

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения животноводческого хозяйства

Обучающийся

С. В. Изотов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., В. С. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена решению актуальной задачи повышения производительности труда на животноводческом предприятии КРС и снижения себестоимости продукции животноводства. Решается эта задача за счет более широкой электромеханизации наиболее трудоемких процессов при содержании животных. Для решения этой задачи необходимо обеспечить надежное и качественное энергоснабжение, которое необходимо для потребителей первой категории.

При проектировании системы электроснабжения была обоснована технология содержания животных КРС, выбрано необходимое технологическое оборудование. Далее были определены электрические нагрузки животноводческого хозяйства, определена конфигурация силовой сети, выбрана схема электроснабжения. Произведен расчет освещения животноводческого помещения, выбрано осветительное оборудование и проводниковые материалы. Разработаны мероприятия по безопасной эксплуатации электрооборудования, решены вопросы безопасности труда на каждом рабочем месте работников телятника. Разработаны вопросы по обеспечению экологической безопасности, производственной санитарии на животноводческом предприятии.

В заключении приведены выводы по выполненной работе.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение параметров животноводческого хозяйства.....	5
1.1 Выбор способа содержания животных в телятнике.....	5
1.2 Выбор технологического оборудования для механизации основных технологических процессов в телятнике.....	7
1.2.1 Кормление телят.....	7
1.2.2 Поение коров и телят.....	8
1.2.3 Удаление навоза.....	10
1.2.4 Выбор электрического привода транспортера.....	12
2 Разработка электроснабжения телятника-откормочника	24
2.1 Проект осветительной установки.....	24
2.2 Расчет осветительной сети животноводческого помещения.....	34
2.3 Разработка сети внутреннего электроснабжения телятника.....	38
3 Определение электрических нагрузок и выбор источника питания.....	42
3.1 Выбор сетей напряжением 0,38 кВ.....	50
3.1.1 Определение качества напряжения у потребителей.....	50
3.1.2 Расчет электрических параметров линий напряжением 0,38 кВ....	51
4 Организация безопасной эксплуатации электрооборудования.....	55
4.1 Безопасность работ в телятнике.....	55
4.2 Производственная санитария на животноводческой ферме.....	69
Заключение.....	61
Список используемой литературы.....	62

Введение

Направление проводимого в данной работе исследования заключается в разработке проекта электроснабжения телятника на 200 голов.

Для повышения надежности электроснабжения телятника-откормочника, необходимо выполнить следующие требования:

- выбрать рациональный способ выращивания животных КРС, обеспечивающий возможность наибольшей автоматизации технологических процессов;
- обосновать, рассчитать и выбрать, путем технико-экономического сравнения вариантов, технологическое оборудование для проектируемого телятника;
- провести расчет электрических нагрузок силовой и осветительной сетей и выбрать необходимые приборы и проводники;
- определить конфигурацию электрических схем и сетей внешнего и внутреннего электроснабжения телятника-откормочника;
- определить тип и марку проводов и кабелей, их сечение и способы прокладки, вид и характеристики пускозащитных приборов;
- подобрать электрические аппараты и проводники сети освещения;
- разработать комплекс мер, повышающих безопасность проведения работ в телятнике;
- определить мероприятия охраны окружающей среды при работе животноводческого хозяйства.

Объектом исследования выступает структура подвода электроэнергии животноводческого хозяйства.

Предметом изучения в предлагаемой выпускной квалификационной работе служат составляющие системы снабжения электроэнергией телятника-откормочника на 200 голов, а также технологическое оборудование. К таким элементам относятся внутренние и внешние электрические сети, электрические аппараты. Оборудование для технологических операций.

1 Определение параметров животноводческого хозяйства

1.1 Выбор способа содержания животных в телятнике

Выращивание крупного рогатого скота на сегодняшний день ведущее направление, от её развития в значительной мере зависит наполнение продовольственной корзины жителей нашей страны.

Мясо животных КРС обладает высокими вкусовыми и кулинарными достоинствами, оно занимает важное значение в питании Россиян. Скотоводство дает порядка 40% мяса и мясной продукции производимой и потребляемой в нашей стране [3].

Кроме основной продукции и вторсырья получается навоз, который является незаменимым органическим удобрением, сырьем для повышения плодородия почв и средством роста урожайности. Животные КРС потребляют и перерабатывают дешевый грубый корм (сено, солому, силос) в высоко ценные продукты и сырье.

Крупный рогатый скот, из-за его неприхотливости, можно разводить на большей части на большей части территории страны с различными почвами и климатом [3].

В настоящее время выращивают животных специальных молочных и мясных пород, каждая из которых характеризуется своими показателями. Поэтому целесообразно в отдельности рассматривать молочную и мясную продуктивность.

Молочная продуктивность определяется количеством молока получаемый от коровы за определенный отрезок времени, называемый лактацией.

При используемой в настоящее время в стране системе содержания животных время отдачи молока составляет 300...305 дней [3].

Мясная продуктивность оценивается весом мясного сырья от одного животного. Этот показатель определяется по убойной массе животного и по выходу мяса от одного животного, которое определяется после убоя и разделки туши.

При выращивании животных КРС существует возрастная классификация, определяемая возрастом и назначением животного [3]:

Сразу после рождения и до срока 25 дней телята содержатся в послеродовых отсеках. Затем телят, при условии их здорового состояния, перемещают в специализированные помещения откормочных ферм. Где организуется их групповое содержание [3, 19].

При выращивании телят применяются различные схемы, но в любом случае для получения необходимого результата корма должны быть хорошо сбалансированными и выдаваться животным в зависимости от их возраста и назначения молодняка. Кроме того, телятам следует скармливать много грубых и сочных кормов.

Обеспечить это требование можно только с помощью комплексной электромеханизации наиболее трудоемких технологических процессов.

В телятнике-откормочнике по которому выполняется данная работа подлежат механизации различные виды работ. Должны быть механизированы в первую очередь: подготовка кормов и дозированная выдача их животным, очистка помещения от навоза, подача воды, создание оптимального микроклимата. Все это невозможно сделать без широкого внедрения электромеханизации и устройств автоматического управления [11, 23].

В скотоводстве, при выращивании молодняка, можно выделить следующие основные технологические операции:

- приготовление полнорационных кормовых смесей;
- раздача кормов телятам;
- снабжение телят водой;
- очистка помещений от остатков корма и навоза;
- утилизация отходов содержания;
- поддержание оптимального микроклимата в помещении.

При выборе технологического оборудования для телятника необходимо учитывать тот факт, что многие процессы связаны друг с другом и влияют друг на друга. Кроме того агрессивная среда животноводческого помещения не должна отрицательно влиять на работу оборудования и автоматики.

1.2 Выбор технологического оборудования для механизации основных технологических процессов в телятнике

Основные технологические операции в телятнике:

- кормление животных,
- снабжение водой,
- очистка от навоза.

Указанные операции в первую очередь определяют количество и качество сельхозпродукции скотоводства. Также оказывают влияние на условия труда обслуживающего персонала.

1.2.1 Кормление телят

Схема кормления телят изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема кормления телят

От места производства кормовых смесей до кормушек осуществляется в бункере раздатчика корма КТУ-10, который агрегируется с колесным трактором МТЗ-80. Заехав в тамбур телятника КТУ-10 начинает дозированно загружать корм в стационарный раздатчик корма ТВК-80, который и осуществляет раздачу кормосмесей внутри телятника [10, 19].

Норма выдачи транспортера ($W_{п.тр}$) определяется по формуле (1).

$$W_{п.тр} = \frac{q_{уд} \cdot L}{t_d}, \quad (1)$$

где $q_{уд}$ – норма выдачи корма на единицу длины кормушки, кг;

L – общая длина кормушки, м; $L = 75$ м [3];

t_d – продолжительность одного кормления, с;

$$t_d = 90 \dots 120 \text{ с [3];}$$

Удельная норма выдачи корма на единицу длины кормушки определяется по формуле (2).

$$q_{\text{уд}} = \frac{q_{\text{max}}}{l_{\text{к.о.г}}}, \quad (2)$$

где q_{max} – наибольшая доза выдачи корма за один раз, кг;

$l_{\text{к.о.г}}$ – протяженность кормушки, приходящейся на 1 голову, м;

$$l_{\text{к.о.г}} = 1,4 \text{ м [10].}$$

Подставляем в формулы (2) и (1) числовые значения и производим расчеты.

$$q_{\text{уд}} = \frac{15}{1,4} = 10,7 \text{ (кг/м)},$$
$$W_{\text{п.гр}} = \frac{10,7 \cdot 75}{100} = 8,02 \text{ (кг/с)}.$$

Знание величины подачи корма стационарным раздатчиком кормов необходима для согласования его работы с работой тракторного кормораздатчика КТУ-10. Это позволяет производить раздачу кормов по требуемым зоотехническим требованиям по времени [3].

1.2.2 Поение коров и телят

Подача воды в помещение телятника осуществляется из башни. Вода из скважины добывается с использованием погружного электронасоса ЭКВ-6-4-90 с величиной подачи воды 3...6 м³/час и величиной напора 70...100 м. Применяется электродвигатель марки ПЭВД 2-140 мощностью 2 кВт [11].

Поение телят осуществляется с помощью устройств ПА-1, которые являются автопоилками и используются на фермах КРС. Данные автопоилки используются для одновременного поения двух животных, которые самосто-

ятельно производят подачу воды, путем надавливания на специальный клапан [10].

Количество воды, необходимое для одного животного КРС, возрастом до 2-х лет составляет 30 литров ($q_{сут} = 30$ л) [3].

Подача воды в телятник изображена на схеме 2.

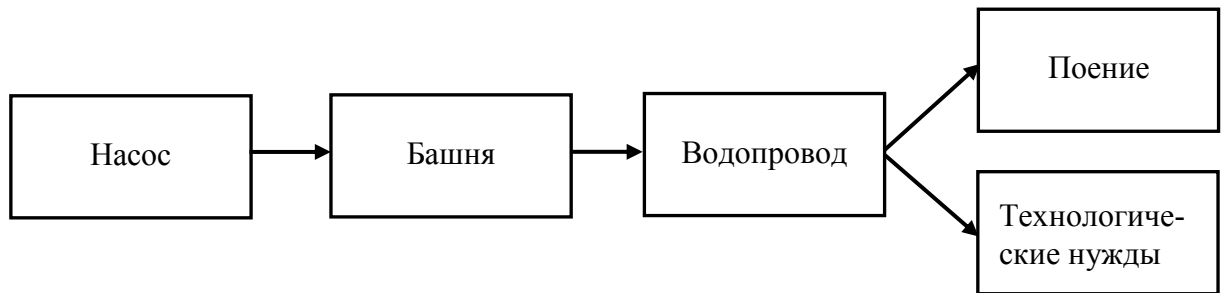


Рисунок 2 – Схема технологическая водоснабжения

Наибольшее количество воды, подаваемое в телятник за один час определяется по выражению (3).

$$Q_{\text{час.мах}} = \frac{q_{\text{сут}} \cdot N}{1000 \cdot 24} \cdot R_{\text{сут}} \cdot R_{\text{час}}, \quad (3)$$

где N – число телят в помещении;

$R_{\text{сут}} = 1,3$ – коэффициент неравномерности в сутки [10];

$R_{\text{час}} = 2,3$ – коэффициент неравномерности в час [10].

Используя выражение (3), рассчитываем максимальный расход воды. Подставляем в формулу (3) числовые значения и производим расчеты.

$$Q_{\text{час.мах}} = \frac{30 \cdot 200}{1000 \cdot 24} \cdot 1,3 \cdot 2,3 = 1,76 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Максимальный часовой расход воды в телятнике необходим для определения сечения трубопровода, подающего воду в телятник и для расчета, при необходимости водопроводной сети животноводческого предприятия.

1.2.3 Удаление навоза

Уборка и транспортировка навоза относятся к одним из наиболее трудоемких операций на ферме. Естественно, что механизация этих операций сопровождается большим технико-экономическим эффектом.

Выбор системы уборки навоза определяется видом животных, способом их содержания, параметрами животноводческого помещения и т. д. В настоящее время существуют более 30 различных машин и установок, предназначенных для уборки навоза. Классификация этих установок приведена ниже:

- вагонетки рельсовые (наземные и подвесные);
- ручные тележки безрельсовые;
- транспортеры скребковые кругового и возвратно-поступательного движения;
- скреперы канатные, лопаты тросовые;
- устройства навозоуборочные, агрегатируемые с тракторами;
- установки гидросмывные удаления навоза.

Так как телята, на данной животноводческой ферме, содержатся на глубокой подстилке, то гидравлические системы удаления навоза применить невозможно. Они применяются при бесподстилочном содержании животных.

