснабжение объекта осуществляется от трансформаторной подстанции $S = 250$ кВ·А; тип шинпровода ШРА-73; для подключения измерительной аппаратуры используются трансформаторы тока 400/5 с $r_{\text{ТА}} = 0,11$ мОм и $x_{\text{ТА}} = 0,17$ мОм; номинальный ток автоматического выключателя на отходящей линии на подстанции $I_{\text{н}} = 200$ А $r_{\text{КВ}} = 1,1$ мОм и $x_{\text{КВ}} = 0,5$ мОм, воздушная линия выполнена проводом СИП $3 \times 50 + 1 \times 50$, протяженность воздушной линии $l = 70$ м; количество повторных заземлений – 4.

Решение

Произведем расчет сопротивлений для элементов петли.

$$r_{\text{T}} = \frac{3,7 \cdot 0,4^2}{250^2} \cdot 10^6 = 9,47 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{T}} = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 3,7}{250}\right)^2} \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^4 = 27,19 \text{ мОм.}$$

При количестве заземлений 4 $K_{\text{R}} = 0,97$, $K_{\text{X}} = 0,96$

$$r_{0\text{T}} = 10 \cdot 9,47 \cdot 0,97 = 91,8 \text{ мОм;}$$

$$x_{0\text{T}} = 7 \cdot 27,19 \cdot 0,96 = 182,7 \text{ мОм;}$$

Активное и индуктивное сопротивление шинпровода будет равно

$$r_{\text{Ш}} = 0,15 \cdot 1 = 0,15 \text{ мОм; } x_{\text{Ш}} = 0,17 \cdot 1 = 0,17 \text{ мОм,}$$

Для определения активного и индуктивного сопротивлений нулевой последовательности фазы шинпровода воспользуемся соотношениями (98) и (99)

$$r_{0\text{ш}} = 0,15 + 3 \cdot 0,12 = 0,51 \text{ мОм, } x_{0\text{ш}} = 8 \cdot 0,17 = 1,36 \text{ мОм,}$$

Активное и индуктивное сопротивления воздушной линии будут равны

$$r_{\text{ВЛ}} = 0,641 \cdot 70 + 1,91 \cdot 15 = 73,52 \text{ мОм;}$$

$$x_{\text{ВЛ}} = 0,101 \cdot 70 + 0,108 \cdot 15 = 8,69 \text{ мОм.}$$

$$r_{0\text{ВЛ}} = (0,493 \cdot 70 + 1,38 \cdot 15) \cdot 0,96 = 53 \text{ мОм;}$$

$$x_{0\text{ВЛ}} = (0,071 \cdot 70 + 0,074 \cdot 15) \cdot 0,93 = 6,08 \text{ мОм.}$$

Активное и индуктивное сопротивление кабелей прямой последовательности

$$- 18-20\text{Н1 } r_{1\ 18-20\text{Н1}} = 7,4 \cdot 119 = 880,6 \text{ мОм; } x_{1\ 18-20\text{Н1}} = 0,116 \cdot 119 = 13,80 \text{ мОм.}$$

Активное и индуктивное сопротивление кабелей нулевой последовательности

$$- 18-20Н1 \quad r_{0 \ 18-20Н1} = 9,87 \cdot 119 = 1174,5 \text{ мОм}; \quad x_{0 \ 11Н1} = 1,81 \cdot 119 = 215,4 \text{ мОм}.$$

Активное и индуктивное сопротивление болтовых соединений и контактов коммутационных аппаратов

$$r_K = 0,006 \cdot 4 + 0,2 + 0,5 + 0,043 \cdot 4 \cdot 2 = 1,068 \text{ мОм}.$$

Суммарные сопротивления относительно точки короткого замыкания

$$r_{1\Sigma} = 9,47 + 0 + 0,11 + 1,1 + 0,15 + 1,068 + 880,6 + 73,52 + 0 = 966,0 \text{ мОм};$$

$$x_{1\Sigma} = 0 + 27,19 + 0 + 0,17 + 0,5 + 0,17 + 13,8 + 8,69 = 50,52 \text{ мОм}.$$

$$r_{0\Sigma} = 91,8 + 0 + 0,11 + 1,1 + 0,51 + 1,068 + 1174,5 + 53 + 0 = 1322,1 \text{ мОм};$$

$$x_{0\Sigma} = 182,7 + 0 + 0,17 + 0,5 + 1,36 + 215,4 + 6,08 = 406,21 \text{ мОм}.$$

$$I_{\text{по}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 966,0 + 1322,1)^2 + (2 \cdot 50,52 + 406,21)^2}} = 0,210 \text{ кА},$$

здесь защита линии осуществляется предохранителем ППНИ-33 $I_{н \ в} = 25 \text{ А}$, $t_c = 0,1 \text{ с}$ [53].

Предельно допустимое время защитного отключения для системы TN в помещениях для содержания животных (см. таблицу П.Е.1) при номинальном фазном напряжении 220 В равно 0,2 с [60]. Таким образом,

$$0,2 > 0,1,$$

выбранный предохранитель проходит по допустимому времени защитного отключения.

Рассчитаем ток трехфазного короткого замыкания. Для этого воспользуемся соотношением (100)

$$I^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{85,42^2 + 36,72^2}} = 2,487 \text{ кА}.$$

Предельно отключающая способность для предохранителей ППНИ-33 составляет 50 кА [53]. Таким образом, выбранная аппаратура проходит и по предельно отключающей способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газалов, В.С. Светотехника и электротехнология. Часть 1. Светотехника: учебное пособие / В.С. Газалов. – Ростов-на-Дону: ООО «Терра», 2004. – 344 с.
2. Проектирование систем электрификации. Методические указания к курсовому проекту (раздел «Проектирование системы освещения») / Сост. В.С. Газалов, Л.П. Щербаева, Э.В. Гладкая. – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 87 с.
3. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
4. Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений. ОСН-АПК 2.10.24.001-04 [Электронный ресурс]. – Москва. – 2004. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46692/>.
5. ГОСТР 59294 – 2021. Источники света, осветительные приборы и системы искусственного освещения (Показатели энергоэффективности и требования).
6. Номенклатурный каталог изделий ОАО «Ардатовский светотехнический завод». – п. Тургенево, 2024. – 224 с.
7. Номенклатурный каталог изделий ОАО «Ардатовский светотехнический завод». – п. Тургенево, 2025. – 283 с.
8. Газалов, В. С. Динамические системы освещения в помещениях для сельскохозяйственных животных / В. С. Газалов, Е. А. Шабаев, М. М. Романовец // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 2(42). – С. 80-86. – EDN XTQRCSX.
9. Юдаев, И. В. Исследование светодиодного светильника для систем локального освещения в области АПК / И. В. Юдаев, Е. А. Шабаев, М. М. Романовец // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 376-387. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-03-40. – EDN NGGQDQ.
10. Газалов, В. С. Моделирование процесса нагрева радиатора, применяемого для охлаждения светодиода / В. С. Газалов, Е. А. Шабаев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12, № 3(62). – С. 62-70. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.3.62. – EDN SQOKDD.
11. Шабаев, Е. А. Разработка системы светодиодного освещения в птичнике с клеточным содержанием птицы / Е. А. Шабаев, А. С. Касьянов // Вестник аграрной науки Дона. – 2011. – № 4(16). – С. 15-21. – EDN RDWVZB.
12. Шабаев, Е. А. Цифровая система динамического локального освещения клеток для содержания сельскохозяйственной птицы / Е. А. Шабаев, М. М. Романовец // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 1(46). – С. 26-30. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-1-26-30. – EDN USQELH.
13. Шабаев, Е. А. Обоснование конструкции компактного светодиодно-

го светильника системы локального освещения клеток для содержания птицы / Е. А. Шабаев, М. М. Романовец, С. А. Сагунов // АгроЭкоИнфо. – 2019. – № 4(38). – С. 33. – EDN SMJRDL.

14. Юдаев, И. В. Расчет электротермических процессов и оборудования: учебное пособие / И.В. Юдаев, С.В. Машков, М.Р. Фатхутдинов. – Самара: СамГАУ, 2018. – 218 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book>.

15. Газалов, В. С. Электротехнология : Учебное пособие / В. С. Газалов, В. Н. Беленов. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственной аграрный университет" в г. Зернограде, 2016. – 197 с. – EDN GQGQLP.

16. Чеба, Б.П. Светотехника и Электротехнология. Часть 2. Электротехнология: методическое пособие к курсовому проектированию. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2014. – 79 с.

17. Мишуров, Н.П. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях: научный аналитич. обзор / Н.П. Мишуров, Т.Н. Кузьмина. – М.: Росинформагротех, 2004. – 93 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.studmed.ru/view/mishurov-np-kuzmina-tn-energoberegayuschee-oborudovanie-dlya-obespecheniya-mikroklimata-v-zhivotnovodcheskih-kompleksah_0fdde068a5f.html.

18. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства / Под ред. В.В. Нунгезера, Ю.Ф. Лачуги, В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – Ч. II. – 2011. – 492 с.

19. РД-АПК 1.10.02.04-12 «Методические рекомендации по технологическому проектированию свиноводческих ферм и комплексов».

20. РД-АПК 1.10.01.02-10 «Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота».

21. НТП-АПК 1.10.03.001-00. Нормы технологического проектирования овцеводческих предприятий.

22. НТП-АПК 1.10.05.001-01. Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий

23. РД-АПК 1.10.05.04-13 «Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий».

24. НПО ТЕПЛОВЕЙ – отечественный производитель систем воздушного отопления, вентиляции и полимерных рекуператоров [Электронный ресурс]. – URL: <https://teplovey.ru/>.

25. Котельное оборудование, теплоэнергетическое оборудование - ООО ТД «Перловский» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.td-p.ru/teplogenerator/>.

26. Опыт реконструкции свиноводческих предприятий. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 56 с.

27. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 года / Ю. А. Иванов, Н. М. Морозов, Л. М. Цой [и др.] ; Российская академия сельскохозяйствен-

ных наук, Отделение механизации, электрификации и автоматизации, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации животноводства (ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии). – Подольск: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства РАСХН, 2009. – 85 с.

28. Рекомендации по реконструкции свиноводческих комплексов и ферм. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 216 с.

29. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / И.И. Гируцкий; Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – Москва, 2008. – 31 с.

30. Гируцкий, И.И. Энергоэффективность инфокоммуникационных технологий управления раздачей кормов сельскохозяйственных животных / Гируцкий И.И., Сеньков А.Г. В сборнике: Интеллектуальные технологии и техника в АПК: материалы Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 351–358.

31. Механизация животноводства: учебное пособие / В.П. Коваленко, В.Ю. Фролов, Т.А. Сторожук, Д.П. Сысоев. – Краснодар, 2012. – 192 с.

32. Сельскохозяйственная техника: Кат. Т. 4. Техника для животноводства. – М.: ФГНУ С29 «Росинформагротех», 2008. – 336 с.

33. Справочник инженера-электрика сельскохозяйственного производства: учебное пособие. – М.: Информагротех, 1999. – 536 с.

34. Dryrapid. Высокопроизводительная система транспортировки сухого корма [Электронный ресурс]. – URL: <https://cdn.bigdutchman.ru/fileadmin/content/pig/products/ru/pig-production-dry-feeding-DryRapid-Big-Dutchman-ru.pdf>.

