Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Энергетики и электротехнологии»

##### П.Л. Лекомцев

# КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

# ПО ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

**учебное пособие для студентов ФНПО**

# Ижевск 2019

## Содержание

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ВВЕДЕНИЕ | 3 |
|  | ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ОБЪЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ | 4 |
| 2 | РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ | 5 |
| 2.1 | Расчет электрокалориферной установки | 5 |
| 2.1.1 | Расчет тепловой нагрузки животноводческих помещений | 5 |
| 2.1.2 | Выбор вентиляторов | 8 |
| 2.1.3 | Тепловой и конструктивный расчет нагревательного блокаэлектрокалорифера | 10 |
| 3 | РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ СЕТЕЙ И ВЫБОР ПЗА | 15 |
|  | ПРИЛОЖЕНИЯ | 19 |
|  | ЛИТЕРАТУРА | 28 |

# ВВЕДЕНИЕ

Развитие сельскохозяйственного производства связано с широким потреблением тепловой энергии в процессах обработки материалов, создания микроклимата, получения искусственного холода. Наиболее универсальными источниками тепловой энергии в современных технологиях являются электронагревательные установки.

Повышение эффективности использования электронагрева и совершенствование нагревательных установок требует подготовки высококвалифицированных специалистов, глубоко понимающих физические процессы электронагрева.

Целью курсовой работы является:

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

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

Выполнение курсовой работы должно продемонстрировать

знания студентов:

* устройства, работы, технических данных, способов управления и автоматизации электротехнологического оборудования;

умение студентов:

* обосновывать технико-экономическими расчетами применение электронагрева и электротехнологии в технологических процессах сельского хозяйства;
* производить расчет и проектирование устройств электронагрева и электротехнологии с использованием современных расчетных методов и вычислительной техники;
* разрабатывать способы управления и автоматизации электротермических установок.

При выполнении курсовой работы используется патентная документация, учебная и справочная литература, руководящие материалы по проектированию, а также другая научно-техническая литература.

# 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ОБЪЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В качестве объекта проектирования принимаются электротермические установки различного назначения или животноводческие и птицеводческие помещения.

***Проектирование электротермических установок животноводческих помещений.***

Исходными данными для проектирования служат:

1) типовой проект животноводческого помещения;

2) температура и относительная влажность животноводческого помещения и окружающей среды;

3) компоновка ТЭНов в нагревательном блоке электрокалорифера;

В расчетно-пояснительной записке рекомендуется выделять следующие разделы: введение; расчет тепловой нагрузки животноводческих помещений; расчет системы вентиляции; тепловой и конструктивный расчет нагревательного блока электрокалорифера; расчет внутренних силовых сетей и выбор ПЗА.

Варианты заданий приводятся в приложении А.

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 15...20 страниц. В графической части, на листе формата А1, представляются принципиальные электрические схемы управления и автоматизации. Пояснительная записка и чертежи оформляются согласно требованиям, приведенным в приложении Б.

# 2.РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

# ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

# 2.1 Расчет электрокалориферной установки

### 2.1.1 Расчет тепловой нагрузки

### животноводческих помещений

Тепловой поток системы отопления и вентиляции определяют из уравнения теплового баланса

, (2.1)

где *Фог, Фв* и *Фж* – соответственно тепловые потоки теряемые через ограждения, на нагрев вентиляционного воздуха и тепловой поток, поступающий от животных, Вт

Тепловой поток через ограждения можно определить по выражению

, (2.2)

где *qо* – удельная тепловая характеристика помещения, характеризует количество теплоты, теряемого наружной поверхностью помещения 1 м3 при разнице температур наружного и внутреннего воздуха 1 оС, Вт/(м3⋅оС), (приложение В.1); *Vн* – объем помещения по наружному обмеру, м3; *tв* и *tн*– соответственно температуры наружного и внутреннего воздуха, оС.

Тепловой поток, теряемый на нагрев приточного воздуха

, (2.3)

где *L* – расчетный воздухообмен помещения, м3/ч; *св* – удельная теплоемкость воздуха, *св* = 1 кДж/(кг⋅оС); *ρ* - расчетная плотность воздуха после калорифера, кг/м3.