Следовательно, для данного варианта телятника-откормочника наиболее приемлемы скребковые транспортеры кругового движения и скребковые транспортеры с возвратно-поступательным движением [10, 11].

Проведенный анализ показал, что транспортеры с возвратно-поступательным движением имеют в нашем случае некоторые достоинства по сравнению с транспортерами кругового движения. Первые транспортируют навозную массу по кратчайшему пути, поэтому менее металлоемки. Более того эти навозоуборочные установки легче ремонтировать, по сравнению с аналогичными.

Но штанговому транспортеру нужен механизм, превращающий вращательное движение двигателя в возвратно-поступательное (гидроцилиндры, кривошипно-шатунные механизмы, возможность реверса в схеме управления). Наиболее простыми в эксплуатации являются транспортеры кругового движения типа ТСН. Они и нашли наибольшее применение на животноводческих фермах [10].

Схема удаления навоза, используемая в телятнике показана на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема очистки помещения от навоза

Удаление навоза и остатков корма осуществляется с помощью транспортера ТСН-160А, в состав которого входит два механизма: горизонтальный (сгребающий) транспортер и выгружающий (наклонный) конвейер. Горизонтальный транспортер производит очистку пола телятника от навоза и остатков корма и перемещает их к наклонному транспортеру, а последний удаляет навоз за пределы помещения.

С целью улучшения санитарного состояния навоз в телятнике убирают 4 раза в сутки.

Часовая производительность транспортера может быть рассчитана по выражению (4).

$$Q = 3600 \cdot b \cdot h \cdot V_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot \varphi, \quad (4)$$

где b – длина рабочего органа, м; $b = 0,25$ м;

h – высота рабочего органа, м; $h = 0,056$ м;

$V_{\text{ц}}$ – рабочая скорость приводной цепи; $V = 0,18$ м/с;

ρ_n – удельный вес навоза, кг/м³; $\rho_n = 1020 \dots 1050$ кг/м³ [10];

φ – число, учитывающее загрузку пространства между скребками;

$\varphi = 0,5 \dots 0,6$ [10].

$$Q = 3600 \cdot 0,25 \cdot 0,056 \cdot 0,18 \cdot 1020 \cdot 0,5 = 5,14 \text{ т/ч.}$$

Количество навоза (W_n), который убирается одним агрегатом за сутки может быть вычислено по выражению (5).

$$W_n = q_n \cdot m = 0,025 \cdot 100 = 2,5 \text{ т,} \quad (5)$$

где q_n – масса навоза от одного теленка в сутки, кг; $q_n = 25$ кг [3];

m – число животных, приходящихся на один агрегат, жив.;

$m = 100$ жив.

Навоз, удаляемый из помещения телятника, загружается в прицеп, а затем перевозится в навозохранилище. Прицеп агрегируется с трактором МТЗ-82 или аналогичным тяговым средством.

1.2.4 Выбор электрического привода транспортера

При проектировании технологических машин и механизмов ключевым вопросом является правильный выбор рационального электропривода. Без которого невозможно обеспечить заданную производительность и высокую экономичность работы технологического оборудования.

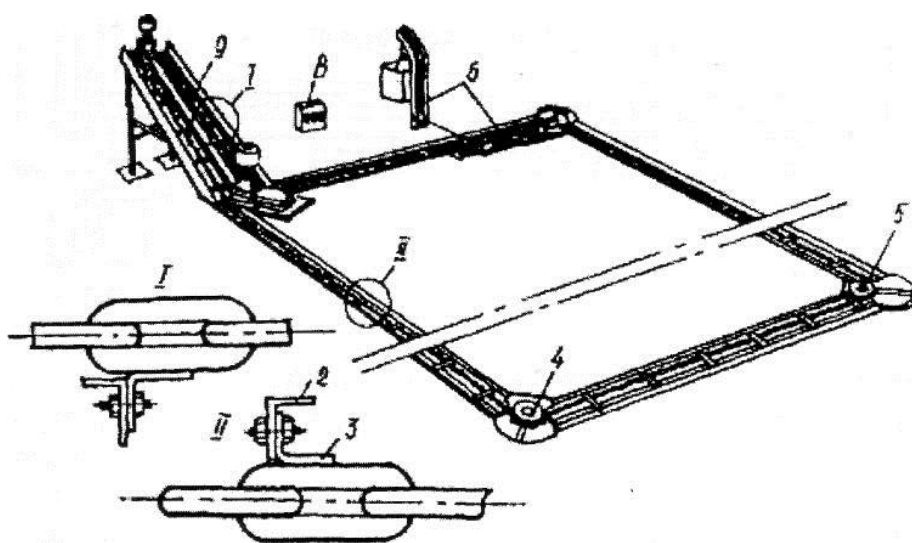
Рациональный электропривод должен соответствовать следующим условиям:

- обеспечивать максимальное использование мощности электромотора;
- исполнение и класс защиты электропривода должны удовлетворять требованиям окружающей среды;
- электропривод должен обеспечивать требуемый, по условиям технологического процесса, пусковой момент и необходимый диапазон регулирования скорости;

- приводные характеристики должны соответствовать заявленным в паспортных данных;
- обеспечивать удобство обслуживания и безопасность использования.

Работает система уборки навоза следующим образом. Навоз и остатки корма сгребаются ручным способом в навозный канал, где находится горизонтальная часть транспортера со скребками.

На рисунке 4 изображен конвейер ТСН-160А для уборки навозной массы в телятнике на 200 голов.



- 1 – звено; 2 – рабочий орган; 3 – скоба; 4, 5 – устройства поворота; 6 – механизм натяжения; 7 – привод сгребющего конвейера; 8 – шкаф управления; 9 – наклонный транспортер.

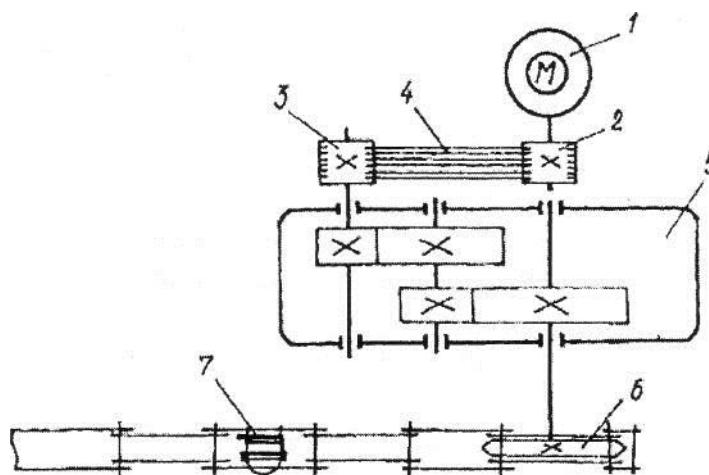
Рисунок 4 – Навозоуборочный конвейер кругового движения типа ТСН-160А

Конвейеры кругового движения превосходят транспортеры с возвратно-поступательным ходом, так как они менее металлоемки, более надежны, их легче ремонтировать и регулировать работу. Так как скребок крепится к тяговому органу (цепи) с помощью шарнирного зажима, то это облегчает его ремонт и регулирование направления движения. Для этого достаточно только переустановить упоры.

Проанализируем работу электропривода агрегата для уборки навоза

ТСН-160А. Пуск происходит практически на холостом ходу, за счет выбора зазоров в цепи горизонтального транспортера. Но затем быстро момент сопротивления становится максимальным, когда в движение приходит весь навоз, находящийся в навозном канале. После этого момент сопротивления постепенно уменьшается, так как уменьшается количество навоза, находящегося на рабочей ветви горизонтального транспортера (он перегружается на наклонный транспортер). К концу уборки момент сопротивления снижается до величины холостого хода.

Кинематическая схема привода ТСН-160А представлена на рисунке 5.



1 – электромотор; 2 – первый многоручьевой шкив; 3 – второй многоручьевой шкив; 4 – ременная передача; 5 – редуктор; 6 – ведущая звездочка; 7 – цепь со скребками

Рисунок 5 – Кинематическая схема привода конвейера ТСН-160А.

Определим параметры электропривода горизонтальной части навозоуборочного агрегата

Сила, действующая в рабочей ветви навозоуборочного агрегата в режиме холостого хода, вычисляется по выражению (6).

$$F_{\text{хх}} = 9,81 \cdot m_{\text{ц}} \cdot L_{\text{ц}} \cdot f_{\text{т.ц}}, \quad (6)$$

где $m_{\text{ц}}$ – вес одного метра цепи, кг;

$$m_{ц} = 5 \text{ кг};$$

$L_{ц}$ – протяженность цепи, м;

$$L_{ц} = 170 \text{ м};$$

$f_{т.ц}$ – коэффициент, учитывающий скольжение о поверхность;

$$f_{т.ц} = 0,5.$$

Определяем усилие по формуле (6).

$$F_{xx} = 9,81 \cdot 5 \cdot 170 \cdot 0,5 = 4169,25 \text{ Н.}$$

В случае работы агрегата под нагрузкой сила, действующая в цепи, будет рассчитываться по выражению (7).

$$F_1 = 9,81 \cdot m_{н} \cdot f_{т.н}, \quad (7)$$

где $m_{н}$ – вес навоза, который убирается за один раз, кг;

$f_{т.н}$ – показатель сопротивления перемещения навоза,

$$f_{т.н} = 0,96 [10].$$

Масса навоза, убираемого за одну уборку одним транспортером, определится по формуле (8).

$$m_{н} = \frac{W_{н}}{n_{вк}}, \quad (8)$$

где $W_{н}$ – выход навоза на 100 голов (телят), кг;

$$W_{н} = 2500 \text{ кг};$$

$n_{вк}$ – число включений транспортера в сутки, раз;

$$n_{вк} = 4 \text{ раза.}$$

Подставляем в формулы (8) и (7) числовые значения и производим рас-

четы.

$$m_H = \frac{2500}{4} = 625 \text{ кг},$$
$$F_1 = 9,81 \cdot 625 \cdot 0,96 = 12949 \text{ Н}.$$

При движении навоза по каналу возникает сила трения о боковые стенки (F_2), которая принимается равной половине от общего усилия (F_1), создаваемого навозом. Эта величина рассчитывается по выражению (9).

$$F_2 = 0,5 \cdot F_1 = 0,5 \cdot 12949 = 6474,5 \text{ Н}. \quad (9)$$

В случае, если произошло заклинивание навоза в канале, то возникает усилие (F_3), которое может быть рассчитана по выражению (10).

$$F_3 = n \cdot P_{\text{зак.}}, \quad (10)$$

где n – число лопаток (шт.) при длине цепи 170 м;

$$n = 151 \text{ шт.}$$

$P_{\text{зак.}}$ – сопротивление заклинивания одной лопатки, Н;

$$P_{\text{зак.}} = 15 \text{ Н}.$$

Подставляем в формулу (10) числовые значения, производим расчеты.

$$F_3 = 151 \cdot 15 = 2265 \text{ Н}.$$

Максимальное усилие при работе транспортера под нагрузкой определится по формуле (11).

$$F_{\text{н.мах}} = F_{\text{хх}} + F_1 + F_2 + F_3, \quad (11)$$

Подставляем в формулу (11) числовые значения, производим расчеты.

$$F_{н.мах} = 4169,25 + 12949 + 6474,5 + 2265 = 25857,75 \text{ Н.}$$

При равномерном движении горизонтальной цепи навозоуборочного агрегата нагрузка линейно снижается от максимального момента сопротивления ($M_{с.мах}$) до значения момента холостого хода ($M_{хх}$). Причина этого в уменьшении количества навоза в канале.

Значение момента холостого хода ($M_{хх}$) приводного двигателя определится по выражению (12).

$$M_{хх} = \frac{F_{хх} \cdot V_{ц}}{\omega_{дв} \cdot \eta_{пер}}, \quad (12)$$

где $V_{ц}$ – скорость цепи транспортера, м/с;

$$V_{ц} = 0,18 \text{ м/с;}$$

$\omega_{дв}$ – угловая скорость электродвигателя, рад/с;

$\eta_{пер}$ – КПД передачи;

$$\eta_{пер} = 0,9.$$

Угловая номинальная скорость электродвигателя привода транспортера для уборки навоза может быть рассчитана по выражению (13).

$$\omega_{дв.н} = \frac{\pi \cdot n_{дв.н}}{30}, \quad (13)$$

где $n_{дв.н}$ – номинальные обороты ротора электромотора, об/мин;

$$n_{дв} = 1410 \text{ об/мин.}$$

Подставляем в формулы (13) и (12) числовые значения и производим расчеты.