35. Кузьмина, Т.Н. Тенденции развития оборудования для раздачи кормов пороссятам-отъемышам / Т.Н. Кузьмина // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2017. – № 3 (27). – С. 83–90.

36. Никитенко, Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение сельского хозяйства. Дипломное проектирование: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г.В. Никитенко, Е.В. Коношлев. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 316 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/169265>.

37. Газалов, В.С. Лабораторный практикум по дисциплине «Облучение в сельскохозяйственном производстве» / В.С. Газалов, Н.Е. Пономарева, В.Н. Беленов. – Зерноград, ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 159 с.

38. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Применение оптического излучения в АПК» [Электронный ресурс] / В.С. Газалов, Н.Е. Пономарева, В.Н. Беленов, Е.А. Шабаев. – Зерноград: АЧИИ ФГБОУ ВО ДГАУ, 2018. – 38 с. – Режим доступа: Локальная сеть библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ.

39. Газалов, В. С. Оценка посевных качеств семян ярового ячменя сорта "Ратник" после обработки оптическим излучением / В. С. Газалов, К. Н. Буханцов, Н. Е. Пономарева // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение для инновационного развития агропромышленного комплекса: Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции, зерноград, 27–28 мая 2010 года. – Зерноград: Государственное научное учреждение Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук, 2010. – С. 180-183. – EDN RCNCDR.

40. Газалов, В. С. Регрессионная модель процесса комбинированной предпосевной обработки ячменя "Ратник" оптическим излучением и химическим протравителем / В. С. Газалов, А. В. Брагинец, Н. Е. Пономарева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 119. – С. 466-476. – EDN WAFKTD.

41. Исследования влияния ультрафиолетового излучения на посевные качества семян томатов сорта "Розовый новичок" / Н. Е. Пономарева, Г. В. Степанчук, Н. Н. Яковенко, Д. В. Краснова // Вестник АПК Ставрополья. – 2016. – № 1(21). – С. 29-32. – EDN VSCVJD.

42. Газалов, В. С. Оптическая система предпосевной обработки семян / В. С. Газалов, Н. Е. Пономарева, В. Н. Беленов // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 3(43). – С. 21-30. – EDN YOIHFR.

43. Влияние дозы ультрафиолетового излучения на посевные качества семян ячменя / Н. Е. Пономарева, Н. Н. Грачева, В. Н. Беленов, А. Д. Коваленко // Сельский механизатор. – 2023. – № 9. – С. 32-33. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-8-32-33-40. – EDN KZXORN.

44. Симонова, Н.П. Биологическое обоснование применения ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных животных и птицы в зоне приамурья: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – М., 1996. – 35 с.

45. Сытник, Д.А. Санитарно-бактериологические исследования воздушной среды животноводческих помещений и контроль качества дезинфекции: диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук. – Ставрополь, 2016. – 118 с.

46. Облучатель бактерицидный передвижной «Светолит Аэро-50» [Электронный ресурс]. Паспорт. Москва. – 2011. – URL: <http://www.bakt.ru/combined/svetolit-aero/pasport-svetolit-aero-50.pdf>.

47. Пономарева, Н.Е. Электрификация процессов в АПК. Методические указания к курсовому проекту / Н.Е. Пономарева, Е.А. Шабаев, В.Н. Беленов. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022. – 99 с.

48. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Проектирование систем электрификации»: учебное пособие / Г.П. Прекотий, В.С. Газалов, Г.А. Султанов, Л.П. Щербасева. – Краснодар: ООО «КРОН», 2008. – 97 с.

49. Электропривод: практикум / Е.А. Шабаев, Н.Е. Пономарева, Д.М. Таранов и др. – зерноград: АЧГАА, 2013. – 94 с.

50. Пономарева, Н.Е. Электрический привод. Выбор электродвигателей для привода сельскохозяйственных машин: методические указания к курсовой работе / Н.Е. Пономарева, Е.А. Шабаев. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО ДОНСКОЙ ГАУ, 2019. – 74 с.

51. Общепромышленные электродвигатели АИР [Электронный ресурс]. – URL: https://en22.ru/upload/Vemper_Electrodv_Catalog.pdf.

52. Владимирский электромоторный завод. Технический каталог. Асинхронные двигатели мощностью до 315 кВт [Электронный ресурс]. – 113 с. – URL: <http://vemz.nt-rt.ru/>.

53. Газалов, В. С. Использование импульсного излучения для борьбы с болезнями садовых растений / В. С. Газалов, В. Н. Беленов // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию образования Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии, Волгоград, 02–04 февраля 2004 года / Министерство сельского хозяйства РФ, Департамент кадровой политики и образования; Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. – Волгоград: Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. – С. 159-160. – EDN VNDPIL.

54. Газалов, В. С. Компоновка светодиодных излучателей установок защиты растений с учетом аддитивности компонентов цвета / В. С. Газалов, В. Н. Беленов, А. Ю. Евдокимов // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 2(10). – С. 101-105. – EDN QZQWFZ.

55. Газалов, В. С. Применение импульсного излучения лампы ИФК-120 для защиты яблок от мучнистой росы / В. С. Газалов, В. Н. Беленов // Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве. – 2004. – Т. 1, № 4. – С. 42-45. – EDN RYMYQL.

56. Газалов, В. С. Влияние частоты импульсного инфракрасного излучения на пораженность плодов яблони паршой / В. С. Газалов, В. Н. Беленов // Проблемы развития энергетики в условиях производственных преобразований : Научные труды по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию факультета "Электрификации и автоматизации сельского хозяйства" и 25-летию кафедры "Электротехнология сельскохозяйственного производства", Ижевск, 24–25 декабря 2003 года / Редакционная коллегия: Шмигель В.Н., Носков В.А., Фокин В.В., Лекомцев П.Л., Кочетков Н.П., Ниязов А.М.. Том 1. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. – С. 34-36. – EDN RZNBXP.

57. Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38–110 кВ сельскохозяйственного назначения. [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817286.pdf>.

58. Каталог на низковольтное оборудование фирмы ИЕК. – 410 с.

59. ГОСТ Р 50571.5.52–2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5.52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки». Стандартинформ, 2013. – 72 с.

60. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., с изм. и доп. – М.: КНОРУС, 2014. – 488 с.

61. Новые марки кабелей для выполнения электропроводок в общественных, жилых и промышленных зданиях / Справочные материалы // Светотехника. – 2006. – № 4. – С. 37–41.

62. ГОСТ Р 50571.5.54–2013. Электроустановки низковольтные. Часть 5.54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108284/>.

63. Кабели ВВГнг [Электронный ресурс]. – URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/vvgng/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/vvgng/).

64. ГОСТ Р 54149–2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва: Стандартинформ. – 2012. – 16 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084639>.

65. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Минск: Стандартинформ. – 2006. – 42 с.

66. Юндин, М.А. Токовая защита электроустановок: учебное пособие / М.А. Юндин. – 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 288 с.

67. ETIM Каталог Электротехническая продукция [Электронный ресурс] // Каталог продукции компании EKF. – URL: <https://etim.ekfgroup.com/>.

68. ГОСТ 21.608-2021. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения. – М.: Стандартинформ. – 2022. – 15 с.

69. ГОСТ 21.210–2014. Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах. – М.: Стандартинформ. – 2019. – 15 с.

70. ГОСТ 21608–2014. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования. – М.: Стандартинформ. – 2015. – 20 с.

71. ГОСТ 21.613–2014. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения. – М.: Стандартинформ. – 2015. – 20 с.

72. ГОСТ Р 56303-2014. Оперативно-диспетчерское управление. Нормальные схемы электрических соединений объектов электроэнергетики. – М.: Стандартинформ. – 2015. – 19 с.

73. ГОСТ 2.755-87. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные и графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения. – М.: Стандартинформ. – 1988. – 11 с.

74. ГОСТ 2.702-2011. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. – М.: Стандартинформ. – 2011. – 23 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.А.1 – Условные обозначения технических характеристик

Номинальное напряжение, В Частота питающей сети 50 Гц		Класс защиты I от поражения электрическим током (знак заземления)	
Номинальное напряжение постоянного тока, В		Класс защиты II от поражения электрическим током	
Номинальное напряжение переменного/постоянного тока, В		Класс защиты III от поражения электрическим током	
Степень защиты светильника в максимальной комплектации		Класс энергоэффективности	
Светодиодная лампа E27		Индекс цветопередачи	
Трубчатая светодиодная лампа T8 G13		Коррелированная цветовая температура, К	
Лампа накаливания E27		Google Play Store (мобильное приложение)	
Компактная люминесцентная лампа E27		Apple App Store (мобильное приложение)	
Компактная люминесцентная лампа 2G11		Работа прибора в UV диапазоне средневолновой (280 – 315) нм	
Трубчатая люминесцентная лампа T5 G5		Работа прибора в UV диапазоне коротковолновой (100 – 280) нм	
Трубчатая лампа T8 G13		Климатическое исполнение по категория размещения по ГОСТ 15150-69	
Дуговая натриевая трубчатая лампа E40		Рабочий диапазон температур воздуха при эксплуатации	
Дуговая натриевая зеркальная лампа E40		Класс пожарной опасности	
Дуговая натриевая трубчатая лампа K12x30s		Взрывозащищенный	
Особое применение (офис)		Особое применение (школа)	
Особое применение (спортзал)		Особое применение (больница)	
Особое применение (супермаркет)		Особое применение (ЖКХ)	
Защитный угол, не менее		Световая отдача, лм/Вт	

Таблица П.А.2 – Техническая характеристика светодиодных светильников
ДСП44 Flagman F

Наименование	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
ДСП44-19-002 Flagman F	19	2100	111
ДСП44-19-042 Flagman F	19	1716	85
ДСП44-19-003 Flagman F	19	2100	111
ДСП44-19-043 Flagman F	19	1716	85
ДСП44-19-005 Flagman F	19	1620	85
ДСП44-19-045 Flagman F	19	1312	69
ДСП44-38-003 Flagman F	32	3587	112
ДСП44-38-043 Flagman F	35	3600	113
ДСП44-38-005 Flagman F	32	2735	85
ДСП44-38-043 Flagman F	35	2750	86
ДСП44-48-003 Flagman F	40	4450	111
ДСП44-48-043 Flagman F	41	4277	104
ДСП44-48-005 Flagman F	40	3377	85
ДСП44-48-043 Flagman F	41	3243	79
ДСП44-76-003 Flagman F	64	7055	110
ДСП44-76-043 Flagman F	65	6657	102
ДСП44-76-005 Flagman F	64	5297	83
ДСП44-76-043 Flagman F	65	5835	89

Таблица П.А.3.1 – Техническая характеристика светодиодных ламп
(бренд Navigator)

Обозначение лампы	Мощность, Вт	Цветовая температура, К	Цоколь	Световой поток, лм
NLL-A60(55)-7-230	7	2700/4000	E-27	525/560
NLL-A60(55)-10-230	10	2700/4000	E-27	800
NLL-A60-12-230	12	2700/4000	E-27	900/1000
NLL-A60-13-230	13	2700/4000	E-27	1300
NLL-A60-15-230	15	2700/4000	E-27	1500
NLL-A60 (A70)-15-230	15	2700	E-27	1125
NLL-A70-20-230	20	4000/6500	E-27	1600
NLL-T75-25-230-840	25	4000 (840)	E-27	2000
NLL-T105-45-230-840- E40	45	4000 (840)	E-40	4000

Примечание: При выборе источника света (лампы) в маркировке лампы обязательно указывается значение цветовой температуры, (например, произведен выбор с цветовой температурой 4000 К, следовательно, тип источника записывается: NLL-A60(55)-7-230-4К-E27).