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

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

 (2.4)

где 1,2 – коэффициент, учитывающий количество *СО2*, выделяемое подстилкой при ее разложении;*с* количество *СО2*, выделяемое одним животным (птицей), л/ч; (приложения В.2, В.4); *n* - количество животных (птицы) в помещении; *с1-* предельно допустимая концентрация *СО2* в воздухе помещения, л/м3; (в коровниках, телятниках и птичниках *с1* не более 2,5 л/м3, в свинарниках – 2,0 л/м3); *с2*- концентрация *СО2* в наружном воздухе. В сельской местности *с2* = 0,3 ... 0,4 л/м3.

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

 (2.5)

где *W* - масса влаги, выделяющейся в помещении, г/ч; *dв* и *dн* - влагосодержание внутреннего и наружного приточного воздуха, г/кг;  *ρ* - расчетная плотность воздуха в помещении, кг/м3.

Плотность воздуха зависит от температуры и атмосферного давления

, (2.6)

где *p* – расчетное барометрическое давление в данном районе, кПа; *t*– расчетная температура воздуха, оС; 99,3 - расчетное барометрическое давление для Центрального района России, кПа.

Значения *dв* и *dн* определяют при помощи Hd-диаграммы для влажного воздуха (приложение Г) по соответствующим значениям температур и относительной влажности внутреннего и наружного воздуха.

Суммарные выделения влаги в помещении для животных подсчитывают по формуле

. (2.7)

Влагу, выделяемую животными, определяют по выражению

, (2.8)

где *N* – количество половозрастных групп; *ni* - число животных с одинаковым выделением водяных паров (в *i*-й половозрастной группе); *Wi* - выделение водяных паров одним животным, г/ч, (приложение В.2); *kt*- коэффициент, учитывающий изменение количества выделяемых животными водяных паров в зависимости от температуры внутри помещения (приложение В.3).

Влага, испаряющаяся с мокрых поверхностей помещения (пол, поилки, кормушки и др.)

, (2.9)

где *ξ* - коэффициент, равный 0,1...0,125 для коровников и телятников, 0,1...0,3 для свинарников. Большие значения *ξ* относятся к помещениям с недостаточным количеством или полным отсутствием подстилки при неудовлетворительной работе канализации.

Выделения влаги в птичнике

. (2.10)

Масса водяных паров *Wпт*, выделяемых птицей

, (2.11)

где *ni* – число птиц с одинаковым выделением водяных паров; *mi* - живая масса одной птицы, кг; *wi* - выделение водяных паров на 1 кг живой массы птицы, г/ч (приложение В.4); *kt* - коэффициент, учитывающий изменение количества выделяемых птицей водяных паров в зависимости от температуры внутри помещения (приложение В.5).

Масса влаги *Wпом*, испаряющейся из помета

, (2.12)

где *Pпом* - среднесуточный выход помета от одной птицы (у взрослых кур яичного направления *Pпом* = 240 г, кур мясного направления - 290 г, индеек - 430 г, уток - 550 г, гусей - 600 г); *z* - коэффициент, учитывающий усушку помета (для кур и индеек z = 0,7, для уток z = 0,74).

Массу испаряющейся с мокрых поверхностей помещения влаги *Wисп*, берут равной *Wисп* =0,1*Wпт*.

Необходимый воздухообмен, *L*, для животноводческого или птицеводческого помещения принимается по наибольшей из двух величин: или .

Правильность расчета проверяют по кратности воздухообмена *K*

, (2.13)

где *V* - внутренний объем помещения, м3.

Кратность воздухообмена в животноводческих фермах для холодного периода года должна быть *K* = 3...5, в птичниках *K* = 10...12.

Тепловой поток, выделяемый животными

 (2.14)

где *n* - число животных с одинаковым выделением свободной теплоты; *qт* - поток свободной теплоты, выделяемой одним животным, Вт, (приложение В.2); *kt* - коэффициент, учитывающий изменение количества выделенной животными теплоты в зависимости от температуры воздуха внутри помещения (приложение В.3).

Поток свободной теплоты, выделяемой птицей,

 (2.15)

где *n* - число птиц с одинаковым выделением свободной теплоты; *m* - живая масса одной птицы, кг, (приложение В.4); *qт* - поток свободной теплоты, выделяемый 1 кг живой массы птицы, Вт, (приложение В.4); *kt* - коэффициент, учитывающий изменение количества выделенной птицей теплоты в зависимости от температуры воздуха внутри помещения, (приложение В.5).