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{3,14 \cdot 1410}{30} = 147,58 \text{ (рад/с)},$$

$$M_{\text{хх}} = \frac{4169,25 \cdot 0,18}{147,58 \cdot 0,9} = 5,65 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальный момент сопротивления транспортера ($M_{\text{с.мах}}$) определяется по формуле (14).

$$M_{\text{с.мах}} = \frac{F_{\text{н.мах}} \cdot V_{\text{ц}}}{\omega_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (14)$$

где $F_{\text{н.мах}}$ – максимальное усилие в рабочей цепи при полной загрузки навозного канала, Н;

$$F_{\text{н.мах}} = 25857,75 \text{ Н}.$$

Подставляем в формулу (14) числовые значения и производим вычисления.

$$M_{\text{с.мах}} = \frac{25857,75 \cdot 0,18}{147,58 \cdot 0,9} = 35,04 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Время однократной уборки навоза рассчитывается с учетом длины рабочей цепи, скорости её движения и учитывая то обстоятельство, что уборка продолжается в течении 1,05 оборотов ветви, по формуле (15).

$$t_{\text{раб}} = \frac{L_{\text{ц}} \cdot 1,05}{V_{\text{ц}}}, \quad (15)$$

где $t_{\text{раб}}$ – продолжительность работы транспортера, с.

Подставляем в формулу (15) числовые значения, производим расчеты.

$$t_{\text{раб}} = \frac{170 \cdot 1,05}{0,18} = 990 \text{ с} = 16,5 \text{ мин.}$$

Так как уборка навоза в телятнике производится четырежды в сутки, а продолжается каждая в течение 16,5 мин., то промежутки времени между включениями составляют более 5 часов. Следовательно режим работы приводного электродвигателя – кратковременный (режим S1) [11].

Пуск приводного двигателя навозоуборочного транспортера происходит практически на холостом ходу, за счет выборов зазоров в рабочей цепи и передачах. Поэтому выбор мощности приводного электромотора (P_n) первоначально производится по перегрузочной способности [11]. Расчет производится по выражению (16).

$$P_n \geq \frac{M_{c.\text{max}} \cdot \omega_0}{\alpha \cdot m_{\text{max}}}, \quad (16)$$

где P_n – номинальная мощность электрического мотора, Вт;

ω_0 – угловая скорость вращения магнитного поля, рад/с;

α – коэффициент, учитывающий пониженное сетевое напряжение;

$\alpha = 0,8$ [11];

m_{max} – кратность максимального момента;

$m_{\text{max}} = 2,3$.

Синхронная угловая скорость электродвигателя (ω_0) определится по формуле (17).

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30}, \quad (17)$$

где n_0 – синхронная скорость вращения магнитного поля, об/мин;

$n_0 = 1500$ об/мин.

Подставляем в формулы (17) и (16) числовые значения и производим

расчеты.

$$\omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ (рад/с)},$$

$$P_H \geq \frac{35,04 \cdot 157}{0,8 \cdot 2,3} = 3142,4 \text{ Вт.}$$

Из справочных материалов, используя расчетные данные, выбираем электромотор 4А100L4У3, мощностью 4,0 кВт и с синхронной частотой вращения 1500 об/мин. [11], его паспортные данные записываем в таблицу 1.

Таблица 1 – Паспортные данные выбранного электромотора 4А100L4У3

P_{2H}	η_H	$\cos\phi_H$	$m_{п}$	$m_{мин}$	m_k	s_H	s_K	$i_{п}$	J_d	$t_{по}$	n
кВт	%	-	-	-	-	%	%	-	кг·м ²	с	об/мин
4	84	0,85	2	1,6	2,5	4,6	31,5	6,5	0,011	0,04	1420

Диаграмма нагрузки рабочей машины (навозоуборочного транспортера) строится как зависимость момента сопротивления на её приводном валу от продолжительности работы. Нагрузочная диаграмма горизонтального транспортера показана на рисунке 6.

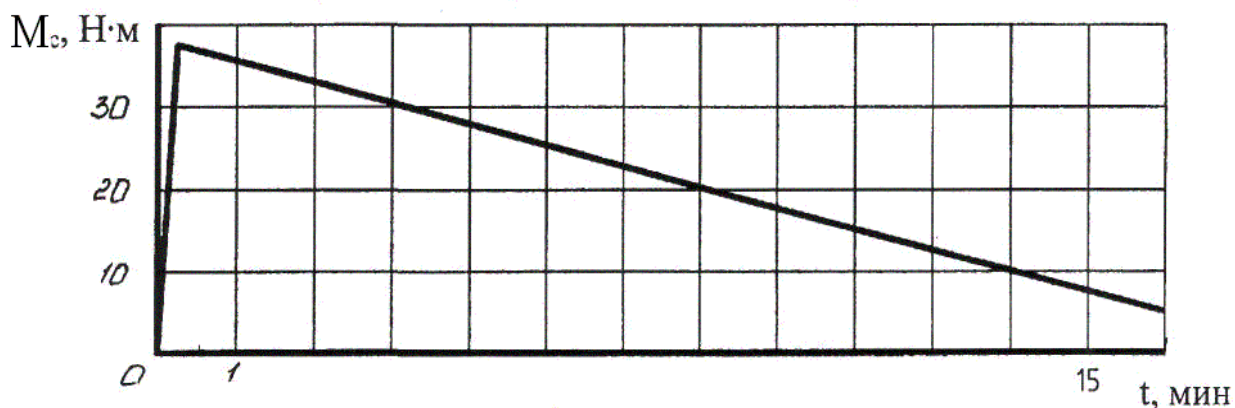


Рисунок 6 – Нагрузочная диаграмма электродвигателя

Проверяем перегрузочную способность, по выражению (18), которое

учитывает пониженное напряжение в сети.

$$(0,8)^2 \cdot M_{\text{к}} \geq M_{\text{с.мах}}, \quad (18)$$

где $M_{\text{к}}$ – максимальный момент электромотора, определяется по выражению (19).

$$M_{\text{к}} = M_{\text{н}} \cdot m_{\text{к}}, \quad (19)$$

где $M_{\text{н}}$ – номинальный вращающий момент электромотора, Н· м.

$m_{\text{к}}$ – отношение критического момента к номинальному; из табл. 1:

$$m_{\text{к}} = 2,5.$$

По формуле (20) определим номинальный момент электромотора.

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot 10^3}{\omega_0 \cdot \left(1 - \frac{s_{\text{н}}}{100}\right)}, \quad (20)$$

где $P_{\text{н}}$ – номинальная нагрузка электромотора, кВт;

$$P_{\text{н}} = 4 \text{ кВт};$$

ω_0 – синхронная секундная скорость, 1/с;

$$\omega_0 = 148,6 \text{ 1/с};$$

$s_{\text{н}}$ – оптимальное скольжение ротора относительно статора, %;

$$s_{\text{н}} = 4,6 \text{ \%}.$$

Подставляем в формулы (20) числовые значения, рассчитываем номинальный момент.

$$M_{\text{н}} = \frac{4 \cdot 10^3}{157 \cdot \left(1 - \frac{4,6}{100}\right)} = 28,2 \text{ Н} \cdot \text{ м}.$$

По формуле (19) определяем максимальный момент электродвигателя.

$$M_k = 28,2 \cdot 2,5 = 70,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Производим проверку выбранного электродвигателя по перегрузочной способности, по условию (18).

$$(0,8)^2 \cdot 70,5 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \geq 35,04 \text{ (Н} \cdot \text{м)},$$
$$45,12 \text{ (Н} \cdot \text{м)} > 35,04 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Условие (18) выполняется, величина критического момента, с учетом снижения напряжения на 80% больше максимального момента сопротивления навозоуборочного транспортера. Поэтому можно сделать вывод, что электродвигатель был подобран верно.

Выбранный двигатель проверен по всем требуемым критериям, включающим условия запуска и перегрузочной способности при номинальном и пониженном напряжении.

В первом разделе была обоснована технология содержания телят на откорме. Произведен расчет технических параметров и выбрано технологическое оборудование. Была выбрана система раздачи кормов: транспортирование корма мобильным раздатчиком корма КТУ-10А с последующей выдачей корма телятам с помощью стационарного агрегата ТВК-80 А. Выбрано оборудование для водоснабжения, определены характеристики водопроводной сети, выбран погружной насос ЭКВ 6-4-90. Обоснована схема уборки навоза и выбран навозоуборочный транспортер марки ТСН-160А. Разработанная схема электропривода обеспечивает надежную работу навозоуборочного транспортера кругового движения с отдельным приводом горизонтальной и наклонной части, позволяет снизить долю ручного труда в сельскохозяйственном производстве. Рациональный электропривод навозоуборочного транспортера позволяет снизить капитальные затраты на установленное электрооборудование, экономить электроэнергию. Кроме того, правильно выбранный и рассчитан-

ный электропривод позволяет во-время убирать навоз и, тем самым, улучшать микроклимат животноводческого помещения.

Был произведен расчет электропривода указанного транспортера, его горизонтальной части. Для этого были изучены приводные характеристики рабочей машины, определен режим её работы, рассчитаны нагрузки и усилия. По результатам расчетов был выбран трехфазный асинхронный электромотор 4А100L4У3 мощностью 4 кВт с синхронной частотой вращения 1500 об/мин. Выбранный электрический двигатель проверен по всем требуемым параметрам: по условиям пуска и на перегрузочную способность при номинальном и пониженном напряжении. Проверка показала правильность выбора.

2 Разработка электроснабжения телятника-откормочника

2.1 Проект осветительной установки

Выполняя проект осветительной установки необходимо определить вид и систему освещения, затем установить нормируемую освещенность для каждого помещения телятника. После этого, определяется, с учетом зоотехнических и санитарных требований, тип источника света, производится размещение световых приборов в плане каждого помещения, рассчитывается мощность лампы и выбирается марка лампы и светильника.

Во всех производственных помещениях телятника-откормочника, согласно зоотехническим нормам и санитарным правилам, выбирается рабочее освещение. Кроме этого, в стойловом помещении и над площадками перед входами необходимо устанавливать дежурное освещение.

При проведении расчета учитывается также естественное освещение, поступающее из окон. В таблице 2 приведены коэффициенты помещения телятника.

Таблица 2 – Анализ помещений телятника

Название отделений	S, м ²	a, м	b, м	h, м	Условия окружающей среды	Коэффициент отражения		
						$\rho_{\text{п}}$	$\rho_{\text{ст}}$	$\rho_{\text{пол}}$
Стойловое	1404	78	18	3	хим.	50	30	10
Тамбур	54	18	3	3	норм.	50	30	10
Вент, камера	9	3	3	3	норм.	50	30	10
Комната отдыха	9	3	3	3	норм.	70	50	30
Вакуумнасосная	8	4	2	3	норм.	50	30	10
Молочная	16	4	4	3	сырое	50	30	10
Коридор	12	6	2	3	норм.	50	30	10

Производится расчет нормируемой освещенности и выбор коэффициента запаса. Расчетные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормируемая освещенность и коэффициент запаса [5]

Название отделений	$E_{\text{нор}}, \text{лк}$	Тип источника	Норм. плоскость	K_z
Стойловое	150	ГРЛ	Г-0,0	1,3
Тамбур	20	ЛН	Г-0,0	1,15
Вент. камера	30	ЛН	Г-0,0	1,3
Комната отдыха	100	ГРЛ	Г-0,8	1,3
Вакуумнасосная	30	ЛН	Г-0,0	1,15
Молочная	150	ГРЛ	Г-0,8	1,3
Коридор	50	ГРЛ	Г-0,0	1,3
Наружное освещение	5	ЛН	Г-0,0	1,15

Помещение № 1 (Стойловое):

- вид освещения: рабочее – дежурное;
- система: общая – равномерная;
- освещение по зоотехническим нормам $E_{\text{нор}} = 150 \text{ лк}$, (для газоразрядных ламп).

Коэффициент запаса для телятника при применении ламп дугового разряда принимается равным $K_z = 1,3$. Принимается из соображения, чтобы освещенность не была ниже требуемого значения.

Окружающая среда в помещении телятника может быть отнесена к химически активной, поэтому по степени защищенности выбираем светильник со степени защиты IP 54.

Путем технико-экономического сравнения вариантов выбирается светильник ЛСП-23 с КСС «Д-1», $\eta_c = 75\%$, IP 54 [2].

Высота размещения светильников в помещении телятника определяется по формуле (21).

$$H = h_0 - h_{\text{св}} - h_p, \quad (21)$$

где H – высота размещения светильника в помещении, м;

h_0 – высота помещения телятника, м; $h_0 = 3 \text{ м}$;

$h_{\text{св}}$ – высота свеса светильника (расстояние от потолка до светильника), м;

$$h_{\text{св}} = 0,5 \text{ м};$$

$h_{\text{р}}$ – пролет от пола до рабочей поверхности, м; $h_{\text{р}} = 0,8 \text{ м}$.