Таблица П.А.3.2 – Техническая характеристика светодиодных ламп
(бренд IEK)

Обозначение лампы	Мощность, Вт	Цветовая температура, К	Цоколь	Световой поток, лм
Лампа светодиодная А60 группа 7 Вт	7	3000/4000/6500	E-27	700
Лампа светодиодная ALFA А60 группа 8Вт	8	3000/4000	E-27	720
Лампа светодиодная А60 группа 9 Вт	9	3000/4000/6500	E-27	900
Лампа светодиодная ALFA А60 группа 10Вт	10	3000/4000		
Лампа светодиодная А60 группа 11 Вт	11	3000/4000/6500	E-27	1100
Лампа светодиодная А60 группа 13 Вт	13	3000/4000/6500	E-27	1300
Лампа светодиодная ALFA А60 группа 15Вт	15	3000/4000	E-27	1350
Лампа светодиодная А60 группа 15 Вт	15	3000/4000/6500	E-27	1500
Лампа светодиодная А70 группа 20 Вт	20	3000/4000/6500	E-27	2000
Лампа светодиодная А80 группа 25 Вт	25	3000/4000/6500	E-27	2500

Таблица П.А.3.3 – Техническая характеристика компактных люминесцентных ламп фирмы Nakai

Обозначение лампы	Мощность, Вт	Цветовая температура	Цоколь	Световой поток, лм
NE 2U	5	833/845/864	E-27	220
NE 2U	7	833/845/864	E-27	300
NE 2U	9	833/845/864	E-27	450
NE 2U	11	833/845/864	E-27	600
NE 2U	13	833/845/864	E-27	720
NE 2U	15	833/845/864	E-27	800
NE 2U	18	833/845/864	E-27	980
NE 2U	20	833/845/864	E-27	1100
NE 3U	23	833/845/864	E-27	1265
NE 3U	25	833/845/864	E-27	1375
NE 4U	30	833/845/864	E-27	1600
NE 4U Prof	36	833/845/864	E-27	2000
NE 4U Prof	60	833/845/864	E-27	3200
NE 4U Prof	80	833/845/864	E-27	4200
NE 4U Prof	100	833/845/864	E-27	5200
NE 4U Prof	120	833/845/864	E-27	6300

Таблица П.А.3.4 – Техническая характеристика светодиодных ламп
(бренд Osram)

Обозначение лампы	Мощность, Вт	Цветовая температура, К	Цоколь	Световой поток, лм
LSCLA60 7W 230VFR	7	2700 (827)/ 4000 (840)	E-27	600
LEDSCLA75 8.5W 230VFR	8,5 (9)	2700 (827)/ 4000 (840)	E-27	806
LED Value LVCLP75 10SW 230B	10	3000 (830)/ 4000 (840)	E-27	800
LED Antibacterial LCCLA75 10W	10	4000 (840)	E-27	1055
LEDSCLA150 13(14)W 230VFR	13 (14)	4000 (840)	E-27	1521
LED Value LVCLA150 20SW 230B	20	3000 (830)/ 4000 (840)	E-27	1600
LVCLA200 25SW 230VFR	25	3000 (830)	E-27	2000
LVCLA250 30SW 230VFR	30	3000 (830)/ 6500 (865)	E-27	2400
LED HW 40W 230V	40	4000 (840)	E-27	4000
LED HW 50W 230V	50	4000 (840)	E-27	5000

Примечание: При выборе источника света (лампы) в маркировке лампы обязательно указывается значение цветовой температуры, (например, произведен выбор с цветовой температурой 3000 К, следовательно, тип источника записывается: LVCLA150 20SW/830 230 В E27).

Таблица П.А.4 – Светотехническая ведомость

№ по плану	Наименование помещения	Габаритные размеры помещения (длина × ширина × высота)	Категория помещения по условиям окружающей среды	Коэффициенты отражения $\rho_n, \rho_c, \rho_p, \rho_s$ %	Вид освещения	Система освещения	Нормируемая освещенность, лк	Поверхность в которой нормируется освещенность	Данные светильников		Данные источников света (тип и мощность, Вт)	Данные розеток		Установленная мощность, Вт
									тип	число		тип	число	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Помещение для содержания животных	76×21×3,3	сырое	50×30×10	Рабочее + дежурное	Общее равномерное		Г-0	ДСП44-19-002	90	19	-	-	1710
						50×30×10	50							
2	Помещение для водонагревателя	3,5×2,4×3,3	влажное	50×30×10	Рабочее	Общее равномерное	20	Г-0	НСП11-200-231	1	36-864	-	-	36
3	Инвентарная	3,5×2,4×3,3	влажное	50×30×10	Рабочее	Общее равномерное	50	Г-0	НСП11-200-231	5	60-864	PC10-134	1	1300
4	Тамбур	21×3×3,3	сухое	50×30×10	Рабочее	Общее равномерное	50	Г-0	НСП11-200-231	5	60-864	PC10-134	1	1300

Приложение П Б
Таблица П.Б.1 – Нормы температуры, влажности, содержания углекислого газа и скорости движения воздуха в помещениях животноводческих ферм

П о м е щ е н и я	Система содержания животных	Температура воздуха внутри помещения, °С		Скорость движения воздуха, м/с		Относительная влажность воздуха, %	Содержание углекислого газа, л/м ³
		расчетная	минимальная	оптимальная	максимальная		
Коровники и здания для молодняка молочных пород всех возрастов; помещения для растений и содержания после растения мясных пород	Беспривязная на глубокой подстилке	3	0	0,5	1	85	2,5...3
		10	8	0,5	1	70	2,5...3
Коровники и здания для откорма молодняка и скота	привязная	10	8	0,3	0,5	70	2,5
Родильное отделение		10	5	0,5	1	70	2,5
Дольно-молочное отделение	"	15	12	0,3	0,5	70	2,5
Пункт искусственного осеменения	"	18	18	0,3	0,5	70	2,5
Телятники	"	22	14	0,15	0,4	70	2,5
Свинарник-маточник для: тяжелосупоросных подсосных свиноматок	привязная и боковая	16	10	0,3	1	75	2,5
холостных и легко супоросных свиноматок		22	14	0,2	0,6	70	2,5
Свинарник для: поросят-отемышей и ремонтн. молодняка	привязная и боковая	16	10	0,3	1	75	2,5
хряков-производителей		22	12	0,3	1	70	2,5
Откормочник							

Примечание: содержание сероводорода в помещениях не более 0,015 мг/л, аммиака – 0,015...0,02 мг/л.

Таблица П.Б.2 – Нормы температуры, влажности и скорости движения воздуха в помещениях животноводческих ферм

Вид и возрастная группа птицы	Температура в помещениях, °С			Оптимальная относительная влажность воздуха, %	Скорость воздуха, м/с	
	напольном	клеточном	под брудером		оптимальная	максимальная
Взрослые птицы:						
куры	12–16	16		60–70	0,5	0,8
индейки	12–16			60–70	0,3	0,6
утки	7–14			70–80	0,3	0,6
Молодняк: куры в возрасте, дней:						
0–30	22	24	35–22	60–70	0,2–0,3	0,5
31–60	18	20		60–70	0,2–0,3	0,5
61–150	14–16	16		60–70	0,2–0,3	0,5
151–210	12–16	16		60–70	0,2–0,3	0,5
Индейки в возрасте, дней:						
1–20	22	24	35–22	60–70	0,2–0,3	0,5
21–120	20–18				0,2–0,3	0,5
121–240	16				0,2–0,3	0,5
Утки в возрасте, дней:						
1–10	22	22	26	65–75	0,2–0,3	0,5
11–30	20		22	65–75	0,2–0,3	0,5
31–55	14			65–75	0,2–0,3	0,5
56–180	7–14			65–75	0,2–0,3	0,5

Примечание: допустимые концентрации углекислоты в помещениях для взрослой птицы и ремонтного молодняка – 1,8...2,0 л/м³; в помещении для выращивания цыплят – 1,0, аммиака – 0,01 мг/л – для взрослой птицы и 0,005 мг/л – для молодняка, сероводорода везде 0,005 мг/л.

Таблица П.Б.3 – Количество выделяемых одним животным:
углекислоты, влаги, теплоты при $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности
воздуха 70% [18-20]

Вид животных	Живая масса	Углекислота, л/ч	Водяные пары, г/ч	Поток теплоты, Вт
1	2	3	4	5
Коровы сухостойные	200	90	288	207
	400	110	350	661
	600	138	440	778
	800	162	516	911
Коровы лактирующие				
с удоем 10л	300	96	307	542
	400	114	364	639
	500	128	410	722
	600	143	455	800
с удоем 15л	300	105	392	661
	400	129	458	722
	500	142	507	797
	600	156	549	875
с удоем 30л	400	175	560	983
	600	200	642	1125
	800	225	721	1264
Телята в возрасте:				
до 1 месяца	30	15	47	84
	50	26	86	146
	80	38	121	215
от 1 до 3 месяцев	60	32	102	181
	100	42	135	236
	130	57	182	319
от 3 до 4 месяцев	90	37	118	208
	150	57	183	319
	200	75	240	422
Свиноматки супоросные	100	40	110	219
	150	46	129	261
	200	52	147	311
Свиноматки подсосные с поросятами	100	87	242	494
	150	99	276	564
	200	114	320	653
Поросята 2-х месячного возраста	15	17	49	92
	50	27	77	157
Ремонтный и откормочный молодняк	60	33	92	186
	80	38	107	207
	90	41	114	232

1	2	3	4	5
Хряки-производители	100	44	123	250
	200	57	161	322
	300	77	216	435
Свиньи откормочные	100	47	132	269
	200	63	175	358
	300	83	230	472
Бараны	50	25	70	143
	80	33	33	186
	100	35	98	200
Матки холостые	40	19	52	105
	50	22	62	126
	60	28	78	154
Матки подсосные с приплодом:				
1 ягненок	40	22	62	126
	50	25	70	142
	60	28	78	154
2 ягненка	40	44	112	245
	50	47	133	267
	60	52	145	293
Молодняк после отбивки мелких пород	20	14	39	80,2
	40	21	58	116
Молодняк после отбивки крупных пород	30	17	46	93
	50	23	64	131

При температурах, отличных от 10 °С. Нормы выделения теплоты и влаги определяются с учетом коэффициентов, указанных в приложении 4.