Величины тепловых потоков, теряемых через ограждения и на подогрев приточного воздуха, а также воздухообмен по влаговыделениям зависят от температуры наружного воздуха. Установленную мощность отопительных установок и подачу вентилятора определяют при минимальной расчетной температуре наружного воздуха *tн*, соответствующей данной климатической зоне.

Общую мощность системы отопления определяют по выражению

, (2.16)

где *η -* к.п.д. калорифера, *η* = 0,90…0,98.

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

Мощность одного калорифера равна

, (2.17)

подача одного вентилятора

, (2.18)

где *n* – количество электрокалориферных установок; *kп* – поправочный коэффициент на подсосы воздуха в воздуховодах (для стальных, пластмассовых и асбоцементных воздуховодов длиной до 50 м – 1,1, в остальных случаях – 1,15).

### 2.1.2 Выбор вентиляторов

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

Расчетное полное давление, *Hв*,которое должен развивать вентилятор, складывается из потерь давления в вентиляционной системе, Δ*H*, и потерь давления в калорифере, Δ*hк*

 (2.19)

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

Необходимую мощность на валу электродвигателя для привода вентилятора подсчитывают по формуле

 (2.20)

где *ηв* - КПД вентилятора, принимаемый по его характеристике; *ηп* - КПД передачи (при непосредственной насадке колеса вентилятора на вал электродвигателя  *ηп* =1, для муфтового соединения *ηп* = 0,98, для клиноременной передачи  *ηп* = 0,95).

Установленную мощность электродвигателя определяют по формуле

 (2.21)

где *kз* - коэффициент запаса мощности, принимают для центробежных вентиляторов *kз* = 1,1…1,3.

Электродвигатель выбирают по каталогу.

**Пример 1.** Рассчитать мощность системы отопления коровника на 200 голов привязного содержания. Средний уровень удоя за лактацию 10 л, средняя живая масса 400 кг. Размеры коровника по наружному обмеру: длина 80 м, ширина 20 м, высота стен 2,5 м, высота по коньку 5 м. Длина стойлового помещения 70 м. Толщина стен 0,3 м, перекрытий – 0,2 м. Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха: *tн* = -30 оС, ϕн = 85%, *tв* = 10 оС, ϕв = 75%, барометрическое давление 99,3 кПа.

Решение.

Объем помещения по наружному обмеру

 м3

Тепловой поток через ограждения. Удельная тепловая характеристика коровника *q0* = 0,174 Вт/(м3⋅оС) (приложение В.1).

 Вт

*Воздухообмен по углекислоте*.

Количество СО2, выделяемое одним животным с = 87 л/ч (приложение В.2).

 м3/ч.

*Воздухообмен по влаговыделениям*.

Масса влаги, выделяемая одним животным W = 265 г/ч.

Влага, выделяемая животными

 г/ч.

Влага, испаряющаяся с мокрых поверхностей

 г/ч.

Суммарные влаговыделения

 г/ч.

Влагосодержание наружного и внутреннего воздуха определяем по Hd-диаграмме. При *tн* = -30 оС, ϕн = 85%, *dн* = 0,4 г/кг, при *tв* = 10 оС, ϕв = 75%, *dв* = 5,6 г/кг.

Плотность воздуха в помещении

 кг/м3.

Воздухообмен, необходимый для удаления водяных паров

 м3/ч.

Принимаем воздухообмен по углекислоте, как наибольший

 м3/ч.

Внутренний объем помещения

 м3.

Кратность воздухообмена

,

что соответствует нормам.

Тепловой поток, теряемый на нагрев приточного воздуха

 Вт

Тепловой поток, поступающий от одного животного *qт* = 463 Вт.

Общий тепловой поток, выделяемый животными

 Вт.

Тепловой поток системы отопления

 Вт.

Общая мощность системы отопления

 Вт.

Мощность одного калорифера

 кВт.

Подача одного вентилятора

 м3/ч.

### 2.1.3 Тепловой и конструктивный расчет

### нагревательного блока электрокалорифера

### Тепловой расчет нагревательных элементов

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

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

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

. (2.22)

Число ТЭНов z принимают кратным 3, причем мощность одного ТЭНа не должна превышать 3…4 кВт. ТЭН подбирают по паспортным данным (приложения Д).