Подставим в формулу (21) числовые значения.

$$H = 3 - 0,5 - 0,8 = 1,7 \text{ м}.$$

Наиболее экономически выгодное расстояние между источниками света определится по выражению (22).

$$\lambda_{\text{с}} \times H_{\text{р}} \leq L \leq \lambda_{\text{э}} \times H_{\text{р}}, \quad (22)$$

где $\lambda_{\text{с}}$, $\lambda_{\text{э}}$ – промежутки между источниками света, м;

$H_{\text{р}}$ – определяемая высота подвеса источников света (ОУ);

$\lambda_{\text{с}} = 1,4$; $\lambda_{\text{э}} = 1,6$ для кривой светораспределения типа «Д-1» [5].

Используя формулу (22), получаем.

$$3,5 \text{ м} \leq L \leq 4 \text{ м}.$$

Определяем промежуток между стеной и светильником:

$$(0,3 \dots 0,5) \times L = 1_{\text{а}},$$

$$1_{\text{а}} = 0,5 \times 4 = 2 \text{ метра}.$$

Значение мощности светильника.

Для расчета помещения, в котором размещаются стойла и находятся животные, используется способ коэффициента использования светового потока. Выбор этого метода обусловлен спецификой помещения телятника [5].

Показатели отражения окружающих элементов в телятнике по данным литературы [5] определяться по выражению (23).

$$\rho_{\text{пот.}} = 50\%; \rho_{\text{стенок}} = 50\%; \rho_{\text{пола}} = 50\%, \quad (23)$$

Коэффициент помещения телятника (индекс) определится по выражению (24).

$$i = \frac{a \times b}{H_p \cdot (a + b)}, \quad (24)$$

где a, b – габариты телятника, м.

С учетом подставленных в выражение (24) значений величин:

$$i = \frac{78 \times 18}{2,5 \cdot (78 + 18)} = 5,85.$$

Значение коэффициента полезного действия для выбранного светильника: $\eta_{\text{оу}} = 0,69$ [5].

Расчетный световой поток выбранного источника света рассчитываем по формуле (25).

$$\Phi_p = \frac{E_{\text{нор}} \cdot A \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta_{\text{оу}}}, \quad (25)$$

где $E_{\text{нор}}$ – нормируемая освещенность, лк;

A – размеры освещаемого пространства, м²;

K_3 – коэффициент запаса;

Z – показатель неравномерности;

$$Z = 1,1;$$

N – количество источников света, шт.;

Суммарное количество источников определяем по выражению (26).

$$N = n_1 \times n_2. \quad (26)$$

где n_1 – количество источников света по длине, шт.;

$$n_1 = a/L, \text{ шт.};$$

$$n_1 = 78/4 = 19,5 \approx 20 \text{ шт.};$$

n_2 – количество источников света по ширине;

$$n_2 = b/L, \text{ шт.};$$

$$n_2 = 18/4 = 4,5 \approx 4 \text{ шт.}$$

Подставляем в формулу (26) числовые значения и производим расчеты.

$$N = 20 \times 4 = 80 \text{ шт.}$$

По формуле (25) находим расчетный поток источника света.

$$\Phi_p = \frac{150 \cdot 1404 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{80 \cdot 0,69} = 5455,7 \text{ лм.}$$

Световой поток лампы определяется по формуле (27).

$$\Phi_l = \frac{\Phi_p}{2} = \frac{5455,7}{2} = 2727,8 \text{ лм.} \quad (27)$$

Наиболее подходит газоразрядная лампа ЛБ 40 со световым потоком $\Phi_T = 3200$ лм. Устанавливается 2 источника света в каждом осветительном приборе [2].

Для нахождения относительной разности световых потоков используем выражение (28).

$$\Delta\Phi = \frac{(2 \cdot \Phi_{\tau}) - \Phi_p}{\Phi_p} \cdot 100\%. \quad (28)$$

Подставляем в формулу (27) числовые значения и вычисляем результат.

$$\Delta\Phi = \frac{(2 \cdot 3200) - 5455,7}{5455,7} \cdot 100\% = 17,3\%.$$

Производим проверку правильности расчета по условию (29) [5].

$$-10\% < \Delta\Phi < 20\%. \quad (29)$$

Подставляем значение $\Delta\Phi$.

$$-10\% < 17,3\% < 20\%$$

Условие выполняется, следовательно освещение рассчитано правильно.

Для определения удельной мощности необходимо мощность осветительной установки разделить на площадь помещения, по формуле (30).

$$P_{\text{удел.}} = \frac{P_{\text{св}} \cdot N}{A}, \quad (30)$$

где $P_{\text{удел.}}$ — удельная мощность, Вт/м²;

$P_{\text{св}}$ — мощность одного светильника, содержащего две лампы ЛБ 40, мощностью 40 Вт каждая;

$$P_{\text{св}} = 2 \cdot 40 = 80 \text{ Вт.}$$

Подставляем в формулу (29) числовые значения.

$$P_{\text{удел.}} = \frac{80 \cdot 80}{1404} = 4,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Выбор аварийного, дежурного освещения.

Аварийное освещение необходимо устанавливать и в производственных помещениях телятника, а также во вспомогательных. Количество источников аварийного освещения принимается равным 15% от (N) [5]. Определим количество светильников дежурного освещения по формуле (31).

$$N_{\text{деж.}} = N \cdot 0,15 = 80 \cdot 0,15 = 12 \text{ штук.} \quad (31)$$

Расчет остальных помещений аналогичен.

Рассчитаем наружное освещение.

Схема размещения светильника на плане входной площадки и расчет расстояний приведены на рисунке 7.

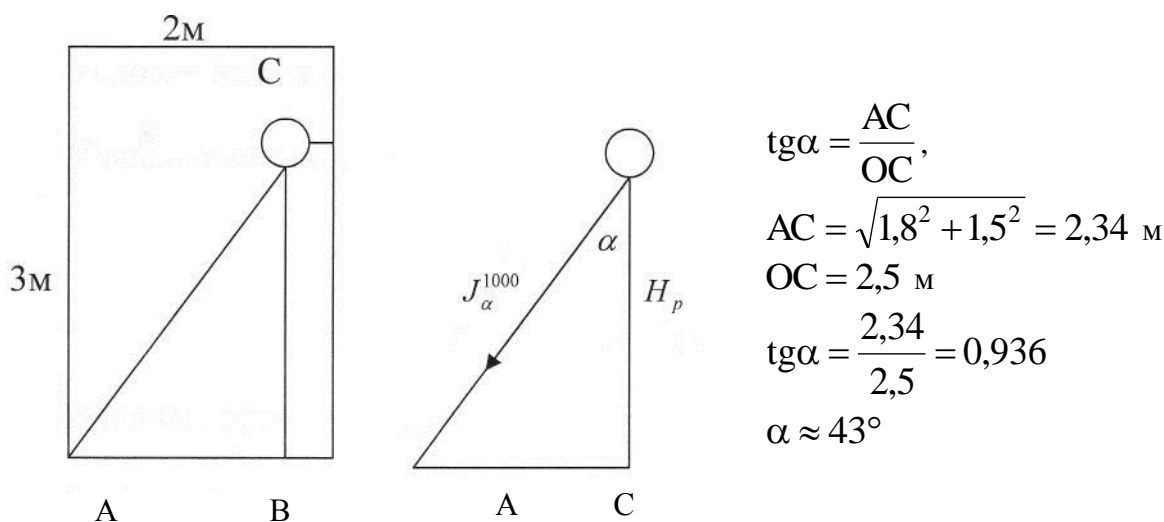


Рисунок 7 – Размещение источника света на плане и расчет углов и расстояний

Вид освещения: дежурное.

Система: общая – равномерная.

Величина дежурной освещенности при использовании ламп накаливания составляет: $E_H = 5$ лк, а коэффициент запаса: $K_3 = 1,15$ [5].

Геометрические размеры площадки перед входом в животноводческое помещение:

длина (A) = 3 м; ширина (B) = 3 м; высота подвеса (H_p) = 2,5 м.

Выбираем светильник со степенью защиты IP 54. Марка светильника НСП-03. Этот светильник имеет КСС «М», $\eta_c = 85\%$.

Для расчета используется «Точечный метод».

В начале расчета определяется условная освещенность (e), используя выражение (32).

$$e = \frac{J_{\alpha}^{1000} \times \cos^3 \alpha}{H_p^2}, \quad (32)$$

где J_{α}^{1000} – сила света в направлении угла α , берется по КСС «М», лк;

$$J_{\alpha}^{1000} = 150 \text{ лк.}$$

Подставляем в формулу (32) числовые значения, производим расчеты.

$$e = \frac{150 \times \cos^3 43^\circ}{2,5^2} = 9,38 \text{ лк.}$$

Поток светильника рассчитывается по выражению (33).

$$\Phi_{л} = \frac{1000 \cdot E_H \cdot K_3}{\mu \cdot e \cdot \eta_{св}}, \quad (33)$$

где μ – коэффициент, учитывающий отраженную составляющую освещенности;

$$\mu = 1.$$

Подставляем в формулу (32) числовые значения и производим расчеты.

$$\Phi_{л} = \frac{1000 \cdot 5 \cdot 1,15}{1 \cdot 9,38 \cdot 0,85} = 815 \text{ лм.}$$

Выбираем биспиральную криптоновую лампу БК-220-60 с $\Phi_{т} = 790$ лм [5].

Для нахождения относительной разности световых потоков используем выражение (34).

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{т} - \Phi_{р}}{\Phi_{р}} \cdot 100\%. \quad (34)$$

Подставляем в формулу (34) числовые значения, вычисляем результат.

$$\Delta\Phi = \frac{790 - 815}{815} \cdot 100\% = -3,6\%.$$
$$-10\% < -3,6\% < 20\%.$$

Условие выполняется.

Производим расчеты освещения. Данные заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Светотехническая ведомость

Характеристика помещения				Коэффициент отражения			Вид освещ.	Сист. освещен.	Нормир. освещ. вешц.	K _{зап}	Светильник		Лампа		Установ. мощн., Вт	Удельн. мощн., Вт/м
Наименование	Площадь, м ²	Высота, м	Среда	потолка	стен	пола					Тип	Кол-во	Тип	Мощн., Вт		
Стойловое	1404	3	хим.	50	30	10	раб.	Равномерная	150	1,3	ЛСП-23	80	ЛБ-40	40	7680	4,6
Тамбур	54	3	норм	50	30	10	раб.		20	1,3	НСП-01	4	Б-220-110	100	400	7,4
Вент. камера	9	3	норм	50	30	30	раб.		30	1,3	НСП-01	1	Б-220-110	100	100	9,2
Комната отдыха	9	3	норм	70	50	30	раб.		100	1,3	ЛСП-02	1	ЛБ-40	40	96	8,8
Вакуум-насосн.	8	3	норм	50	30	10	раб.		30	1,3	НСП-01	1	Б-220-110	100	100	12,5
Молочн.	16	3	сырое	50	30	10	раб.		150	1,3	ЛСП-23	2	ЛБР-40	40	192	10
Коридор	12	3	норм	50	30	10	раб.		50	1,3	ЛСП-02	2	ЛБ-40	40	192	13,3
Наружн. освещ.	6	2,5	сырое	-	-	-	деж.		5	1,11	НСП-01	5	БК-220-110	50	300	10

Удельная мощность определяется по формуле (30)

$$P_{\text{удел.}} = \frac{60}{6} = 10 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Вокруг помещения телятника находится пять входных площадок. Расчет освещения этих площадок проводится аналогично.

2.2 Расчет осветительной сети животноводческого помещения

При определении параметров сети освещения, вначале определяется способ подвода энергии. Затем вся осветительная делится на определенные группы, с учетом количества светильников, числа фаз, длины линии, по установленным правилам [5].

Для проектируемой системы освещения всю осветительную нагрузку делим на десять одинаковых, однофазных, двухпроводных групп.

Расчет производим на примере 1 группы. Схема для расчета указанного фидера изображена на рисунке 8.

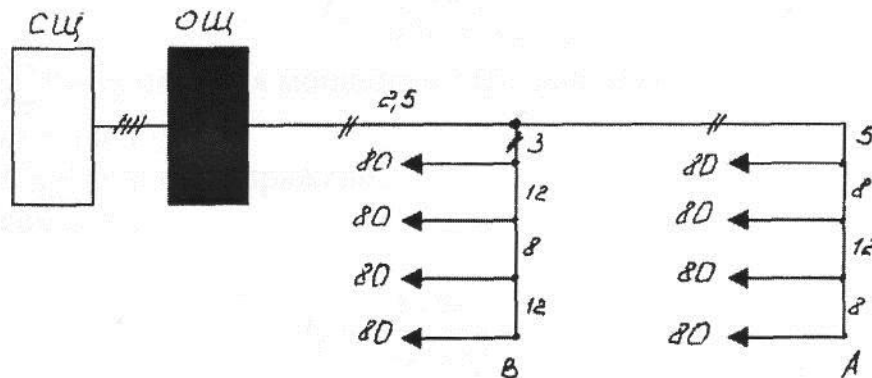


Рисунок 8 – Схема для расчета первой группы

В начале рассчитываем электрический момент по выражению (35).

$$M = S_i \times l_i, \tag{35}$$

где S_i – мощность осветительных приборов, находящихся за расчетным отрезком осветительной сети, кВт;

l_i – длина расчетных отрезков, м.