Таблица П.Б.4 – Коэффициенты для определения количества водяных паров и свободной теплоты при различных температурах внутри помещения

Температура внутри помещения, град	Коэффициенты для определения количества					
	свободной теплоты	водяных паров	свободной теплоты	водяных паров	свобод- ной теп- лоты	водяных паров
	КРС, свиноматки, свиньи откормочные				Овцы	
-10	1,31	0,61	-----	-----	-----	-----
-5	1,19	0,67	1,59	0,72	1,15	0,9
0	1,08	0,76	1,27	0,83	1,08	0,96
5	1,05	0,86	1,08	0,98	1,04	0,99
10	1	1	1	1	1,09	1
15	0,96	1,24	1,08	1,15	0,57	1,06
20	0,93	2,04	1,15	1,53	1,09	1,13
25	0,89	2,49	1,47	1,96	1,18	1,24

Таблица П.Б.5 – Количество теплоты, углекислоты и водяных паров, выделяемых на 1 кг живой массы для молодняка до 30 дней при 24 °С, для остальных – при 16 °С [21-22]

Виды и возрастные группы птиц	Живая масса птицы, кг	Тепловой поток, Вт	Углекислота, л/ч	Водяные пары, г/ч
Взрослые птицы				
При содержании в клетках:				
куры яичных пород	1,5–1,7	7,9	1,7	5,1
При напольном содержании:				
куры яичных пород	1,5–1,7	9,2	2	5,8
куры мясных пород	2,5–3,0	8,4	1,8	5,2
индейки	6,8	7,8	1,7	5
утки	3,5	5,6	1,2	3,6
Молодняк птицы				
Куры яичного направления:				
от 1 до 10 дн.	0,06	15,7	2,3	3,5
от 11 до 30 дн.	0,25	10,25	2,2	6,6
от 31 до 60 дн.	0,6	8,6	1,9	5,7
от 61 до 150 дн.	1,3	7,9	1,7	5
от 151 до 210 дн.	1,6	7,4	1,6	4,8
Куры мясного направления:				
от 1 до 10 дн.	0,08	15	2,2	4
от 11 до 30 дн.	0,35	9,4	2	6,3
от 31 до 60 дн.	1,2-1,4	8,4	1,8	5,4
от 61 до 150 дн.	1,8	7,8	1,7	5
от 151 до 210 дн.	2,5	7,2	1,6	4,8
Индейки				
от 1 до 10 дн.	0,1	12,2	2	4,2
от 11 до 30 дн.	0,6	9,8	2,1	6,6
от 31 до 60 дн.	1,5	8,4	1,8	9,2
от 61 до 120 дн.	4	7,4	1,6	4,8
от 121 до 180 дн.	6	7,2	1,5	4,5
Утки:				
от 1 до 10 дн.	0,2	16,3	3,5	10,5
от 11 до 30 дн.	1	11,8	2,5	7,5
от 31 до 55 дн.	2,2	5,6	1,2	3,6
от 56 до 180 дн.	3	4,7	1	3

Таблица П.Б.6 – Поправочные коэффициенты для определения тепловых потоков и влаговыделений птицей при различных температурах внутри помещения

Температура, град.	Коэффициенты для определения количества		Коэффициенты для определения количества	
	свободной теплоты	водяных паров	свободной теплоты	водяных паров
	Молодняк старше 30 дней и взрослые птицы		Молодняк в возрасте от 1 до 30 дней	
4	1,15	0,85	–	–
8	1,1	0,9	–	–
12	1,05	0,95	–	–
16	1	1	–	–
20	0,95	1,05	1,05	0,95
24	0,92	1,08	1	1
28	0,9	1,1	0,95	1,05
32	0,85	1,25	0,92	1,2
36	0,8	1,3	0,8	1,3

Таблица П.Б.7.1 – Основные технические характеристики теплогенераторов типа ТГГ и ТГЖ

Наименование показателя	Значения для исполнений											
	ТГЖ-0,06-01	ТГГ-0,06	ТГЖ-0,09	ТГГ-0,09	ТГЖ-0,18	ТГГ-0,18	ТГЖ-0,29	ТГГ-0,29	ТГЖ-0,29	ТГГ-0,29	ТГЖ-0,29	ТГГ-0,29
Тип	Стационарный											
Тепловая мощность, кВт: номинальная	60			90			180			290		
допустимые отклонения, %	от плюс 5 до минус 5											
минимальная	от плюс 10 до минус 15											
Регулирование тепловой мощности	одноступенчатое											
Номинальное давление газа перед запорным клапаном, кПа	1,2-5			1,2-5			3-5			3-5		
Коэффициент полезного действия, КПД %, не менее	88											
Объемная подача нагретого воздуха, приведенная к температуре 20°С, плотности 1,2кг/м ³ , давлению 101325 Па, относительной влажности 50%, м ³ /ч	2000÷3000			3500÷5000			12000÷17000					
Полное давление воздуха на выходе теплогенератора, Па	230÷30			200÷40			320÷180					
Расход топлива												
- природный газ, м ³ /ч	5,1			5,1			7,6			9,6		
- дизельное/печное бытовое, кг/ч	6,4			6,4			9,6			17		
Вид топлива:	Печное бытовое ТУ 38.101.656-99											
- для ТГЖ-0,18 и ТГЖ-0,29	Дизельное СТВ 1658											
- для ТГЖ-0,06; ТГЖ-0,06-01; ТГЖ-0,09	Природный газ ГОСТ 5542											
- для ТГГ-0,06; ТГГ-0,09; ТГГ-0,18; ТГГ-0,18-01; ТГГ-0,29 и ТГГ-0,29-01												
Параметры электрической сети	220В											
Управление	автоматическое и ручное						автоматическое и ручное					
Тип главного вентилятора	осевой											
Установленная мощность электродвигателей, кВт	0,7			1,3			6,1			6,1		
Габаритные размеры, мм., не более												
-длина	1700	1800	1700	2300	2300	2165	3000	3000	3000	3000	3000	3000
-ширина	820	820	820	900	900	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
-высота	750	1160	750	850	850	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Масса (без комплекта запасных частей), кг.	110	135	115	140	145	540	640	640	640	640	640	640
Срок службы, лет	6	6	7	6	7	6	6	6	6	6	6	7

Таблица П.Б.7.2 – Основные технические характеристики воздухонагревателей типа ТЕПЛОВЕЙ

Тип воздухонагревателей ТЕПЛОВЕЙ	T-45M	T-45N	T-100M	T-100N	T-100	T-170Mн	T-170N
Тепловая мощность, кВт	45	45	100	100	100	170	170
КПД воздухонагревателя не менее, %	85,5	85,5	90	90	90	90	90
Разница температур, °С	50	50	50	50	50	50	50
Вид топлива	ДТ, Газ	ДТ, Газ	ДТ, Газ	ДТ, Газ	ДТ, Газ	ДТ, Газ	ДТ, Газ
Максимальный расход ДТ, л/ч	4,5	4,5	10	10	10	17	17
Максимальный расход природного газа, м³/ч	5,0	5,0	11	11	11	18,7	18,7
Тип вентилятора	Осевой	Центробежный	Осевой	Центробежный	Центробежный	Центробежный	Центробежный
Марка вентилятора	BO12-303-5	ADH-315L	BO12-303-6,3	ADH-315L	ВЦ4-75-5	ВЦ4-75-6,3	ADH-400R
Производительность вентилятора, м³/ч	3600-6600	2700-5000	7200-13700	6000-9000	7400-6000	11000-15900	10100/17000
Полное давление вентилятора, Па	129-72	220/300/380	215-115	220/400/460	640-415	1200-677	500/630
Мощность электродвигателя вентилятора, кВт	0,37	0,55/0,75/1,1	1,1	1,1/1,5/2,2	1,5	5,5	3,0/5,5
Габаритные размеры (без горелок), мм: – высота – ширина – длина	1425 710 880	1620 710 880	1940 950 1070	2000 850 1065	1790 1700 1067	2855 1180 1500	2300 1180 1450
Диаметр дымохода, мм	150	150	180	150	180	180	180
Масса, кг	250	260	340	260	400	750	640
Масса без вентилятора, кг	-	-	-	-	-	-	-
Электропитание, В, ~, Гц	380, 3, 50						

Продолжение таблицы П.Б.7.2

Тип воздухонагревателей ТЕПЛОВЕЙ	T-250N	T-250	T-250B	T-350	T-350Г2	T-450M	T-450
Тепловая мощность, кВт	250	250	250	350	350	450	450
КПД воздухонагревателя не менее, %	90	90	70	90	90	90	90
Разница температур, °С	50	50	50-60	50	100	50	50
Вид топлива	ДТ, Газ						
Максимальный расход ДТ, л/ч	24,1	24,1	30,1	33,7	33,9	42,1	42,1
Максимальный расход природного газа, м³/ч	30,8	30,8	38,5	43,7	43,3	53,8	53,8
Тип вентилятора	Центробежный	Центробежный	Центробежный	Центробежный	Центробежный	Осевой	Центробежный
Марка вентилятора	ADN-315Rx2	ВЦ14-46-6,3	ВЦ-14-46-6,3Ж2	ВЦ14-46-6,3	ВЦ14-46-6,3	ВО-40-150-8	ВЦ 14-46-8
Производительность вентилятора, м³/ч	7500...10000X2	15000-23000	12300-15000	21000-24000	10700-23000	27000-35000	27000-32000
Полное давление вентилятора, Па	980...1100	1010-1020	1580-1700	1800-1820	890...1020	820-550	1600-1640
Мощность электродвигателя вентилятора, кВт	5,5X2	11	11	18,5	11	11	22
Габаритные размеры (без горелок), мм: – высота – ширина – длина	2210 1150 1700	2140 2350 1590	2140 2360 1630	2080 2400 1715	1560 1607 4595	2110 3480 1682	2110 1340 4140
Диаметр дымохода, мм	250	250	250	250	200	250	250
Масса, кг	970	1200	1168	1500	1530	1210	1513
Масса без вентилятора, кг	-	-	900	-	-	1000	1000
Электронптанше, В, ~, Гц	380, 3, 50						

Таблица П.Б.7.3 – Основные технические характеристики воздухонагревателей типа СФОЦ

	СФОЦ-16	СФОЦ-25	СФОЦ-40	СФОЦ-60	СФОЦ-100	СФОЦ-160	СФОЦ-250
Модель теплоventилиатора	380						
Напряжение питающей сети, В	50						
Частота питающей сети, Гц	3						
Число фаз питающей сети	220						
Напряжение на нагревателе, В	У						
Схема соединения нагревателей	У						
Установленная мощность, кВт	15	22.5	45	67.5	90	157.5	247.5
Число электрических секций	2	3	3	3	3	3	3
Мощность одной секции, кВт	7.5	7.5	15	22.5	30	52.5	82.5
Производительность по воздуху, м ³ /ч	400-1050	780-2150	1600-4400	2200-5700	3300-8700	4400-11500	6800-17800
Аэродинамическое сопротивление модуля, не более, Па	150	200	250	250	250	250	250
Давление, развиваемое вентилятором, Па	190-100	300-160	510-270	350-190	830-450	570-310	1350-730
Перепад t входящего / выходящего воздуха, °С	30	40	50	55	60	65	70
Номер вентилятора ВР 85-77 (ВЦ 4-75)	2.5	3.15	4	5	5	6.3	6.3
Двигатель вентилятора, кВт	0.25	0.25	0.75	0.75	2.2	2.2	7.5
об/мин	1500	1500	1500	1000	1500	1000	1500
Количество запасных нагревательных элементов	2	3	4	5	6	10	16
Расчетный ток линии электрокалорифера, А	23	34	68	103	137	240	376
Расчетный ток одной секции электрокалорифера, А	11	11	23	34	46	80	125
Расчетный ток линии электродвигателя, А	1	1	2	3	5	5	15
Расчетный ток магистральной питающей электрокалориферную установку, А	24	35	70	106	142	245	391
Силовой кабель от сети, минимальное сечение медной жилы кабеля, мм ²	4	6	10	25	50	95	185
Кабель на секции, минимальное сечение медной жилы на каждую фазу секции, мм ²	2.5	2.5	4	10	16	25	50
Кабель на электродвигатель, минимальное сечение медной жилы кабеля, мм ²	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6

Примечание: Электрокалориферные установки СФОЦ устанавливаются и эксплуатируются в помещениях с невзрывоопасной окружающей средой, не содержащей токопроводящей пыли, других твердых примесей, липких веществ и волоконистых материалов, агрессивных паров и газов в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

Установки рассчитаны на работу в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом (УХЛ) категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69. Допускается эксплуатация оборудования при температуре до -25°С.