По конструктивному исполнению различают блоки с коридорной и шахматной компоновкой ТЭНов (рисунок 3.1).

|  |  |
| --- | --- |
| ТЭНкоридор | ТЭНшахматы |
| а) | б) |
| а – коридорная компоновка; б – шахматная компоновка. Рисунок 2.1 – Схемы компоновки блока ТЭНов | |

Для первого ряда нагревателей скомпонованного нагревательного блока должно выполняться условие:

 оС, (2.23)

где *tн*1 - действительная средняя температура поверхности нагревателей первого ряда, оС; *Pm*1 - суммарная мощность нагревателей первого ряда, Вт; α*ср*- средний коэффициент теплоотдачи, Вт/(м2⋅оС); *Fт*1- суммарная площадь теплоотдающей поверхности нагревателей первого ряда, м2; *tв* - температура воздушного потока после калорифера, оС.

Суммарную мощность и суммарную площадь нагревателей определяют из параметров выбранных ТЭНов по формулам

, , (2.24)

где *k* – количество ТЭНов в ряду, шт; *Pт, Fт* – соответственно мощность, Вт, и площадь поверхности, м2, одного ТЭНа.

Площадь поверхности оребренного ТЭНа

, (2.25)

где *d* – диаметр ТЭНа, м; *lа* – активная длина ТЭНа, м; *hр* – высота ребра, м; *a* – шаг оребрения, м.

Для пучков поперечно обтекаемых труб следует учитывать средний коэффициент теплоотдачи αср, так как условия передачи теплоты отдельными рядами нагревателей различны и определяются турбулизацией воздушного потока. Теплоотдача первого и второго рядов трубок по сравнению с третьим рядом меньше. Если теплоотдачу третьего ряда ТЭНов принять за единицу, то теплоотдача первого ряда составит около 0,6, второго - около 0,7 в шахматных пучках и около 0,9 - в коридорных от теплоотдачи третьего ряда. Для всех рядов после третьего коэффициент теплоотдачи можно считать неизменным и равным теплоотдаче третьего ряда.

Коэффициент теплоотдачи ТЭНа определяют по эмпирическому выражению

, (2.26)

где *Nu* – критерий Нуссельта, *λ* - коэффициент теплопроводности воздуха, *λ =* 0,027 Вт/(м⋅оС); *d* – диаметр ТЭНа, м.

Критерий Нуссельта для конкретных условий теплообмена рассчитывают по выражениям

для коридорных пучков труб

при Re ≤ 1⋅103

, (2.27)

при Re > 1⋅103

, (3.28)

для шахматных пучков труб:

при Re ≤ 1⋅103

, (3.29)

при Re > 1⋅103

, (2.30)

где Re -критерий Рейнольдса.

Критерий Рейнольдса характеризует режим обтекания ТЭНов воздухом и равен

, (2.31)

где  *υ* - скорость воздушного потока, м/с; *ν* - коэффициент кинематической вязкости воздуха, *ν* = 18,5⋅10-6 м2 /с.

Для обеспечения эффективной термической нагрузки ТЭНов, не приводящей к перегреву нагревателей, следует обеспечивать в зоне теплообмена движение потока воздуха со скоростью не менее 6 м/с. Учитывая возрастание аэродинамического сопротивления конструкции воздушного канала и нагревательного блока с ростом скорости потока воздуха, последнюю следует ограничить 15 м/с.

Средний коэффициент теплоотдачи

для коридорных пучков

, (2.32)

для шахматных пучков

, (2.33)

где *n* - количество рядов труб в пучке нагревательного блока.

Температура воздушного потока после калорифера равна

, (2.34)

где *Pк* – суммарная мощность ТЭНов калорифера, кВт; *ρ* - плотность воздуха, кг/м3; *св* – удельная теплоемкость воздуха, *св* = 1 кДж/(кг⋅оС); *Lв* – производительность калорифера, м3/с.

Если условие (3.23) не выполняется, выбирают другой нагревательный элемент или изменяют принятые в расчете скорость воздуха, компоновку нагревательного блока.