Подставляем в формулу (34) числовые значения и производим расчеты.

$$M_A = 0,096 \times (7,5 + 15,5 + 27,5 + 35,5) = 8,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Сечение провода осветительной сети находим по выражению (36).

$$S_p = \frac{M}{C \cdot \Delta U}, \quad (36)$$

где C – коэффициент, учитывающий параметры сети, число фаз и др.;

$$C = 7,4 [5];$$

ΔU – уменьшение напряжения в линии, %;

$$\Delta U = 2,3\% [5].$$

По выражению (35) определяем сечение провода.

$$S_p = \frac{8,2}{7,4 \cdot 2,3} = 0,48 \text{ мм}^2.$$

По рассчитанному значению провода и с учетом того, что минимальное сечение алюминиевого провода составляет $2,5 \text{ мм}^2$, выбираем алюминиевый провод с ПВХ изоляцией АПВЗ(1×2,5). Способ прокладки – в трубе.

Уменьшение напряжения находим по формуле (37).

$$\Delta U_\phi = \frac{M}{S_{\text{пр}} \cdot C}, \quad (37)$$

где $S_{\text{пр}}$ – стандартное сечение провода, мм^2 ;

$$S_{\text{пр}} = 2,5 \text{ мм}^2 [11].$$

Производим расчеты по формуле (35).

$$\Delta U_{\phi} = \frac{8,2}{2,5 \cdot 7,4} = 0,44\%$$

Выбранный провод АПВЗ(1×2,5) проверяется на нагрев по выражению (38).

$$I_p = \frac{\sum P}{m \cdot U_{\phi} \cdot \cos\varphi}, \quad (38)$$

где $\sum P$ – суммарная энергоемкость осветительной установки, Вт;

m – число фазных проводов, шт.;

U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

$\cos\varphi$ – значение показателя мощности; $\cos\varphi = 1$.

Производим расчеты тока по формуле (38).

$$I_p = \frac{8 \cdot 96}{1 \cdot 220 \cdot 1} = 3,8 \text{ А.}$$

Производим проверку правильности выбора провода по условию (39).

$$I_p < I_d, \quad (39)$$

где I_d – ток в проводе, допустимый по условию нагрева, А; для провода, проложенного в трубе, имеющего сечение $2,5 \text{ мм}^2$,

$$I_d = 20 \text{ А} [11].$$

$$3,8 \text{ A} < 20 \text{ A},$$

Так как выражение (39) справедливо, то условие нагрева выполняется.

Коммутационная и пускозащитная аппаратура.

Осветительные сети должны быть защищены от перегрузок и токов КЗ.

Для этих целей используются автоматические выключатели (АВ) с тепловыми и электромагнитными расцепителями (токовой отсечкой). Расчет характеристик (АВ) выполняется с использованием уравнений (40, 41, 42).

$$I_{\text{н.авт}} > I_{\text{р.мах}}, \quad (40)$$

$$I_y > I_p, \quad (41)$$

$$U_{\text{н.авт}} \geq U_c, \quad (42)$$

где $I_{\text{н.авт}}$ – номинальный ток коммутационного прибора, А;

$I_{\text{р.мах}}$ – наибольший расчетный ток в сети, А;

I_y – ток уставки автоматического выключателя, А;

$I_{\text{р.мах}}$ – рабочий ток защищаемого потребителя, А;

$U_{\text{н.авт}}$ – оптимальное напряжение автоматического выключателя, В;

U_c – сетевое напряжение, В.

Из справочника подбираем автоматический выключатель ВА-1625-14 [1]. Технические параметры прибора: $I_{\text{н.авт}} = 25 \text{ A}$; $I_y = 6 \text{ A}$; $U_{\text{н.авт}} = 380 \text{ В}$.

По формулам (39, 40, 41) проверяем правильность выбора.

$$I_{\text{н.авт}} = 25 \text{ (A)} > I_{\text{р.мах}} = 3,8 \text{ (A)},$$

$$I_y = 6 \text{ (A)} > I_p = 3,8 \text{ (A)},$$

$$U_{\text{н.авт}} = 380 \text{ (В)} = U_c = 380 \text{ (В)}.$$

Проверка показала правильность выбора автоматического выключателя.

Определение типа распределительного шкафа.

Путем сравнительного анализа выбираем шкаф управления ЯРН 8502. Шкаф управления освещением, предназначен для автоматизированной системы освещения с возможностью установки автоматики. На входе установлен выключатель ВА 5131-33, на отходящих группах ВА 1625-14.

2.3 Разработка сети внутреннего электроснабжения телятника

Разработка силовой сети производится для всех потребителей электроэнергии животноводческого помещения.

При расчете питающей линии электропривода агрегата для уборки навоза, вначале определяются паспортные данные приводного электродвигателя 4А100L4У3 [11]. Эти данные были установлены ранее и занесены в таблицу 1.

Коммутационный аппарат для пуска электродвигателя рассчитывается по формулам (43) и (44).

$$U_{н.п} \geq U_c, \quad (43)$$

$$I_{н.п} \geq I_{н.д}, \quad (44)$$

где $U_{н.п}$ – напряжение контактора оптимальное, В;

U_c – сетевое напряжение, В;

$I_{н.п}$ – ток контактов прибора оптимальный, А;

$I_{н.д}$ – ток электромотора оптимальный, А.

Номинальный ток электродвигателя определяем по выражению (45).

$$I_n = \frac{P_n \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \eta_n \cdot \cos\varphi_n}, \quad (45)$$

где P_n – мощность номинального режима работы электромотора, кВт;

$P_n = 4$ кВт;

U_l – линейное напряжение сети, В;

$U_l = 380$ В;

η_n – номинальный КПД электродвигателя;

$$\eta_H = 0,84;$$

$\cos\varphi_H$ – номинальный коэффициент мощности;

$$\cos\varphi_H = 0,85.$$

Подставляем в формулу (45) числовые значения, вычисляем ток.

$$I_H = \frac{4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,84 \cdot 0,85} = 8,51 \text{ (A)}.$$

Производим выбор магнитного пускателя марки ПМЛ-124002 [1]. По формулам (42, 43) производим проверку выбранного аппарата.

$$U_{H.П} = 380 \text{ (В)} = U_c = 380 \text{ (В)},$$

$$I_{H.П} = 10 \text{ (А)} \geq I_{H.д} = 8,51 \text{ (А)}.$$

Условия (42 и 43) выполняются, следовательно магнитный пускатель выбран верно.

Автоматический выключатель выбираем, как и автоматический выключатель для осветительной сети, по условиям (39, 40, 41).

Выбранный электродвигатель защищается от перегрузки и короткого замыкания с помощью автоматического выключателя ВА 1426-34 [1].

Производится проверка по напряжению и току:

$$380 \text{ В} = 380 \text{ В},$$

$$32 \text{ А} > 8,51 \text{ А}.$$

Вывод: автомат выбран правильно.

Ток теплового расцепителя выбираем равным: $I_{тр} = 10 \text{ А}$. Ток токовой отсечки (электромагнитного расцепителя): $I_o = I_{тр} \cdot 14 = 140 \text{ А}$.

Расчет силовой сети начинается с определения рабочего тока электро-

потребителя. При расчете линии, питающей привод навозоборочного транспортера, определяем рабочий ток (в данном случае он равен номинальному току электродвигателя): $I_p = I_{н.д} = 8,51 \text{ А}$.

По значению рабочего тока и учитывая материал проводника и способ прокладки проводов (в трубах), выбираем АПВ5 (1 × 2,5). Он длительно выдерживает ток, равный 19 А [17].

$$I_{\text{доп}} \geq I_p,$$
$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ (А)} > I_p = 8,51 \text{ (А)}.$$

Найдем значение действительного уменьшения сетевого напряжения по выражению (46).

$$\Delta U_{\phi} = \frac{P \cdot L}{c \cdot S'} \quad (46)$$

где P – активная мощность двигательной нагрузки, кВт; $P = 4 \text{ кВт}$;

L – протяженность отрезка линии, м; $L = 6 \text{ м}$;

c – показатель, определяемый сложностью электросхемы, количеством проводов и материалом, из которого они изготовлены;

$c = 44$ [13].

S – площадь поперечного сечения проводника, мм²; $S = 2,5 \text{ мм}^2$.

Подставляем в формулу (46) числовые значения, вычисляем падение напряжения.

$$\Delta U_{\phi} = \frac{4 \cdot 6}{44 \cdot 2,5} = 0,22\%.$$

Расчетное значение удовлетворяет допустимому падению напряжения (согласно требованиям, допустимое значение $\Delta U < 0,8\%$), что говорит о том,

что провода выбраны правильно. На остальных участках падение напряжения еще меньше, что говорит о правильности расчетов.

По второму разделу можно сделать следующие выводы. В разделе была спроектирована система электроснабжения помещения телятника-откормочника. Обоснована и рассчитана осветительная и силовая сети животноводческого помещения. При расчете осветительной сети был выбран вид, система освещения, нормированная освещенность и коэффициент запаса. Произведено размещение светильников в помещениях телятника. Выбран тип и марка светильников, рассчитана мощность источников света. Для рабочего освещения выбраны светильники ЛСП-23 (общее количество 80 штук), в качестве источников света лампы ЛБ-40. Для дежурного освещения светильники НСП-03 с лампами накаливания БК-200-60. Была определена конфигурация осветительной и силовой сетей, составлены их расчетные схемы. Произведен расчет силовых сетей. Для этого были определены нагрузки, рассчитаны токи. Выбраны проводники и способы их прокладки. Выбранные проводники силовой и осветительной сетей проверены на нагрев и допустимую потерю напряжения. Допустимое падение напряжения не должно превышать 0,8%.

3 Определение электрических нагрузок и выбор источника питания

Электрические нагрузки предприятий устанавливаются либо с помощью построения графиков электрических нагрузок, либо способом упорядоченных графиков [15, 16].

Для животноводческой фермы выберем первый способ. При этом исследуем график работы технологического оборудования, с помощью которого построим график электрических нагрузок [15].

Из графика (рисунок 9) видно, что наибольшая мощность потребляется с 8-30 до 18-00 часов, когда работает большинство технологического оборудования. Из построенного графика электрически нагрузок телятника следует:

$$P_{\text{общ}} = 47 + 47 + 8,6 + 9 = 111 \text{ кВт.}$$

Основную мощность потребляют агрегаты электрического нагрева:

$$P_{\text{эк}} = 47 + 47 + 9 = 103 \text{ кВт.}$$

Определим частное от деления электронагревательной и общей мощности по выражению (47).

$$\frac{P_{\text{эк}}}{P_{\text{общ}}} = \frac{103}{111} = 0,92. \quad (47)$$

По данным литературы [4], если соотношение (46) равно 0,92, то это отношение соответствует: $\cos\varphi = 0,99$.

Из этого условия определим полную мощность (S) по выражению (48).

$$S = \frac{P_{\text{общ}}}{\cos\varphi} = \frac{111}{0,99} = 112 \text{ кВА.} \quad (48)$$

Эквивалентную мощность определим, используя график (рис.9) по выражению (49).

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (49)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – соответствующие мощности нагрузок животноводческой фермы, длительностью не менее 30 минут, кВт;

t_1, t_2, \dots, t_n – длительность включения соответствующих потребителей.