Таблица П.В.1 – Экспозиция УФ облученности для различных видов животных

Вид и возраст животных	Рекомендуемые величины УФ облучения			
	Экспозиция (доза) Д, (мэр·ч)/м ²	Относительная максимальная доза Д, о. е.	Допустим. неравномерное облучение Z, о.е.	Допустимая облученность Едоп, мэр/м ²
Овцематки	245–260		1,3	440
Ягнята от 3-х дн. возраста до	220–240		1,27	480
Телята:				
До 6 месяцев	120–140	1,17	1,36	430
Старше 6 месяцев	160–180	1,13	1,28	570
Телки и нетели	180–210	1,16	1,35	650
Коровы и быки	270–280	1,08	1,34	930
Поросята подсосные	20–30	1,5	1,5	83
Поросята-отъемыши на откорме	60–80	1,33	1,76	230
и свиноматки	80–90	1,7	1,7	250
Цыплята при содержании:				
на полу;	15–20	1,33	1,76	58
в клетках из сеток;	20–25	1,25	1,57	75
в штампованных	40–50	1,25	1,57	150
Несушки при:				
содержании на полу;	40–50	1,25	1,57	150
клеточном содержании	20–25	1,25	1,57	75

Таблица П.В.2 – Значения коэффициента использования установки

Индекс установки	Распределение потока излучения		
	Глубокое	Косинусное «а»	Косинусное «б»
0,5	0,24	0,16	0,20
0,6	0,29	0,21	0,24
0,7	0,33	0,29	0,28
0,8	0,35	0,33	0,31
0,9	0,38	0,36	0,34
1,0	0,40	0,37	0,36
1,1	0,41	0,39	0,39
1,25	0,43	0,41	0,42
1,5	0,46	0,44	0,46
1,75	0,48	0,46	0,49
2,0	0,50	0,49	0,52
2,25	0,51	0,51	0,54
2,5	0,52	0,53	0,56
3,0	0,54	0,56	0,58
3,5	0,56	0,59	0,60
4,0	0,57	0,60	0,62
5,0	0,58	0,62	0,64

Таблица П.В.3 – Коэффициент запаса для газоразрядных источников
УФ излучения

Параметр	Значения параметра							
	0	100	200	400	600	1000	1500	2000
Продолжительность работы, ч								
Коэффициент запаса	1,0	1,25	1,45	1,67	1,82	2,0	2,2	2,26

Таблица П.В.4 – Экспериментальные значения антимикробной
поверхностной H_s и объемной H_v доз (экспозиций) при различном уровне
бактерицидной эффективности J_{6k} для некоторых видов микроорганизмов

Вид микроорганизма	H_s , Дж/м ² при J_{6k}			H_v , Дж/м ³ при J_{6k}		
	90,0%	95,0%	99,9%	90,0%	95,0%	99,9%
1	2	3	4	5	6	7
Agrobacterium tumefaciens	44	61	85	116	179	496
Bacillus Anthracis	45	63	87	118	185	507
Bacillus Megatherium	11	17	25	30	50	146
Bacillus Megatherium (spores)	273	357	520	718	1046	3032
Bacillus Paratyphosus	32	44	61	84	129	356
Bacillus Subtilis (mixed)	71	89	110	187	261	641
Bacillus Subtilis	305	398	580	802	1 166	3380
Clostridium Tetani	120	163	220	316	478	1283
Corynebacterium Diphtheriae	34	47	65	89	138	379
Eberthella Typhosa	21	29	41	55	85	239
Escherichia Coli	30	45	66	79	132	385
Legionella bozemanii	18	25	35	47	73	204
Legionella dumoffii	21	35	55	55	102	320
Legionella gormanii	12	23	49	31	67	285
Legionella micdadei	14	21	31	37	62	180
Legionella longbeachae	12	19	29	32	56	169
Legionella pneumophila	20	28	38	53	92	221
Legionella interrogans	22	37	60	55	108	350
Micrococcus Candidas	60	86	123	158	252	717
Micrococcus Pilonensis	81	111	150	213	325	875
Micrococcus Sphaeroides	100	124	154	263	363	898
Mycobacterium Tuberculosis	54	74	100	142	217	583
Neisseria Catarrhalis	44	61	85	116	179	496
Phytomonas Tumefaciens	44	61	85	116	179	496
Phytomonas Vulgaris	26	42	66	68	123	385
Pseudomonas Aeruginosa (environmental strain)	55	76	105	145	223	612
Pseudomonas Aeruginosa (laboratory strain)	21	29	39	55	85	227
Pseudomonas Fluorescens	35	48	66	92	141	385
Rhodospirillum rubrum	24	39	62	63	114	361
Salmonella Enteritidis	40	55	76	105	161	443
Salmonella paratyphoid (enteric fever)	23	38	61	60	111	356
Salmonella Typhimurium	80	111	152	210	325	886
Salmonella Typhosa (Typhoid fever)	22	37	60	58	108	356

1	2	3	4	5	6	7
<i>Sarcina Lutea</i>	197	228	264	518	668	1539
<i>Serratia Marcescens</i>	24	39	62	63	114	361
<i>Shigella dysenteriae</i>	22	30	42	58	98	245
<i>Shigella flexneri</i>	17	24	34	45	70	198
<i>Shigella soonei</i>	23	30	70	60	98	415
<i>Shigella paradysenteriae</i>	17	24	34	45	70	198
<i>Spirillum rubsum</i>	44	52	62	115	152	361
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	34	45	58	99	132	338
<i>Staphylococcus albus</i>	33	44	57	87	129	332
<i>Staphylococcus faecalis</i>	54	74	100	168	217	583
<i>Staphylococcus aureus</i>	49	57	66	130	167	385
<i>Staphylococcus hemolyticus</i>	21	35	55	57	103	320
<i>Streptococcus lactis</i>	61	74	88	162	217	513
<i>Streptococcus viridans</i>	20	28	38	53	82	222
<i>Vibrio cholerae</i>	35	48	65	92	141	378
Bacteriophage(<i>E. coli</i>)	36	49	66	95	144	385
Influenza virus	36	49	66	95	144	385
Hepatitis virus	26	39	80	68	114	466
Poliovirus (Poliomyelitis)	110	157	210	289	460	1224
Rotavirus	130	170	240	342	498	1400
Tobacco mosaic virus	2400	3 125	4400	6312	9156	25650
<i>Aspergillus flavus</i> (yellowish green)	540	697	990	1420	2042	5770
<i>Aspergillus glaucus</i> (bluish green)	480	625	880	1262	1768	5130
<i>Aspergillus niger</i> (black)	1 800	2307	3300	4734	6760	19240
<i>Mucor ramosissimus</i> (white gray)	194	250	352	510	732	2058
<i>Penicillium digitatum</i> (olive)	480	625	880	1262	1768	5130
<i>Penicillium expansum</i> (olive)	120	163	220	315	478	1282
<i>Penicillium roqueforti</i> (green)	145	187	264	381	548	1539
<i>Rhizopus nigricans</i> (black)	766	1000	2200	2044	2930	12826
<i>Chlorella vulgaris</i> (algae)	120	163	220	315	478	1283
Nematode eggs	300	400	920	789	4000	5363
Paramecium	700	900	2000	1640	2637	11660
Baker's yeast	48	64	88	126	187	513
Breuer's yeast	36	49	66	95	123	385
Common yeast cake	73	94	132	192	275	770
<i>Saccharomyces var. ellipsoides</i>	73	94	132	192	275	770
<i>Saccharomyces sp.</i>	97	125	176	255	366	1026

Таблица П.Г.1 – Техническая характеристика двигателей серии RA

Тип	P, кВт	m, кг	n_n , об/мин	η_n , %	$\cos\phi_n$	i_n	μ_n	μ_k	J , кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RA71A2	0,37	5	2800	71	0,81	5,0	2,3	2,4	0,0004
RA71B2	0,55	6	2850	74	0,84	6,5	2,3	2,4	0,0005
RA71A4	0,25	5	1325	62	0,78	3,2	1,7	1,7	0,0006
RA71B4	0,37	6	1375	66	0,76	3,7	2,0	2,0	0,0008
RA71A6	0,18	6	835	48	0,69	2,3	2,0	2,5	0,0006
RA71B6	0,25	6	860	56	0,72	3,0	2,0	2,2	0,0009
RA80A2	0,75	9	2820	74	0,83	5,3	2,5	2,7	0,0008
RA80B2	1,1	11	2800	77	0,86	5,2	2,6	2,8	0,0012
RA80A4	0,55	8	1400	71	0,80	5,0	2,3	2,8	0,0018
RA80B4	0,75	10	1400	74	0,80	5,0	2,5	2,8	0,0023
RA80A6	0,37	8	910	62	0,72	3,3	2,0	2,5	0,0023
RA80B6	0,55	11	915	63	0,72	3,3	2,0	2,5	0,0030
RA90S2	1,5	13	2835	79	0,87	6,5	2,8	3,0	0,0010
RA90L2	2,2	15	2820	82	0,87	6,5	2,9	3,4	0,0015
RA90S4	1,1	13,5	1420	77	0,80	5,5	2,3	2,6	0,0034
RA90L4	1,5	15,5	1420	78,5	0,80	5,5	2,3	2,8	0,0042
RA90S6	0,75	13	935	70	0,72	4,0	2,2	2,5	0,0040
RA90L6	1,1	15	925	72	0,72	4,0	2,2	3,0	0,0052
RA100L2	3,0	20	2895	83	0,86	7,0	2,4	2,6	0,0038
RA100LA4	2,2	22	1420	79	0,82	6,0	2,2	2,6	0,0048
RA100LB4	3,0	24	1420	81	0,81	6,2	2,2	2,6	0,0058
RA100L6	1,5	22	925	76	0,76	4,5	2,0	2,1	0,0063
RA112M2	4,0	41	2895	84	0,87	6,8	2,2	3,3	0,0082
RA112M4	4,0	37	1430	85,5	0,84	6,5	2,2	2,9	0,0103
RA112M6	2,2	36	960	78	0,74	5,5	1,9	2,5	0,0185
RA112M8	1,5	36	700	73	0,70	4,5	1,7	2,1	0,0225
RA132SA2	5,5	43	2880	89	0,89	6,5	2,4	3,0	0,0155
RA132SB2	7,5	49	2890	89	0,89	7,0	2,5	3,2	0,0185
RA132S4	5,5	45	1450	85	0,85	7,0	2,4	3,0	0,0229
RA132M4	7,5	52	1455	83	0,83	7,0	2,8	3,2	0,0277
RA132S6	3,0	41	960	79	0,79	5,9	2,2	2,6	0,0252
RA132MA6	4,0	50	960	80	0,80	6,0	2,2	2,6	0,0368
RA132MB6	5,5	56	950	82	0,82	6,0	2,2	2,5	0,0434
RA132S8	2,2	65	720	70	0,70	5,0	1,7	2,1	0,0530
RA132M8	3,0	73	715	70	0,70	6,0	1,8	2,4	0,0625
RA160MA2	11	112	2940	87,5	0,89	6,8	2,0	3,3	0,4328
RA160MB2	15	116	2940	90	0,86	7,5	2,0	3,2	0,0470
RA160L2	18,5	133	2940	90	0,88	7,5	2,0	3,2	0,0533
RA160MA4	11	110	1460	88,5	0,86	6,5	1,8	2,8	0,0613
RA160ML4	15	129	1460	90	0,87	7,0	1,9	2,9	0,0862
RA160M6	7,5	110	970	87	0,80	6,0	2,0	2,8	0,0916
RA160ML6	11	133	970	88,5	0,82	6,5	2,2	2,9	0,1232
RA160MA8	4	107	730	84	0,71	4,8	1,8	2,2	0,1031
RA160MB8	5,5	112	730	84	0,71	4,8	1,8	2,2	0,1156
RA160L8	7,5	131	730	85	0,73	5,5	1,8	2,4	0,1443
RA180M2	22	147	2940	90,5	0,89	7,5	2,1	3,5	0,0604
RA180M4	18,5	149	1460	90,5	0,89	7,0	1,9	2,9	0,1038
RA180L4	22	157	1460	91	0,88	7,0	2,1	2,9	0,1131