### Конструктивный расчет нагревательного блока

В расчет конструктивных параметров блока ТЭНов входит определение расстояний между нагревателями в ряду *x1* и расстояний между рядами *x2* , а также внешних размеров блока. При расчете конструктивных элементов следует учитывать принятую ранее скорость воздушного потока, количество нагревателей в ряду, количество рядов, расположение нагревателей и производительность вентилятора *Lв* .

Для расчета *x1*, определяют « живое » сечение блока нагревателей, т. е. не занятую ТЭНами площадь воздушного канала *Fк*:

, (2.35)

где *Lв* – производительность калорифера, м3/с; *υ* - принятая в тепловом расчете скорость воздуха, м/с.

Минимальные размеры нагревательного блока определяют по следующим выражениям:

расстояние между нагревателями в ряду

, (2.36)

где *k* - количество ТЭНов в ряду.

расстояние между рядами нагревателей *x2*

при *x1 ≥ 3/2 D x2 = x 1*,

при *x1 < 3/2 D x2 = 1,2 x1*, (2.37)

где *D* - диаметр выбранного ТЭНа c оребрением, м.

высота *H* и ширина *B* блока нагревателей

, (2.38)

, (2.39)

где *l* - полная длина ТЭНа, м.

глубина блока нагревателей *Сн*

. (2.40)

По результатам расчета нагревательного блока выполняют эскиз блока с указанием расчетных параметров нагревательного элемента.

**Пример 4**. Провести тепловой и конструктивный расчет нагревательного блока электрокалорифера, выбранного в примере 1. Компоновка ТЭНов шахматная.

Решение.

*Тепловой расчет*.

В калорифере установим 18 ТЭНов, количество рядов n = 3, количество ТЭНов в ряду k = 6. Мощность одного ТЭНа

 Вт.

Выбираем ТЭН80В13/2,0К220 (приложение Д). Мощность ТЭНа *Pт* = 2000 Вт, активная длина *lа* = 0,8 м, диаметр d = 0,013 м.

Рассчитаем коэффициент теплоотдачи ТЭНа. Выбираем скорость воздуха в калорифере υ = 14 м/с.

Критерий Рейнольдса

.

Критерий Нуссельта для шахматной компоновки, при Re > 1⋅103

.

Коэффициент теплоотдачи ТЭНа

 Вт/(м2⋅оС).

Средний коэффициент теплоотдачи для шахматной компоновки

 Вт/(м2⋅оС).

Суммарная мощность первого ряда ТЭНов

 Вт.

Площадь поверхности одного ТЭНа с учетом оребрения. Шаг оребрения a = 0,005 м, высота ребра hр = 0,012 м.

 м2.

Суммарная площадь первого ряда ТЭНов

 м2.

Температура воздушного потока после калорифера

оС.

Температура ТЭНов первого ряда

 оС,

что соответствует норме.

*Конструктивный расчет.*

“Живое” сечение блока нагревателей

 м2.

Расстояние между нагревателями в ряду

 м.

Расстояние между рядами нагревателей

,  следовательно

 м.

Высота блока нагревателей

 м.

Ширина блока нагревателей

 м.

Глубина блока нагревателей

 м.

# 3.РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ СЕТЕЙ

# И ВЫБОР ПЗА

Согласно ПУЭ первичная цепь каждой электротермической установки должна содержать следующие коммутационные и защитные аппараты: выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители или блок предохранитель-выключатель либо автоматический выключатель с электромагнитным и тепловыми расцепителями.

Допускается использовать рубильники без дугогасящих контактов при условии, что коммутация ими выполняется без нагрузки.

В качестве расчетных токов потребителей принимают их номинальные токи, которые определяют по формулам:

для однофазных потребителей

. (3.1)

для трехфазных потребителей

. (3.2)

Расчетный ток магистральных линий определяют по выражению

, (3.3)

где *k0* - коэффициент одновременности работы потребителей.

Рубильники и блоки предохранитель-выключатель выбирают по номинальному напряжению (*Uн ≥ Uн.уст*), номинальному току (*Iн ≥ Iн.уст*), числу полюсов, конструктивному и климатическому исполнению, категории размещения и степени защиты. Рекомендуется выбрать рубильники типа Р11, Р16, РП11, РП16, блоки предохранитель-выключатель типа БПВ, ППВ.