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{11^2 + 22^2}{13,2 + 10}} = 16,7 \text{ кВт.}$$

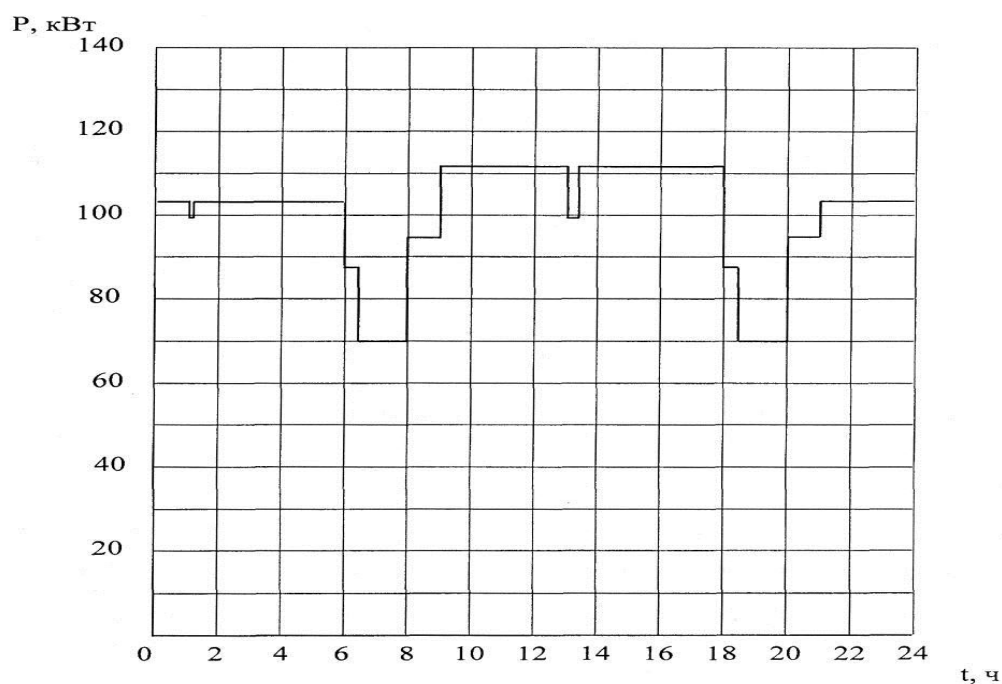


Рисунок 9 – График электрических нагрузок

Полную мощность рассчитывают с использованием активной мощно-

сти (P) и коэффициента мощности $\cos\varphi_{\text{экв}} = 0,76$.

$$S = P / \cos\varphi_{\text{экв}} = 16,7 / 0,76 = 22 \text{ кВА.}$$

Расчет остальных нагрузок производственных помещений телятника производится точно так же. Результаты расчета сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Определение электрических нагрузок животноводческой фермы

Название потребителя	Наибольшая нагрузка			
	дневная		вечерняя	
	активн. кВт	реакт. кВАр	активн. кВт	реакт. кВАр
1. Цех производства кормов	50	45	50	45
2. Телятник-откормочник	111	22	111	22
3. Помещение отдыха	4	-	7	-
4. Стойловое отделение	5	3	8	5
5. Родильное отделение	6	4	10	6
6. Отделение нетелей	5	3	8	5
7. Коровник на 100 животных	10	8	10	8
8. Водоснабжающий узел	2	2	2	2

Расчет мощностей потребителей электрической энергии животноводческой фермы в линиях 0,4 кВ осуществляется с учетом коэффициента одновременности. Расчет осуществляется по формулам (50) и (51).

$$P_d = K_o \cdot \sum P_{di}, \quad P_v = K_o \cdot \sum P_{vi}, \quad (50)$$

$$Q_d = K_o \cdot \sum Q_{di}, \quad Q_v = K_o \cdot \sum Q_{vi}, \quad (51)$$

где P_d, P_v – активные нагрузки на участке линии во время дневного и вечернего максимума потребления;

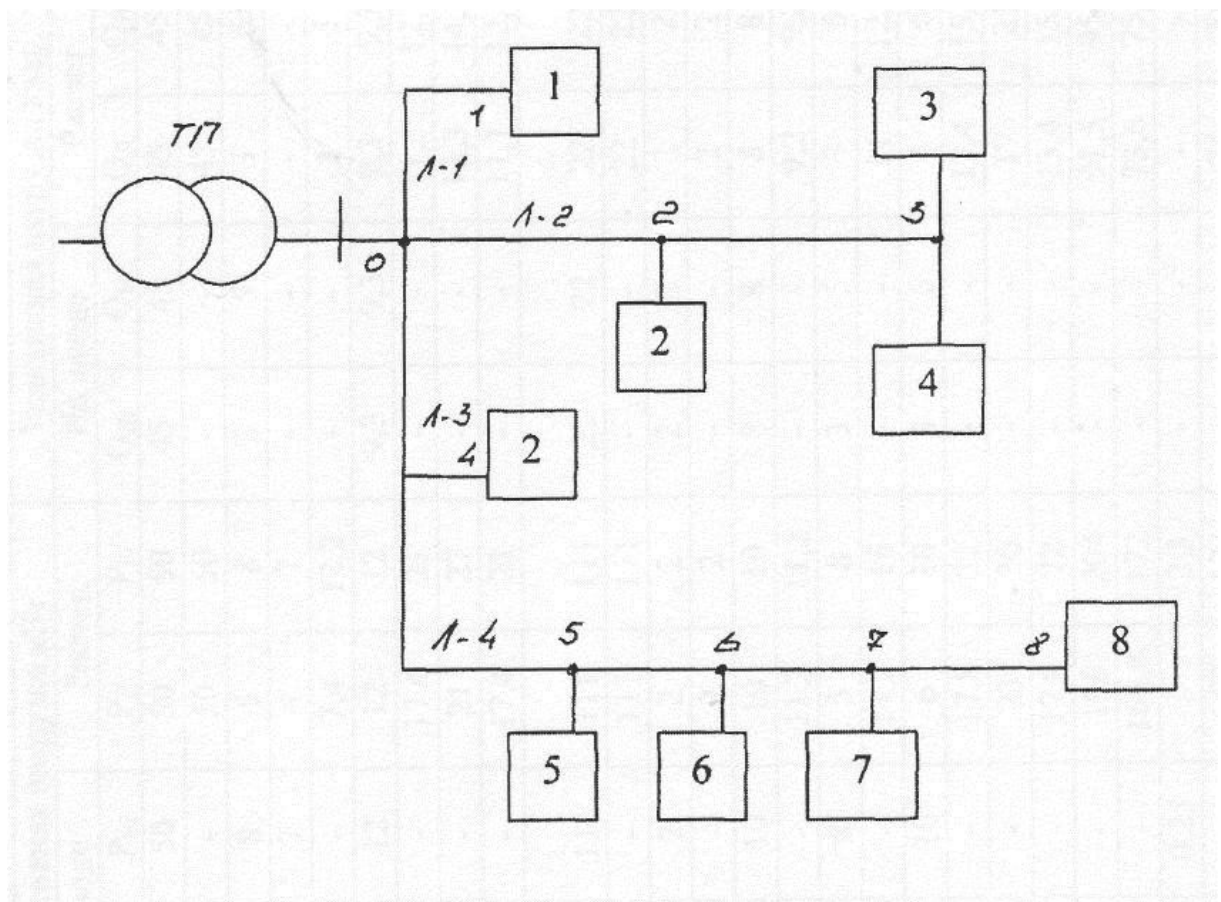
Q_d, Q_v – реактивные нагрузки на участке линии во время дневного и вечернего максимума потребления;

$P_{дi}, P_{вi}, Q_{дi}, Q_{вi}$ – нагрузки на вводе i -го потребителя, происходящие во время дневного и вечернего максимума;

$P_{дi}, P_{вi}, Q_{дi}, Q_{вi}$ – дневная и вечерняя нагрузки на вводе i -го потребителя;

K_0 – коэффициент, обусловленный одновременностью потребления.

Схема электроснабжения животноводческой фермы и схема линий 0,38 кВ изображена на рисунке 10.



1 – Цех производства кормов; 2 – Телятник-откормочник; 3 – Помещение для отдыха; 4, 6 – Помещение молодняка; 5 – Телятник с родильным отделением; 7 – Коровник на 100 голов; 8 – Водоснабжающий узел

Рисунок 10 – Схема электроснабжения животноводческой фермы

Результаты расчетов нагрузок фидеров 0,38 кВ животноводческой

фермы сведены в таблице 6. Расчет проводился по выражениям (52) и (53).

$$S_{д} = \sqrt{P_{д}^2 + Q_{д}^2}, \quad (52)$$

$$S_{в} = \sqrt{P_{в}^2 + Q_{в}^2}. \quad (53)$$

Дневные и вечерние токи и соответствующие им коэффициенты мощности в линии низкого напряжения и трансформаторной подстанции рассчитываются по формулам (54...57). Рассчитанные по формулам нагрузки занесены в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчет нагрузок фидеров 0,38 кВ и ТП 10/0,4 кВ

№ линий	Потребитель	Кол-во	K ₀	Активная нагрузка, кВт				Реактивная нагрузка кВАр.			
				на вводе		расчет		на вводе		расчет	
				P _д	P _в	P _д	P _в	P _д	P _в	P _д	P _в
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Л-1	1. Кормоцех	1	1	50	50	50	50	45	45	45	45
	Расчёт нагрузки Л-1	-	-	-	-	50	50	-	-	45	45
Л-2	Помещение молодняка	1	1	5	8	5	8	3	5	3	5
	Помещение отдыха.	1	1	4	7	4	7	-	-	-	-
	Расчётная нагрузка I ₂₋₃	-	-	-	-	7,4	12,2	-	-	3	5
	2. Коровника на 200 г.	1	1	12	12	12	12	9,3	9,3	9,3	9,3
	Расчёт нагрузки I ₀₋₂	-	-	-	-	17,4	21	-	-	11,1	12,3
	Итого	-	-	-	-	21	27	-	-	12,3	14,3
	Расчёт. нагрузка Л-2	-	-	-	-	17,4	21	-	-	11,1	12,3
Л-3	2. Молочный блок коровника 200 г.	1	1	111	111	111	111	22	22	22	22
	Расч.нагрузка Л-3	-	-	-	-	111	111	-	-	22	22
Л-4	8. Водокачка	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	Расч. нагрузка I ₇₋₈	-	-	-	-	2	2	-	-	2	2

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	7. Коровник 100 г.	1	1	10	10	10	10	8	8	8	8
	Расч. нагрузка I_{6-7}	-	-	-	-	11,2	11,2	-	-	9,2	9,2
	6. Помещение молодняка	1	1	5	8	5	8	3	5	3	5
	Расч. нагрузка I_{5-6}	-	-	-	-	14,2	16	-	-	11	12,2
Л-4	5. Телятник	1	1	6	10	6	10	4	6	4	6
	Расч. нагрузка I_{0-5}	-	-	-	-	17,8	22	-	-	13,4	15,8
	Итого	-	-	-	-	23	30	-	-	17	21
	Расч. нагрузка Л-4	-	-	-	-	17,8	22	-	-	13,4	15,8
Итого по Л-1, Л-2, Л-3, Л-4		-	-	-	-	196	204	-	-	91,5	95,1
Итого с учётом суммирования		-	-	-	-	166,8	172	-	-	73,6	75,8
Наружное освещение		9	1	-	0,25	-	2,3	-	-	-	-
Нагрузка ТП						167	174	-	-	74	76

Производим расчет нагрузок.

$$I_D = \frac{S_D}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (54)$$

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (55)$$

$$\cos\varphi_D = \frac{P_D}{S_D}, \quad (56)$$

$$\cos\varphi_B = \frac{P_B}{S_B}. \quad (57)$$

Подставим в формулы (54...57) числовые значения, производим расчеты, итоги вычислений представлены в таблице 7.

Таблица 7 – результаты вычислений нагрузок в фидерах 0,38 кВ

Эл. сети	Мощность						Ток, А		К-т мощн.	
	актив. кВт		реакт. кВАр.		полн. кВА		I _д	I _в	cosφ _д	cosφ _в
	P _д	P _в	Q _д	Q _в	S _д	S _в				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-1	50	50	45	45	67,3	67,3	102,2	102,2	0,74	0,74
Л-2										
2-3	7,4	12,2	3	5	8	13	12,2	18,2	0,93	0,94
0-2	17,4	21	11,1	12,3	20,6	24,3	31,3	36,9	0,84	0,86
Л-3	111	111	22	22	113	113	171,7	171,7	0,98	0,98
Л-4										
7-8	2	2	2	2	2,8	2,8	4,25	4,25	0,71	0,71
6-7	11,2	11,2	9,2	9,2	14,5	14,5	22	22	0,77	0,77
5-6	14,2	16	11	12,2	18	20	27,4	30,4	0,79	0,83
0-5	17,8	22	13,4	15,8	22,3	27	33,9	41	0,80	0,81
ТП	167	174	74	76	182,7	190	277,7	288,7	0,92	0,92
После повышения коэффициента мощности										
ТП	167	174	34	36	170	177,7	201,2	213,4	0,98	0,98

Компенсация реактивной мощности.

Так как естественный $\cos\varphi_e = 0,92$ (что меньше нормативного значения, равного $\cos\varphi_n = 0,95$), требуется его повышение [7, 13].

Для увеличения коэффициента мощности необходимо определить по формуле (58) компенсационную реактивную мощность Q_k .

$$Q_k = Q_{\text{ест}} - 0,33 \cdot P, \quad (58)$$

где $Q_{\text{ест}}$ – естественная (до компенсации) реактивная мощность.