Продолжение таблицы П.Г.1

1	2	3	4	3	4	5	6	7	8
RA180L6	15	155	970	89	0,82	7,0	2,3	3,0	0,1512
RA180L8	11	145	730	87	0,75	5,5	1,8	2,4	0,1897
RA200LA2	30	170	2950	92	0,89	7,5	2,4	3,0	0,1164
RA200LB2	37	230	2950	92	0,89	7,5	2,4	3,0	0,1326
RA200L4	30	200	1475	91	0,86	7,7	2,7	3,2	0,3200
RA200LA6	18,5	182	970	87	0,82	5,5	1,8	2,7	0,3100
RA200LB6	22	202	970	87	0,84	6,0	2,0	2,5	0,3600
RA200L8	15	202	730	88	0,8	5,7	2,0	2,5	0,3600

Таблица П.Г.2 – Техническая характеристика двигателей серии 5А и АИР основного исполнения (степень защиты IP54, класс нагревостойкости F)

Тип	P, кВт	m, кг	n_n , об/мин	η_n , %	$\cos\phi_n$	i_n	μ_n	μ_k	J, кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Синхронная частота вращения 3000 об/мин									
5A80MA2	1,5	14	28020	81	0,85	6,5	2,5	2,6	0,0018
5A80MB2	2,2	15,5	2830	81	0,85	6,5	2,5	2,6	0,0021
5A112M2	7,5	49	2900	89	0,89	7,4	2,0	3,2	0,0131
АИРМ132М2	11	77,5	2900	89	0,89	8	2,4	2,9	0,024
5A160S2	15	126	2930	90	0,89	7,5	2,7	3,4	0,039
5A160M2	18,5	138	2930	90,5	0,89	7,5	2,8	3,4	0,045
АИР180S2	22	160	2930	90,5	0,89	7,0	2,3	2,9	0,063
АИР180M2	30	180	2935	91	0,89	7,5	2,3	3,4	0,076
5A200M2	37	235	2940	93,5	0,89	7,2	2,3	2,8	0,13
5A200L2	45	255	2950	93,5	0,89	7,3	2,3	2,8	0,15
5A225M2	55	340	2950	93,5	0,91	7,5	2,3	2,8	0,21
5AM250S2	75	475	2955	93,2	0,92	6,9	1,8	2,9	0,47
5AM250M2	90	505	2955	93,1	0,93	7,2	1,7	2,7	0,52
5A280S2	110	720	2960	94,1	0,92	7,2	2,1	3,4	0,85
5A280M2	132	770	2960	94,5	0,92	7,5	2,3	3,4	1,02
5A315S2	160	970	2970	94,5	0,92	7,2	1,8	2,8	1,42
5A315M2	200	1110	2975	95	0,94	7,2	1,8	2,8	1,78
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
5A80MA4	1,1	13	1400	74	0,80	4,8	2,0	2,4	0,0034
5A80MB4	1,5	14,7	1405	76	0,81	5	2,0	2,4	0,0036
5A112MB4S	5,5	49	1450	87	0,85	6,5	2,0	2,6	0,020
АИРМ132S4	7,5	70	1450	88	0,85	7	2,1	2,8	0,032
АИРМ132M4	11	83,5	1450	89	0,85	7,2	2,4	3,1	0,045
5A160S4	15	127	1450	89,5	0,86	6,1	2,3	2,6	0,075
5A160M4	18,5	140	1450	90	0,86	6,4	2,3	2,6	0,087
АИР180S4	22	170	1460	90,5	0,86	6,9	1,7	2,6	0,16
АИР180M4	30	190	1460	91,5	0,87	6,7	1,7	2,6	0,20
5A200M4	37	245	1470	92,3	0,85	6,7	2,4	2,6	0,27
5A200L4	45	270	1470	92,7	0,84	7,2	2,8	2,8	0,3
5A225M4	55	345	1475	93,3	0,86	6,5	2,2	2,3	0,50
5A250S4	75	480	1480	94,3	0,86	7,2	2,1	2,3	1,00
5A250M4	90	515	1480	94,7	0,88	7,2	2,2	2,3	1,20
5A280S4	110	780	1485	95,4	0,88	6,8	2,3	2,8	2,19
5A280M4	132	885	1485	95,9	0,89	7	2,4	2,8	2,70
5A315S4	160	1110	1485	96	0,88	6,8	1,9	2,2	3,57
5A315M4	200	1150	1485	96	0,90	6,6	1,8	2	3,97

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Синхронная частота вращения 1000 об/мин									
5A80MA6	0,75	14	930	71	0,69	4,5	2	2,4	0,003
5A80MB6	1,1	16	930	72	0,7	4,5	2	2,4	0,0048
5A112MA6	3	43	950	82	0,8	5	2	2,4	0,024
5A112MB6	4	48	950	82,5	0,81	5	2	2,4	0,029
АИРМ132S6	5,5	68	960	84,5	0,81	5,5	2,1	2,5	0,048
АИРМ132M6	7,5	81	970	86	0,81	6	2,2	2,8	0,067
5A160S6	11	124	970	88,5	0,84	6,5	2	2,8	0,11
5A160M6	15	150	975	88,5	0,84	6,5	2	2,8	0,15
АИР180M6	18,5	180	975	90	0,85	6,5	2	2,7	0,24
5A200M6	22	245	975	90,5	0,83	5,9	2,3	2,3	0,41
5A200L6	30	260	980	91,2	0,84	5,8	2,4	2,4	0,46
5A225M6	37	330	985	92	0,84	6,5	2,4	2,5	0,65
5AM250S6	45	430	985	93	0,85	6	2	2,1	1,20
5AM250M6	55	450	985	93	0,84	6	2	2,1	1,30
5AM280S6	75	745	985	94,7	0,85	6,3	2,2	2,4	3,04
5AM280M6	90	780	985	94,7	0,84	6,3	2	2,2	3,05
5AM315S6	110	960	985	95	0,9	6,7	1,6	2,4	4,54
5AM315M6	132	1010	985	95,2	0,91	7	1,7	2,4	5,13
Синхронная частота вращения 750 об/мин									
5A80MA8	0,37	13,5	700	59	0,62	3,3	2,2	2,2	0,0036
5A80MB8	0,55	15,7	700	60	0,62	3,8	2,2	2,4	0,0047
5A112MA8	2,2	44	710	77	0,69	4,2	1,7	2,2	0,024
5A112MB8	3	49	710	78	0,7	4,2	1,7	2,2	0,029
АИРМ132S8	4	68	710	81,5	0,7	5	2,1	2,6	0,053
АИРМ132M8	5,5	82	710	83,5	0,73	5,3	2,1	2,6	0,074
5A160S8	7,5	123	720	87	0,74	5,3	1,8	2,4	0,11
5A160M8	11	149	720	87	0,74	5,3	1,8	2,4	0,15
АИР180M8	15	180	725	87,5	0,79	5,3	1,8	2,4	0,25
5A200M8	18,5	240	730	90,5	0,77	6,7	2,1	2,8	0,41
5A200L8	22	260	730	91	0,8	6,7	2,1	2,8	0,46
5A225M8	30	340	735	91,5	0,8	5,5	2,1	2,3	0,70
5AM250S8	37	430	735	92	0,72	6,7	1,9	2,7	1,20
5AM250M8	45	460	735	92,5	0,75	6,7	1,9	2,7	1,40
5AM280S8	55	725	735	92,5	0,83	6,2	2,1	2,3	3,29
5AM280M8	75	790	735	94,5	0,83	6	2,1	2,3	4,00
5AM315S8	90	965	740	94,5	0,85	6	1,5	2,1	5,21
5AM315M8	110	1025	740	94,5	0,86	6	1,5	2,1	6,03
Синхронная частота вращения 600 об/мин									
5AM280S10	37	710	590	93	0,78	6,5	1,5	3	3,41
5AM280M10	45	760	590	93,5	0,8	6,5	1,5	3	4,07
5AM315S10	55	925	590	93,5	0,82	5,5	1,5	2,1	5,97
5AM315M10	75	975	590	93,5	0,82	5,5	1,5	2,1	6,78
Синхронная частота вращения 500 об/мин									
5AM315S12	45	925	490	93	0,75	5,2	1,5	2,1	5,97
5AM315M12	55	975	490	93	0,75	5,2	1,5	2,1	6,78

Таблица П.Г.3 – Техническая характеристика двигателей серии АИС
основного исполнения (степень защиты IP54, класс нагревостойкости F)