Плавкие предохранители выбирают по следующим параметрам:

по номинальному напряжению

. (3.4)

по номинальному току

. (3.5)

по номинальному току плавкой вставки

, (3.6)

, (3.7)

где *Iр.max*- максимальный рабочий ток цепи, защищаемой предохранителем, А; *kн* - коэффициент надежности, *Imax* - максимальный пусковой ток электродвигателя электротермической установки, А; α - коэффициент, зависящий от режима пуска защищаемых двигателей (для легкого режима пуска α = 2,5…3, для тяжелого - α = 1,6…2).

При защите плавкими предохранителями линии, к которой присоединены более пяти двигателей, ток плавкой вставки определяют по условию

, (3.8)

при защите предохранителями линии, к которой присоединены до пяти двигателей,

, (3.9)

где *kо* - коэффициент одновременности; *Σ Ip(n-1)* - сумма рабочих токов всех двигателей, за исключением одного, у которого разность между пусковым и номинальным токами наибольшая; *Iп* - пусковой ток исключенного из суммы двигателя.

Рекомендуется выбрать предохранители типа ПРС, НПН2 , ПН2, ПР2.

Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям.

;

;

; (3.10)

,

где *Uн.а, Iн.а* - cоответственно номинальные напряжение и ток автомата; *Iн.т* - номинальный ток теплового расцепителя; *kн.т* - коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя, принимают в пределах 1,1…1,3; *Iн.э* - ток отсечки электромагнитного расцепителя; *kн.э* - коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя ( для автоматов АП-50, АЕ-2000 и А3700 *kн.э* = 1,25, для А3100 *kн.э* = 1,5); *Imax* - максимальный рабочий ток в цепи (для электродвигателей пусковой ток *Iп*).

При выборе автоматических выключателей также учитывают число полюсов, конструктивное и климатическое исполнение.

Автоматические выключатели рекомендуется выбрать типа АЕ2000, А3700.

Для дистанционного управления электронагревательными элементами и электродвигателями выбирают магнитные пускатели серии ПМЛ, ПМА.

Для защиты электродвигателей от перегрузок магнитные пускатели комплектуются тепловыми реле типа РТЛ и РТТ. Диапазон регулирования тока уставки реле от 0,75 до 1,25 *Iн*.

Магнитные пускатели выбирают по конструктивному и климатическому исполнению, по номинальному напряжению (*Uн.п ≥ Uн.уст*), номинальному току (*Iн.п ≥ Iн.уст*), току уставки теплового реле (*Iн.р ≥ Iн.дв*) и по напряжению втягивающей катушки.

В схемах управления электротермическими процессами применяют различного рода реле: промежуточные ЭП-1, РП-1, РП-2, РП-3, РП-20, МКУ-48, ПЭ-21, РПУ, пневматические реле времени РВП-1М, РВП-72, ПКЛ, моторные Е-52 и ВС-10, электромеханические ЭВ-24, ЭВ-217 и др.

Реле выбирают по назначению, напряжению и току обмотки, числу, типу, длительно допускаемому току и коммутационной способности контактов.

Внутренние силовые кабели должны быть надежными, доступными для эксплуатации, минимальной протяженности, соответствовать условиям окружающей среды и в полной мере обеспечивать безопасность людей и сельскохозяйственных животных, пожаро- и взрывобезопасность.

Кабели выбирают таким образом, чтобы его температура при длительном протекании тока не была больше предельно допустимой.

Так как выбор проводов по допустимому нагреву тесно связан с выбором защитных аппаратов, то расчет начинают с выбора защиты от перегрузок и коротких замыканий.

По принятому значению номинального тока плавкой вставки или тока срабатывания расцепителя автомата находят допустимый ток проводника *Iдоп* по условию согласования с защитой.

Согласно ПУЭ значение *Iдоп* определяют по следующим условиям:

для проводников с резиновой и подобной ей по тепловым характеристикам изоляцией (*tдоп* = 65 оС), прокладываемых в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, защищаемых плавкими вставками предохранителей или мгновенно действующими электромагнитными расцепителями автоматов

 или . (3.11)

для тех же проводников, прокладываемых во всех других помещениях

 или . (3.12)

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

. (3.13)

для ответвлений к электродвигателям в невзрывоопасных помещениях

. (3.14)

По значениям *Iдоп* по таблицам допустимых значений токов для принятой марки кабеля выбирают соответствующую площадь сечения проводника.