Используя выражение (57) и данные таблицы 7 выполняем вычисления вечерней и дневной компенсационной мощности ($Q_{\text{кд}}$ и $Q_{\text{кв}}$).

$$Q_{\text{кд}} = 74 - 0,33 \cdot 167 = 18,9 \text{ кВАр},$$

$$Q_{\text{кв}} = 76 - 0,33 \cdot 174 = 18,58 \text{ кВАр}.$$

По выражению (59) определяем реактивную мощность батарей $Q_{\text{бк}}$.

$$Q_k < Q_{\text{бк}} < Q_{\text{ест}}, \quad (59)$$

где $Q_{\text{бк}}$ – реактивная мощность компенсационной батареи, кВАр.

Для повышения коэффициента мощности используем батарею конденсаторов с реактивной мощностью 40 кВАр для дневного и вечернего максимумов [18].

По выражению (60) вычисляем остаточную не скомпенсированную реактивную мощность.

$$Q = Q_{\text{ест}} - Q_{\text{бк}}, \quad (60)$$

Подставляем в формулу (59) числовые значения, производим расчеты.

$$Q_{\text{д}} = 74 - 40 = 34 \text{ кВАр},$$

$$Q_{\text{в}} = 76 - 40 = 36 \text{ кВАр}.$$

По формуле (61) определяем полную загрузку трансформатора после осуществления компенсации реактивной мощности.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (61)$$

Подставляем в формулу (59) числовые значения, производим расчеты.

$$S_{\text{д}} = \sqrt{167^2 + 34^2} = 170 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{в}} = \sqrt{174^2 + 36^2} = 177,7 \text{ кВА}.$$

Определение коэффициента мощности после его повышения производится по выражениям (56), (57). Производим расчеты.

$$\cos\varphi_{\text{д}} = \frac{167}{170} = 0,98,$$

$$\cos\varphi_{\text{в}} = \frac{174}{177,7} = 0,98,$$

Все расчетные данные по нагрузкам в фидерах 0,38 кВ представлены в таблице 7.

По расчетным данным производится выбор силового трансформатора 10/0,4 кВ. Расчет производится по экономическим интервалам нагрузок [20]. В результате проведенных расчетов для электроснабжения животноводческой фермы был выбран трансформатор 10/0,4 кВ мощностью $S_{\text{T}} = 160$ кВА [21].

3.1 Выбор сетей напряжением 0,38 кВ

3.1.1 Определение качества напряжения у потребителей

Для того, чтобы произвести оценку качественных показателей напряжения у потребителей в начале определяем величину $\Delta U_{\text{доп}}$ в сетях 0,38 кВ. Выбор потерь и надбавок напряжения в схеме электроснабжения животноводческой фермы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Выбор потерь и надбавок напряжения в схеме электроснабжения

Составляющая сети	Обозначение	Величина %	
		100	25
токопроводы 10 кВ ГПП	V	+6	+1
ответвления 10 кВ	ΔU	-5	-1,3
трансформаторный пункт 10/0,4 кВ	ΔU_{T}	0	0
величина потерь напряжения	ΔU	-1,4	-0,4
добавка конструктивная	V-	+5	5
добавка регулируемая	$V \approx$	0	0
шины 0,4 кВ	V	+4,6	+4,3
линия 0,38 кВ	$\Delta U'$	-9,6	0
внешняя часть	$\Delta U_{\text{доп}}$	7,1	0
внутренняя часть	$\Delta U''$	-2,5	0

Продолжение таблицы 8

Энергопотребитель	U _{доп}	-5	+5
-------------------	------------------	----	----

По данным таблицы 8 производим расчет электрических параметров линии 0,38 кВ.

3.1.2 Расчет электрических параметров линий напряжением 0,38 кВ

Во внешних электрических линиях проводниковая продукция выбирается по величине допустимого напряжения либо по интервалам нагрузки. После чего проводники проверяются по допустимому падению напряжения и по допустимой температуре. В ПУЭ рекомендуется определять сечения проводников ВЛ 0,38 кВ по экономической плотности тока. При этом учитывают рост нагрузок и определяют эквивалентную мощность на участках фидеров ($S_{\text{экв}}$) по выражению (62).

$$S_{\text{экв}} = S_{\text{расч}} \cdot R_{\text{д}}, \quad (62)$$

где $S_{\text{расч}}$ – наибольшая полная мощность, кВА;

$R_{\text{д}}$ – показатель, зависящий от увеличения нагрузок во времени;

$$R_{\text{д}} = 0,7.$$

Производим расчет эквивалентных мощностей на отрезках фидеров:

$$\begin{aligned} \text{Л-1: } S_{\text{экв1}} &= 67,3 \cdot 0,7 = 47,11 \text{ кВА,} & l_1 &= 15 \text{ м,} \\ \text{Л-2: } S_{\text{экв2-3}} &= 13 \cdot 0,7 = 9,1 \text{ кВА,} & l_{2-3} &= 50 \text{ м,} \\ S_{\text{экв0-2}} &= 24,3 \cdot 0,7 = 17 \text{ кВА,} & l_{0-2} &= 20 \text{ м,} \\ \text{Л-3: } S_{\text{экв3}} &= 113 \cdot 0,7 = 79,1 \text{ кВА,} & l_3 &= 50 \text{ м,} \\ \text{Л-4: } S_{\text{экв7-8}} &= 2,8 \cdot 0,7 = 1,96 \text{ кВА,} & l_{7-8} &= 25 \text{ м,} \\ S_{\text{экв0-7}} &= 14,5 \cdot 0,7 = 9,84 \text{ кВА,} & l_{0-7} &= 77 \text{ м,} \\ S_{\text{экв5-6}} &= 20 \cdot 0,7 = 14 \text{ кВА,} & l_{5-6} &= 28 \text{ м,} \end{aligned}$$

$$S_{\text{экв}0-5} = 27 \cdot 0,7 = 18,9 \text{ кВА}, \quad l_{0-5} = 30 \text{ м.}$$

Используя полученные значения эквивалентных мощностей рассчитываем сечения проводников.

Для Л-1 – выбираем алюминиевый провод: 5 А-50,

Для Л-2 на участке 2-3 – выбираем алюминиевый провод: 5 А-25,

на участке 0-2 – выбираем алюминиевый провод: 5 А-25,

Для Л-3 – выбираем алюминиевый провод: 5А-50

Для Л-4 на участке 7-8 – выбираем алюминиевый провод: 5 А-25,

на участке 6-7 – выбираем алюминиевый провод: 5 А-25,

на участке 5-6 – выбираем алюминиевый провод: 5 А-25,

на участке 0-5 – выбираем алюминиевый провод: 5А-25.

Проверяем выбранные провода на допустимый нагрев по выражению (63).

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.мах}}, \quad (63)$$

где $I_{\text{доп}}$ – ток, допустимый по условиям нагрева провода, А;

$I_{\text{р.мах}}$ – максимальный рабочий ток в проводе, А;

Подставляем числовые значения и производим проверку.

Линия Л-1 А-50 $I_{\text{доп}} = 215\text{А} > I_{\text{р.мах}} = 102 \text{ А},$

Линия Л-2 А-25 $I_{\text{доп}} = 135\text{А} > I_{\text{р.мах}} = 36,9 \text{ А},$

Линия Л-3 А-50 $I_{\text{доп}} = 215\text{А} > I_{\text{р.мах}} = 171,7 \text{ А},$

Линия Л-4 А-25 $I_{\text{доп}} = 135\text{А} > I_{\text{р.мах}} = 41 \text{ А}.$

Вывод: все провода удовлетворяют условию (63), поэтому выбраны

правильно.

Падения напряжения в фидерах определяются по формуле (64)

$$\Delta U_{\phi} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\max} \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi)}{U_H} \cdot 100\%, \quad (64)$$

где r_0 и x_0 – соответственно активные и реактивные удельные сопротивления проводов фидера, Ом/км;

l – протяженность фидера, км;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности соответствующей нагрузки телятника.

Марка провода: А-25: значения сопротивлений: $r_0 = 1,14$ (Ом/км); $x_0 = 0,345$ (Ом/км);

Марка провода: А-50: значения сопротивлений: $r_0 = 0,576$ (Ом/км); $x_0 = 0,325$ (Ом/км).

Производится расчет падения напряжения первой линии Л-1:

$$\Delta U_{\phi 1} = \frac{\sqrt{3} \cdot 102,2 \cdot 0,015 \cdot (0,576 \cdot 0,74 + 0,325 \cdot 0,67)}{380} \cdot 100\% = 0,45\%.$$

Производится расчет падения напряжения второй линии Л-2:

$$\Delta U_{\phi 2-3} = \frac{\sqrt{3} \times 18,2 \times 0,05 \times (1,14 \times 0,94 + 0,345 \times 0,34)}{380} \times 100\% = 0,49\%$$

$$\Delta U_{\phi 0-2} = \frac{\sqrt{3} \times 36,9 \times 0,02 \times (1,14 \times 0,86 + 0,345 \times 0,51)}{380} \times 100\% = 0,38\%$$

$$\Delta U_{\phi Л-2} = \Delta U_{\phi 2-3} + \Delta U_{\phi 0-2} = 0,49 + 0,38 = 0,87\% .$$

Производится расчет падения напряжения третьей линии Л-3:

$$\Delta U_{\Phi 3} = \frac{\sqrt{3} \times 171,7 \times 0,05 \times (0,576 \times 0,98 + 0,325 \times 0,2)}{380} \times 100\% = 2,3\% .$$

Производится расчет падения напряжения четвертой линии Л-4:

$$\Delta U_{\Phi 6-7} = \frac{\sqrt{3} \times 22 \times 0,077 \times (1,14 \times 0,77 + 0,345 \times 0,63)}{380} \times 100\% = 0,84\% ;$$

$$\Delta U_{\Phi 5-6} = \frac{\sqrt{3} \times 30,4 \times 0,028 \times (1,14 \times 0,83 + 0,345 \times 0,56)}{380} \times 100\% = 0,47\% ;$$

$$\Delta U_{\Phi 0-5} = \frac{\sqrt{3} \times 41 \times 0,03 \times (1,14 \times 0,81 + 0,345 \times 0,6)}{380} \times 100\% = 0,63\% ;$$

$$\Delta U_{\text{фл-4}} = 0,05 + 0,84 + 0,47 + 0,63 = 0,63\% .$$

Приведенные расчеты показывают правильность выбранных марок и сечений проводов, так как потери напряжения на всех участках фидеров 0,38 кВ находятся в допустимых пределах..

По третьему разделу можно сделать определенные выводы. В данном разделе решались вопросы внешнего электроснабжения животноводческой фермы. Был построен график электрических нагрузок исходя из технологического графика работы оборудования фермы. Определена конфигурация линии 0,38 кВ и определено место установки трансформаторной подстанции. Определены расчетные дневные и вечерние нагрузки на участках линии и на вводе подстанции. Выполнено повышение коэффициента мощности $\cos\phi$, для чего рассчитана емкость конденсаторной батареи (конденсаторная батарея 40 кВАр реактивной энергии). Определено значение мощности понижающего трансформатора сетей 10/0,38 кВ равная 160 кВА. По расчетам был выбран трансформатор величиной $S_T = 160$ кВА с промежутками нагрузок 161 – 320 кВА. Определены сечения проводников, используемых для внешнего электроснабжения телятника. Выбраны марки проводов и линейная арматура. Проведена проверка проводов на нагрев и на потерю напряжения.

4 Организация безопасной эксплуатации электрооборудования

4.1 Безопасность работ в телятнике

Помещение телятника относится к особо опасным помещениям. Так как присутствуют следующие факторы опасности: сырость, химически активная среда (аммиак) и имеется возможность одновременного прикосновения к заземленным металлоконструкциям с одной стороны и к корпусу электрооборудования с другой стороны.

Для обеспечения электробезопасности необходимо произвести заземление и зануление всех корпусов электрического и технологического оборудования, а также все металлические предметы, к которым возможно прикосновение животных и обслуживающего персонала. Основное защитное мероприятие в телятнике заключается в применении автоматического отключения оборудования, при попадании потенциала на корпус. В помещении телятника необходимо использовать оборудование со степенью защиты IP55 [14]. Внутренние силовые и осветительные проводки прокладывать в полимерных кабель-каналах или металлических трубах, применять провод с двойной изоляцией.

При выполнении заземления электрические соединения производятся металлическими элементами полосой, прутком или толстой проволокой с оговоренными в ПУЭ сечениями [8]. Способ соединения – сварка. На животноводческой ферме желательно в первую очередь использовать естественные заземлители (строительные и технологические конструкции). И только в случае их недостаточности, применять искусственные устройства.

Оценивается правильность выбора необходимого количества заземляющих устройств по условию допустимых напряжений при аварийных режимах.