Марка	P, кВт	Напряжение, В	Ток, А	$n_{нн}$, об/мин	КПД, %	cos φ	i_n	μ_n	μ_c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Синхронная частота вращения 3000 об/мин									
АИС-63А2	0,18	220/380	0,51	2720	65	0,8	5,5	2,2	2,2
АИС-63В2	0,25	220/380	0,67	2720	68	0,81	5,5	2,2	2,2
АИС-71А2	0,37	220/380	0,98	2740	70	0,81	6,1	2,2	2,2
АИС-71В2	0,55	220/380	1,33	2740	73	0,82	6,1	2,2	2,2
АИС-80А 2	0,75	220/380	1,8	2830	73	0,84	7	2,2	2,3
АИС-80В2	1,1	220/380	2,5	2830	76	0,86	7	2,2	2,3
АИС-90S2	1,5	220/380	3,4	2840	79	0,85	7	2,2	2,3
АИС-90L2	2,2	220/380	4,7	2840	82	0,86	7	2,2	2,3
АИС-100L2	3	220/380	6,4	2870	82	0,87	7	2,2	2,3
АИС-112M2	4	380/660	8,2	2890	85	0,87	7	2,2	2,3
АИС-132SA2	5,5	380/660	10,7	2900	86	0,88	7,5	2,2	2,3
АИС-132SB-2	7,5	380/660	14,2	2900	87	0,88	7,5	2,2	2,3
АИС-160MA2	11	380/660	20,9	2930	88	0,89	7,5	2,2	2,3
АИС-160MB2	15	380/660	27,9	2930	89	0,89	7,5	2,2	2,3
АИС-160L2	18,5	380/660	33,9	2930	90	0,9	7,5	2,2	2,3
АИС-180M2	22	380/660	40,5	2940	90	0,9	7,5	2	2,3
АИС-200LA2	30	380/660	54,8	2950	91,2	0,9	7,5	2	2,3
АИС-200LB2	37	380/660	66,6	2950	92	0,9	7,5	2	2,3
АИС-225M2	45	380/660	81	2970	92,3	0,9	7,5	2	2,3
АИС-250M2	55	380/660	99,6	2970	92,5	0,9	7,5	2	2,3
АИС-280S2	75	380/660	133,3	2970	93	0,9	7,5	2	2,3
АИС-280M2	90	380/660	158,2	2970	93,8	0,91	7,5	2	2,3
АИС-315S2	110	380/660	195,1	2980	94	0,91	7,1	1,8	2,2
АИС-315M2	132	380/660	231,6	2980	94,5	0,91	7,1	1,8	2,2
АИС-315LA2	160	380/660	279,6	2980	94,6	0,92	7,1	1,8	2,2
АИС-315LB2	200	380/660	347,7	2980	94,8	0,92	7,1	1,8	2,2
АИС-355M2	250	380/660	433	2980	95,3	0,92	7,1	1,6	2,2
АИС-355L-2	315	380/660	544	2980	95,6	0,92	7,1	1,6	2,2
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
АИС-63А4	0,12	220/380	0,43	1310	57	0,72	4,4	2,1	2,2
АИС-63В4	0,18	220/380	0,61	1310	60	0,73	4,4	2,1	2,2
АИС-71А4	0,25	220/380	0,76	1330	65	0,74	5,2	2,1	2,2
АИС-71В4	0,37	220/380	1,07	1330	67	0,75	5,2	2,1	2,2
АИС-80А4	0,55	220/380	1,54	1390	71	0,75	5,2	2,4	2,3
АИС-80В4	0,75	220/380	1,99	1390	73	0,76	6	2,3	2,3
АИС-90S4	1,1	220/380	2,8	1400	75	0,77	6	2,3	2,3
АИС-90L4	1,5	220/380	3,65	1400	78	0,79	6	2,3	2,3
АИС-100LA4	2,2	220/380	5,05	1430	80	0,81	7	2,3	2,3
АИС-100LB4	3	220/380	6,64	1430	82	0,72	7	2,3	2,3
АИС-112M4	4	380/660	8,62	1440	84	0,82	7	2,3	2,3
АИС-132S4	5,5	380/660	11,5	1440	85	0,83	7	2,3	2,3
АИС-132M4	7,5	380/660	15,3	1440	87	0,84	7	2,3	2,3
АИС-160M4	11	380/660	22,2	1460	88	0,84	7	2,2	2,3
АИС-160L4	15	380/660	29,8	1460	89	0,85	7,5	2,2	2,3
АИС-180M4	18,5	380/660	36,1	1470	90,5	0,86	7,5	2	2,3
АИС-180L4	22	380/660	42,6	1470	91	0,86	7,5	2	2,3
АИС-200L4	30	380/660	57,2	1470	92	0,86	7,2	2,2	2,3
АИС-225S4	37	380/660	69,6	1480	92,5	0,87	7,2	2,2	2,3

Продолжение таблицы П.Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИС-225М4	45	380/660	84	1480	92,8	0,87	7,2	2,2	2,3
АИС-250М4	55	380/660	102,9	1480	93	0,87	7,2	2,2	2,3
АИС-280S4	75	380/660	138	1480	93,8	0,87	7,2	2,2	2,3
АИС-280М4	90	380/660	165,6	1480	94,2	0,87	7,2	2,2	2,3
АИС-315S4	110	380/660	200,2	1480	94,5	0,88	6,9	2,1	2,2
АИС-315М4	132	380/660	239,1	1490	94,8	0,88	6,9	2,1	2,2
АИС-315LА4	160	380/660	288	1490	94,9	0,89	6,9	2,1	2,2
АИС-315LВ4	200	380/660	358,9	1490	95	0,89	6,9	2,1	2,2
АИС-355М4	250	380/660	443	1490	95,3	0,9	6,9	2,1	2,2
АИС-355L4	315	380/660	556	1490	95,6	0,9	6,9	2,1	2,2
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
АИС 80А6	0,37	220/380	1,3	890	62	0,7	4,7	1,9	2
АИС 80В6	0,55	220/380	1,7	890	65	0,72	4,7	1,9	2
АИС 90S6	0,75	220/380	2,23	910	69	0,72	5,5	2	2,1
АИС 90L6	1,1	220/380	3,1	910	72	0,73	5,5	2	2,1
АИС 100L6	1,5	220/380	3,89	940	76	0,75	5,5	2	2,1
АИС 112М6	2,2	220/380	5,46	940	79	0,76	6,5	2	2,1
АИС 132S6	3	220/380	7,1	960	81	0,76	6,5	2,1	2,1
АИС 132МА6	4	380/660	9,3	960	82	0,76	6,5	2,1	2,1
АИС 132МВ6	5,5	380/660	12,3	960	84	0,77	6,5	2,1	2,1
АИС 160М6	7,5	380/660	16,7	970	86	0,77	6,5	2	2,1
АИС 160L6	11	380/660	23,6	970	87,5	0,78	6,5	2	2,1
АИС 180L6	15	380/660	30,7	970	89	0,81	7	2	2,1
АИС 200LА6	18,5	380/660	37,7	970	90	0,81	7	2,1	2,1
АИС 200LВ6	22	380/660	44,1	970	90	0,83	7	2,1	2,1
АИС 225М6	30	380/660	58,4	980	91,5	0,84	7	2	2,1
АИС 250М6	37	380/660	70,4	980	92	0,86	7	2,1	2,1
АИС 280S6	45	380/660	85,4	980	92,5	0,86	7	2,1	2
АИС 280М6	55	380/660	103,3	980	92,8	0,86	7	2,1	2
АИС 315S6	75	380/660	140,2	990	93,5	0,86	7	2	2
АИС 315М6	90	380/660	167	990	93,8	0,86	7	2	2
АИС 315LА6	110	380/660	202,3	990	94	0,86	6,7	2	2
АИС 315LВ6	132	380/660	242,3	990	94,2	0,87	6,7	1,9	2
АИС 355МА6	160	380/660	292	990	94,5	0,87	6,7	1,9	2
АИС 355МВ6	200	380/660	365	990	94,7	0,88	6,7	1,9	2
АИС 355L6	250	380/660	455	990	94,9	0,88	6,7	1,9	2

Таблица П.Г.4 – Техническая характеристика двухскоростных двигателей серии АИС

Тип	Р, кВт	Напря- же- ние, В	Ток, А	n_n , об/мин	КПД, %	cos φ	i_n	μ_n	μ_k
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИС 80МА-4/2	0,45/0,55	380	1,40/1,50	1420/2860	66/65	0,74/0,85	6,50/7,0	1,50/1,70	1,80
АИС 80МВ-4/2	0,55/0,75	380	1,70/2,0	1420/2860	68/66	0,74/0,85	6,50/7,0	1,60/1,80	1,80
АИС 90S-4/2	0,85/1,10	380	2,30/2,80	1430/2850	74/72	0,77/0,85	6,50/7,0	1,80/1,90	1,80
АИС 90L-4/2	1,30/1,80	380	3,30/4,30	1430/2850	73/74	0,78/0,85	6,50/7,0	1,80/2,0	1,80
АИС 100LА-4/2	2,0/2,4	380	4,80/5,60	1430/2850	78/76	0,81/0,86	6,50/7,0	1,70/1,90	1,80
АИС 100LВ-4/2	2,40/3,0	380	5,60/6,70	1430/2850	79/77	0,83/0,89	6,50/7,0	1,60/1,70	1,80
АИС 112М-4/2	3,30/4,0	380	7,40/8,60	1450/2890	82/79	0,83/0,89	6,50/7,0	1,90/2,0	1,80
АИС 132S-4/2	4,50/5,50	380	9,80/11,90	1450/2860	83/79	0,84/0,89	6,50/7,0	1,70/1,80	1,80
АИС 132М-4/2	6,50/8,0	380	13,80/17,1	1450/2880	84/80	0,85/0,89	6,50/7,0	1,70/1,80	1,80

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AHC 160M-4/2	9,0/11,0	380	18,50/22,9	1460/2920	87/82	0,85/0,89	6,50/7,0	1,60/1,80	1,80
AHC 160L-4/2	11,0/14,0	380	22,30/28,8	1460/2920	87/82	0,86/0,90	6,50/7,0	1,70/1,90	1,80
AHC 180M-4/2	15,0/18,5	380	29,40/36,7	1470/2940	89/85	0,87/0,90	6,50/7,0	1,80/1,90	1,80
AHC 180L-4/2	18,50/22	380	35,90/42,7	1470/2940	89/86	0,88/0,91	6,50/7,0	1,60/1,80	1,80
AHC 90S-6/4	0,65/0,85	380	2,20/2,30	920/1420	64/70	0,68/0,79	6,0/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 90L-6/4	0,85/1,10	380	2,80/3,0	930/1440	66/71	0,70/0,79	6,0/6,50	1,60/1,50	1,80
AHC 100LA-6/4	1,30/1,80	380	3,80/4,40	940/1440	74/77	0,70/0,80	6,0/6,50	1,70/1,40	1,80
AHC 100LB-6/4	1,50/2,20	380	4,30/5,40	940/1440	75/77	0,70/0,80	6,0/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 112M-6/4	2,20/2,80	380	5,70/6,70	960/1440	78/77	0,75/0,82	6,0/6,50	1,80/1,50	1,80
AHC 132S-6/4	3,0/4,0	380	7,70/9,50	970/1440	79/78	0,75/0,82	6,0/6,50	1,80/1,70	1,80
AHC 132M-6/4	4,0/5,50	380	9,80/12,30	970/1440	82/80	0,76/0,85	6,0/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 160M-6/4	6,50/8,0	380	15,10/17,4	970/1460	84/83	0,78/0,84	6,0/6,50	1,50/1,50	1,80
AHC 160L-6/4	9,0/11,0	380	20,60/23,4	970/1460	85/84	0,78/0,85	6,0/6,50	1,60/1,70	1,80
AHC 180M-6/4	11,0/14,0	380	25,90/29,8	980/1470	85/84	0,76/0,85	6,0/6,50	1,60/1,70	1,80
AHC 180L-6/4	13,60/16,	380	29,40/33,6	980/1470	86/85	0,78/0,85	6,0/6,50	1,70/1,70	1,80
AHC 90L-8/4	0,45/0,75	380	1,90/1,80	700/1420	58/72	0,63/0,87	5,50/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 100L-8/4	0,85/1,50	380	3,10/3,50	700/1410	67/74	0,63/0,88	5,50/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 112M-8/4	1,50/2,40	380	5,0/5,30	700/1410	72/73	0,63/0,88	5,50/6,50	1,70/1,70	1,80
AHC 132S-8/4	2,20/3,30	380	7,0/7,10	720/1440	75/80	0,64/0,88	5,50/6,50	1,50/1,70	1,80
AHC 132M-8/4	3,0/4,50	380	9,0/9,40	720/1440	78/82	0,65/0,89	5,50/6,50	1,50/1,60	1,80
AHC 160M-8/4	5,0/7,50	380	13,90/15,2	730/1450	83/84	0,66/0,89	5,50/6,50	1,50/1,60	1,80
AHC 160L-8/4	7,0/11,0	380	19,0/21,80	730/1450	85/86	0,66/0,89	5,50/6,50	1,50/1,60	1,80
AHC 180L-8/4	11,0/17,0	380	26,70/32,6	730/1470	87/88	0,72/0,91	6,0/7,0	1,50/1,50	1,80
AHC 90S-8/6	0,35/0,45	380	1,60/1,40	700/930	56/70	0,60/0,72	5,0/6,0	1,80/2,0	1,80
AHC 90L-8/6	0,45/0,65	380	1,90/1,90	700/920	59/71	0,60/0,73	5,0/6,0	1,70/1,80	1,80
AHC 100L-8/6	0,75/1,10	380	2,90/3,10	710/950	65/75	0,60/0,73	5,0/6,0	1,80/1,90	1,80
AHC 112M-8/6	1,30/1,80	380	4,50/4,80	710/950	72/78	0,60/0,73	5,0/6,0	1,70/1,90	1,80
AHC 132S-8/6	1,80/2,40	380	5,80/6,20	730/970	76/80	0,61/0,73	5,0/6,0	1,60/1,90	1,80
AHC 132M-8/6	2,60/3,70	380	8,20/9,40	730/970	78/82	0,62/0,73	5,0/6,0	1,90/1,90	1,80
AHC 160M-8/6	4,50/6,0	380	13,30/14,7	730/980	83/85	0,62/0,73	5,0/6,0	1,60/1,90	1,80
AHC 160L-8/6	6,0/8,0	380	17,50/19,4	730/980	84/86	0,62/0,73	5,0/6,0	1,60/1,90	1,80
AHC 180M-8/6	7,50/10,0	380	21,90/24,2	730/980	84/86	0,62/0,73	5,0/6,0	1,90/1,90	1,80
AHC 180L-8/6	9,0/12,0	380	24,70/28,3	730/980	85/86	0,65/0,75	5,0/6,0	1,80/1,80	1,80
AHC 80MA-4/2	0,45/0,55	380	1,40/1,50	1420/2860	66/65	0,74/0,85	6,50/7,0	1,50/1,70	1,80
AHC 80MB-4/2	0,55/0,75	380	1,70/2,0	1420/2860	68/66	0,74/0,85	6,50/7,0	1,60/1,80	1,80
AHC 90S-4/2	0,85/1,10	380	2,30/2,80	1430/2850	74/72	0,77/0,85	6,50/7,0	1,80/1,90	1,80
AHC 90L-4/2	1,30/1,80	380	3,30/4,30	1430/2850	73/74	0,78/0,85	6,50/7,0	1,80/2,0	1,80
AHC 100LA-4/2	2,0/2,4	380	4,80/5,60	1430/2850	78/76	0,81/0,86	6,50/7,0	1,70/1,90	1,80
AHC 100LB-4/2	2,40/3,0	380	5,60/6,70	1430/2850	79/77	0,83/0,89	6,50/7,0	1,60/1,70	1,80
AHC 112M-4/2	3,30/4,0	380	7,40/8,60	1450/2890	82/79	0,83/0,89	6,50/7,0	1,90/2,0	1,80
AHC 132S-4/2	4,50/5,50	380	9,80/11,90	1450/2860	83/79	0,84/0,89	6,50/7,0	1,70/1,80	1,80
AHC 132M-4/2	6,50/8,0	380	13,80/17,1	1450/2880	84/80	0,85/0,89	6,50/7,0	1,70/1,80	1,80
AHC 160M-4/2	9,0/11,0	380	18,50/22,9	1460/2920	87/82	0,85/0,89	6,50/7,0	1,60/1,80	1,80
AHC 160L-4/2	11,0/14,0	380	22,30/28,8	1460/2920	87/82	0,86/0,90	6,50/7,0	1,70/1,90	1,80
AHC 180M-4/2	15,0/18,5	380	29,40/36,7	1470/2940	89/85	0,87/0,90	6,50/7,0	1,80/1,90	1,80
AHC 180L-4/2	18,50/22	380	35,90/42,7	1470/2940	89/86	0,88/0,91	6,50/7,0	1,60/1,80	1,80
AHC 90S-6/4	0,65/0,85	380	2,20/2,30	920/1420	64/70	0,68/0,79	6,0/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 90L-6/4	0,85/1,10	380	2,80/3,0	930/1440	66/71	0,70/0,79	6,0/6,50	1,60/1,50	1,80
AHC 100LA-6/4	1,30/1,80	380	3,80/4,40	940/1440	74/77	0,70/0,80	6,0/6,50	1,70/1,40	1,80
AHC 100LB-6/4	1,50/2,20	380	4,30/5,40	940/1440	75/77	0,70/0,80	6,0/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 112M-6/4	2,20/2,80	380	5,70/6,70	960/1440	78/77	0,75/0,82	6,0/6,50	1,80/1,50	1,80
AHC 132S-6/4	3,0/4,0	380	7,70/9,50	970/1440	79/78	0,75/0,82	6,0/6,50	1,80/1,70	1,80
AHC 132M-6/4	4,0/5,50	380	9,80/12,30	970/1440	82/80	0,76/0,85	6,0/6,50	1,60/1,40	1,80
AHC 160M-6/4	6,50/8,0	380	15,10/17,4	970/1460	84/83	0,78/0,84	6,0/6,50	1,50/1,50	1,80

Таблица П.Д.2 – Характеристика стальных труб

Условный проход, мм	Диаметр, мм		Толщина стенки, мм
	Внутренний	Наружный	
Стальные тонкостенные трубы			
–	15	20	1,6
–	20	26	1,8
–	25	32	2,0
–	40	47	2,0
–	50	59	2,0
Обыкновенные водогазопроводные трубы			
15	15,7	21,3	2,8
20	21,2	26,8	2,8
25	27,1	33,5	3,2
32	35,9	42,3	3,2
40	41,0	48,0	3,5
50	53,0	60,0	3,5
Легкие водогазопроводные трубы			
15	–	21,3	2,5
20	–	26,8	2,5
25	–	33,5	2,8
32	–	42,3	2,8
40	–	48,0	3,0
50	–	60,0	3,0

Таблица П.Д.3 – Характеристика труб из полиэтилена высокой плотности (МРТУ 6 № 05-917-67)

Условный проход		Наружный диаметр, мм	Легкий тип		Среднелегкий тип		Средний тип		Тяжелый тип	
дюймы	мм		толщина стенки, мм	вес 1 м, кг	толщина стенки, мм	вес 1 м, кг	толщина стенки, мм	вес 1 м, кг	толщина стенки, мм	вес 1 м, кг
	10	16	–	–	–	–	–	–	2,0	0,09
	15	20	–	–	–	–	–	–	2,0	0,10
3/4	20	25	–	–	–	–	–	–	2,3	0,19
1	25	32	–	–	–	–	2,0	0,20	2,9	0,29
1 ¼	32	40	–	–	–	–	2,3	0,29	3,7	0,44
1 ½	40	50	–	–	2,0	0,32	2,3	0,45	4,6	0,68
2	50	63	–	–	2,5	0,51	3,6	0,71	5,8	1,08

Таблица П.Д.4 – Техническая характеристика металлорукавов РЗ-ЦХ EKF PROxima

Наименование	Диаметр условного прохода, мм	Наибольший внешний D диаметр, мм	Наименьший внутренний диаметр D _в , мм	Наименьший эксплуатационный радиус при изгибе	Разрывное усилие, кг	Масса одного погонного метра, кг/м
1	2	3	4	5	6	7
РЗ-ЦХ-10	10	13,9	9,5	55	45	0,095
РЗ-ЦХ-12	12	15,9	10,9	75	70	0,115
РЗ-ЦХ-15	15	18,9	13,9	75	80	0,155

Продолжение таблицы П.Д.4

1	2	3	4	5	6	7
P3-ЦХ-18	18	21,9	16,9	90	85	0,175
P3-ЦХ-20	20	24,0	18,7	90	100	0,220
P3-ЦХ-22	22	26,0	20,7	110	100	0,23
P3-ЦХ-25	25	30,8	23,7	110	110	0,24
P3-ЦХ-32	32	38	30,4	150	130	0,425
P3-ЦХ-38	38	44	36,6	180	150	0,485
P3-ЦХ-50	50	58,7	48	245	250	0,65

Таблица П.Д.5 – Допустимые токовые нагрузки кабелей с медными жилами при прокладке в воздухе

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей с медными жилами при прокладке в воздухе, А			
	одножильные	двухжильные	Трех-, четырехжильные	пятижильные
1,5	29	24	21	20
2,5	40	33	28	26
4	53	44	37	34
6	67	56	49	46
10	91	76	66	61
16	121	101	87	81
25	160	134	115	107
35	197	166	141	131
50	247	208	177	165
70	318	–	226	210
95	386	–	274	255
120	450	–	321	299
150	521	–	370	344
185	594	–	421	392
240	704	–	499	464

Таблица П.Д.6 – Допустимые токовые нагрузки кабелей с алюминиевыми жилами при прокладке в воздухе

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей с алюминиевыми жилами при прокладке в воздухе, А			
	одножильные	двухжильные	Трех-, четырехжильные	пятижильные
2,5	30	25	21	20
4	40	34	29	27
6	51	43	37	34
10	69	58	50	47
16	93	77	67	62
25	122	103	88	82
35	151	127	109	101
50	189	159	136	126
70	233	–	167	155
95	284	–	204	190
120	330	–	236	219
150	380	–	273	254
185	436	–	313	291
240	515	–	369	343

Таблица П.Д.7 – Техническая характеристика кабелей ВВГнг

Номинальное сечение жилы, мм ²	Удельное активное сопротивление провода, Ом/км	Удельное индуктивное сопротивление провода, Ом/км	Наружный диаметр, мм		
			для трехжильных кабелей	для четырехжильных кабелей	для пятижильных кабелей
1	2	3	4	5	6
1,5	12,3	0,1260	8	10	10
2,5	7,40	0,1160	9	11	11
4	4,63	0,0950	12	13	14
6	3,09	0,0900	13	14	15
10	1,84	0,0730	14	16	17
16	1,16	0,0675	17	20	21
25	0,74	0,0662	20	23	25
35	0,53	0,0637	23	25	28
50	0,37	0,0625	26	29	33
70	0,265	0,0612	28	31	36
95	0,195	0,0602	31	35	39
120	0,154	0,0602	34	38	43
150	0,124	0,0596	38	42	47
185	0,100	0,0596	41	46	53
240	0,077	0,0587	–	52	59

Приложение Е

Таблица П.Е.1 – Наибольшее допустимое время защитного отключения для системы TN

Номинальное фазное напряжение, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
более 380	0,1

Таблица П.Е.2 – Наибольшее допустимое время защитного отключения для системы TN в помещениях для содержания животных

Номинальное фазное напряжение, В	Время отключения, с
127	0,35
220	0,2
380	0,05

Шабаев Евгений Адимович
кандидат технических наук, доцент

Пономарева Наталья Евдокимовна
кандидат технических наук, доцент

Беленов Виталий Николаевич
кандидат технических наук

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

Учебное пособие

Компьютерная верстка Шабаев Е.А., Пономарева Н.Е., Беленов В.Н.

Подписано в печать 20.03.2026 г.
Усл. п. л. 6,75.