При вводе в помещение телятника воздушной линии электропередач нулевой провод линии должен быть заземлен.

Это осуществляется с помощью его соединения либо с искусственным, либо с естественным заземляющим устройством, имеющими электрическую связь с землей [8].

Указанное заземляющее устройство должно иметь сопротивление не больше 30 Ом [8].

Расчет величины сопротивления естественных и искусственных заземлителей нулевого проводника воздушной линии, а также возможности выравнивания электрических потенциалов естественным способом производят еще во время выполнения проекта. Перед началом эксплуатации вновь построенного животноводческого помещения, или после его капитального ремонта необходимо произвести замеры заземления. В дальнейшем проверять величину заземления необходимо не реже раза в год [17].

Замеры производят с помощью метода вертикального электрического зондирования (ФВЭЗ) грунта в местах размещения животных в телятнике.

Во время производства работ по замерам сопротивлений и потенциалов в животноводческом помещении необходимо придерживаться инструкций, указанных в ПОТРМ и ПУЭ [14, 17].

Поражение электрическим током в электроустановках напряжением 0,38 кВ могут происходить при следующих условиях:

- в случаях касания частей электроустановок, которые при обычных (не аварийных) режимах работы находятся под напряжением. Это токоведущие силовые проводники электроустановок, цепи управления и автоматики;
- в случаях несоблюдения допустимых расстояний между токоведущими частями электрооборудования, находящимися под напряжением и поверхностью тела животного или человека;
- в случаях прикосновения к нетоковедущим частям электрооборудования, к корпусам технологического оборудования и металлическим частям ограждения, на которых нет электрического потенциала при нормальных режимах работы электроустановки.

Важной мерой снижения травматизма на предприятии является высокая квалификация обслуживающего персонала. Выполняемая работа должна соответствовать уровню квалификации работника.

Для электромонтеров, обслуживающего электроустановки имеются 5 групп по электрической безопасности.

Несоблюдение норм и правил техники безопасности приводит не только к поломкам дорогостоящего технологического оборудования, но и к повышенному травматизму и даже к возможности получения смертельных травм.

При производстве ремонтных работ технологического и электрического оборудования животноводческого помещения необходимо, во-первых, отключить электропитание и предусмотреть меры, по исключению возможности ошибочной подачи напряжения.

Работники, обслуживающие электрическое и технологическое оборудование телятника-откормочника, или проводящие там ремонтные работы, снабжаются средствами индивидуальной защиты. Такими, как респираторы, очки, диэлектрические перчатки, коврики и др.

Большое значение для безопасности работ имеет состояние ручных электроинструментов. Который должен быть проверен и сертифицирован. Не допускается использовать электроинструмент с просроченными сроками проверки, а также не оформленный соответствующим образом.

Вопросам пожарной безопасности должно уделяться первостепенное внимание не только на стадии проектирования животноводческого предприятия, но и во время его повседневной работы. Работники предприятия должны хорошо разбираться в вопросах пожаротушения, особенно в вопросах тушения пожара в электроустановках. Работники должны хорошо знать свои действия как в случае угрозы пожара, так и в случае его появления. В случае начала пожара работник фермы, любого уровня, даже не находящийся при исполнении своих служебных обязанностей, должен в первую очередь вызвать пожарную охрану. Затем немедленно, самостоятельно приступить к

тушению пожара. При этом работники обязаны обладать специальными знаниями, в частности знать, где располагаются на данной животноводческой ферме средства тушения пожара: пожарный щит, пожарный гидрант и другое. Работники фермы должны уметь пользоваться средствами тушения пожара: огнетушителями, гидрантами, пожарными рукавами и др.

Значительно повышает пожарную устойчивость животноводческого помещения защитное заземление. Установка заземления производится специальной бригадой по наряду-допуску или распоряжению. Заземление представляет из себя устройство, представляющее собой совокупность соединенных между собой заземлителей и заземляющих проводников. Забитые (вкрученные) в землю заземлители соединяются между собой

Грозы, а именно удары молнии в незащищенные здания, сооружения, объектам животноводства приводят к тяжелым последствиям: пожарам, разрушениям, выходу из строя электрооборудования. Иногда даже достаточно непрямого удара молнии (рядом с электроустановкой) чтобы вывести из строя связь электронное оборудование.

В результате выхода из строя электрооборудования без электропитания может остаться помещение телятника-откормочника, что совершенно недопустимо для потребителя первой категории [14, 17].

Помещения животноводческой фермы, а также подсобные помещения и площадки, например выгульную площадку, сенохранилище и другие необходимо защищать молниеотводами, которые могут быть одиночной или протяженной конструкции. Также можно использовать для молниезащиты уже существующие конструкции: дымовые трубы, арки, мачты [21, 22]. Важно при этом, чтобы под расчетный купол молниеотводов входили все защищаемые здания и сооружения. Кроме того, все естественные и искусственные молниеотводы были оборудованы собственным контуром заземлением с допустимой величиной сопротивления не более 10 Ом, для зданий 1 и 2 категории [21].

При проектировании молниеотводов вначале задаются вероятностью защиты от прямого попадания молнии в защищаемый объект, а затем определяют высоту, количество и места установки молниеотводов. А также зону защиты молниеотводов.

4.2 Производственная санитария на животноводческой ферме

Все животноводческие предприятия, особенно коровники и свинарники, сильно загрязняют окружающую среду. Загрязняется территория, воздух, почва, подземные воды отходами жизнедеятельности животных, а также веществами, используемыми при обслуживании и содержании животных [3]. Возникающая при загрязнении плохая экологическая обстановка на ферме ухудшают здоровье и продуктивность скота. В результате загрязнения окружающей среды наблюдается повышенная заболеваемость животных, их привесы снижаются.

Для того, чтобы избежать отрицательных последствий плохой экологии, предусмотрены следующие мероприятия [3, 10]:

- очищать помещение телятника от остатков корма и подстилочного материала;
- организовать вентиляцию, с подогревом приточного воздуха в холодное время, с достаточной кратностью воздухообмена;
- для утилизации навоза построить навозохранилище согласно санитарных нормам и правилам, исключающее загрязнение почвенных вод;
- установить оборудование для очистки сточных вод;
- организовать скотомогильник, с санитарной зоной возле него, для утилизации павших животных;
- регулярно проводить ветеринарные осмотры животных на предмет выявления инфекционных заболеваний.

Животноводческие фермы и комплексы оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду и вредно влияют на здоровье обслуживающего персонала. Можно выделить следующие факторы [3]:

- загрязнение близлежащей территории отходами жизнедеятельности животных;
- загрязнение атмосферы аммиаком и газами, возникающими при разложении фекалий;
- загрязнение подземных и поверхностных вод.
- привлечение летающих кровососущих насекомых и грызунов.

Разработанные в четвертом разделе работы вопросы по безопасной эксплуатации электрооборудования и экологической безопасности должны быть внедрены в производство. Это позволит повысить продуктивность животных, телят на откорме, увеличит их суточные привесы.

Выводы по разделу 4: рассмотрены вопросы безопасности труда в процессе работы и эксплуатации оборудования в телятнике-откормочнике. Определены задачи, которые необходимо решить для повышения безопасности труда на животноводческой ферме. Рассмотрены вопросы электробезопасности в местах нахождения животных. Определены требования к периодичности проверки качества изоляции электрического оборудования, к величине сопротивления заземляющих устройств. Проработаны вопросы защиты проектируемого животноводческого предприятия от прямых ударов молнии и атмосферных перенапряжений. Разработаны вопросы повышения пожарной безопасности на проектируемом объекте. Решены вопросы производственной санитарии в телятнике-откормочнике, а также проблемы повышения экологической безопасности.

Заключение

Целью практики являлось повышение надежности электроснабжения животноводческого хозяйства, на примере телятника-откормочника.

При проектировании животноводческого предприятия решены поставленные задачи. Была обоснована технология содержания молодняка КРС (телят на откорме). Был произведен расчет технических параметров и выбрано технологическое оборудование, для комплексной механизации основных трудоемких процессов при выращивании телят. Обоснована схема уборки навоза и выбран навозоуборочный транспортер ТСН-160А и спроектирован электропривод.

Во втором разделе был произведен расчет внутреннего электроснабжения телятника-откормочника. В процессе проектирования был проведен расчет силовых и осветительных сетей, определена их конфигурация. Для сетей освещения выбраны светильники ЛСП-23, в качестве источников освещения лампы ЛБ-40. Для дежурного освещения использовались светильники НСП-03 с лампами накаливания БК-200-60. Была определена конфигурация осветительной и силовой сетей, составлены расчетные схемы. Выбраны сечения и марки проводов, определены способы их прокладки, провода. Выбраны автоматические выключатели, магнитные пускатели, электротепловые реле.

При решении вопросов внешнего электроснабжения был построен график электрических нагрузок. Определена конфигурация линии 0,38 кВ и определено место установки трансформаторной подстанции. Определены расчетные нагрузки на участках линии и определены токи и коэффициент мощности $\cos\varphi$. С целью увеличения коэффициента мощности была обоснована установка для компенсации реактивной мощности, рассчитана ёмкость батарея конденсаторов 40 кВАр. Выбран силовой понижающий трансформатор мощностью 160 кВА. Определены марки и выбраны сечения проводов для внутреннего и внешнего электроснабжения хозяйства. Проведенные проверки оборудования показали правильность принятых решений.

Список используемой литературы

1. Аппараты защиты электрических цепей. Технический каталог. М.: Интерэлектрокомплект, 2005. 25 с.
2. Арматура светосигнальная серии АС. Каталог 07.12.05-01. М.: Информэлектро, 2001. 5 с.
3. Белянчиков Н.Н., Смирнов А.И. Механизация животноводства. М.: Колос, 2003. 360 с.
4. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов под редакцией Богословского В.Н. М.: Стройиздат, 2003. 295 с.
5. Быков В.Г. Справочные материалы для проектирования электрического освещения. Челябинск, 2006. 141 с.
6. Водяников В.Т. Экономическая оценка энергетики АПК: Учебное пособие. М., 2003. 304 с.
7. Глушков В.М., Грибин В.П. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий. М.: Энергия, 2005, 104 с.
8. Горшков Ю.Г., Зайнишев А.В., Н.Я. Николаев. Методические указания к выполнению раздела «Безопасность труда» в дипломных работах и проектах для студентов электротехнических специальностей под редакцией Горшкова Ю.Г. Челябинск, 2008. 23 с.
9. Иванов В. С., Соколов В. И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2017. 336 с.
10. Коба В. Г., Брагинец Н. В., Мурусидзе Д. Н., Некрашевич В. Ф. Механизация и технология производства продукции животноводства. – М.: Колос, 1999. 580 с.
11. Кондратенков Н.И., Грачев Г.М., Антони В.И. Курсовое проектирование по электроприводу в сельском хозяйстве: Учебное пособие под руководством Кондратенкова Н.И. Челябинск, 2002. 236 с.

12. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2016. 136 с.
13. Липкин Б.Ю. «Электроснабжение промышленных предприятий и установок»: Учеб. для учащихся электротехн. специальностей средних спец. учебн. заведений. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2016. 366 с.
14. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТРМ – 016 – 2001/2003. М.: Госэнергонадзор Минэнерго России, РАО «ЕЭС России», 2003. 180 с.
15. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергия, 2003. 584 с.
16. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 2015. 608 с.
17. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 2003. 470 с.
18. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. М. Академия., 2007. 448 с.
19. Система машин для комплексной механизации сельхозпроизводства на 1981-1990 годы. Ч. II. Животноводство – М.: ЦНИИТЭИ, 2005. 615 с.
20. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина, Л.Е. Федорова и др. – М.: Энергоатомиздат, 2014. 506 с.
21. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т. Т. 2. Электрооборудование /Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2006. 592 с
22. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. М. Энергоатомиздат., 2007. 180 с.
23. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. М.: Колос, 1984. 288 с.

24. Buckett, M. Introduction to Livestock Husbandry / M. Buckett. – 2nd ed. – Oxford; New York; Toronto: Pergamon Press, 1977. – 164 p.

25. Collis, John Stewart. The Worm forgives the plough. Кн. 1. While following the Plough. Кн. 2. Down to Earth / J. S. Collis. – Middlesex (England): Penguin Books, 1988. – 363 p.

26. Cramer, Gail. L. Agricultural economics and Agribusiness / G. L. Cramer; W. J. Clarence. – New York, Chichester, Brisbane: John Wiley & Sons, Inc., 1994. – 534 p.

27. From The Land / edited by N. P. Pittman. – Washington, D C: Island Press, 1988. – 478 p.

28. Kallen, Stuart A. The Farm / S. A. Kallen. – Edina (Minnesota): ABDO & Daughters, 1997. – 24 p.