Выбранный провод проверяют по допустимой потере напряжения. Согласно ПУЭ потеря напряжения в силовых проводках не должна превышать 5%.

Расчетные потери напряжения без учета индуктивного сопротивления при условии, что нагрузка равномерно распределена по фазам и на всех участках проложен одинаковый провод, определяют по формуле

 , (3.15)

где *P* - присоединенная мощность, кВт; *l* - длина линии, м; *с* - постоянный для данного провода коэффициент, зависящий от напряжения сети, числа фаз и материала провода (таблица 3.1); *s* - сечение провода, мм2.

**Таблица 3.1 - Значения коэффициента *с***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Напряжение,  В | Вид сети | Коэффициент *с* для проводов | | |
| медных | алюми-  ниевых | стальных |
| 380/220 | Трехфазная с нулевым проводом | 77,0 | 46,0 | 10,0 |
| 380/220 | Двухфазная с нулевым проводом | 34,0 | 20,0 | 4,5 |
| 220 | Двухпроводная переменного или постоянного тока | 12,8 | 7,7 | 1,7 |

Разрабатывают принципиальную схему управления электротермической установкой.

Основным назначением принципиальных схем является отражение всех электрических элементов и устройств, необходимых для осуществления и контроля заданных электрических параметров, всех электрических связей между ними, а также электрических элементов (соединителей, зажимов и т.п.) которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

В общем случае принципиальные схемы содержат:

* условные графические обозначения электрических устройств;
* буквенно-цифровые обозначения устройств;
* поясняющие надписи;
* диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
* перечень используемых в данной схеме элементов.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение А. Таблицы заданий для курсовой работы.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Шифр | Типовой проект | Компоновка ТЭНов |
| 1 | 801-2-129.91 | коридорная |
| 2 | 801-2-37.84 | шахматная |
| 3 | 801-2-45.84 | коридорная |
| 4 | 801-2-52.85 | шахматная |
| 5 | 801-2-68.86 | коридорная |
| 6 | 801-3-46.85 | шахматная |
| 7 | 801-4-82.84 | коридорная |
| 8 | 801-4-86.84 | шахматная |
| 9 | 801-4-90.85 | коридорная |
| 10 | 801-4-91.85 | шахматная |
| 11 | 801-4-92.85 | коридорная |
| 12 | 801-4-102.86 | шахматная |
| 13 | 802-2-43.91 | коридорная |
| 14 | 802-3-40.91 | шахматная |
| 15 | 805-2-55.85 | коридорная |

## Приложение Б. Требования по оформлению пояснительной

## записки и чертежей

### Б.1 Общие сведения

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с требованиями государственных стандартов по Единой системе конструкторской документации (ЕСКД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС).

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка включает в себя: титульный лист, задание на курсовую работу, содержание, введение, расчетную часть, заключение, список использованной литературы. На титульном листе указывают: наименование академии и кафедры, тему курсовой работы, фамилию, имя и отчество студента, факультет (специализация, курс, группа), а также фамилию, инициалы, ученую степень и звание руководителя. В нижней части титульного листа указывают город, где расположена академия, и год выполнения работы.

**Б.2 Требования по оформлению пояснительной**

**записки** 1. Пояснительную записку выполняют от руки на листе формата А4 (210 х 297 мм) с рамкой. Расстояние от рамки до края листа: слева - 20 мм, справа, сверху и снизу - 5 мм.

2. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и конце строк – не менее 3 мм (слева и справа). Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм (сверху и снизу).

Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15…17 мм.

3. Нумеруют страницы, включая задание, содержание, рисунки, графики, таблицы (на отдельных листах), в правом верхнем углу арабскими цифрами.

4. Материалы записки располагают по разделам. Каждый раздел рекомендуется начинать с новой страницы. Разделы нумеруют арабскими цифрами без точки. Название раздела пишут прописными буквами, точку в конце названия не ставят. Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть не менее 15 мм. Перенос слов в заголовке не допускается.

5. Разделы разбивают на подразделы, последние, в свою очередь, на пункты. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится (например, третий подраздел первого раздела - 1.3). Номер пункта состоит из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой (например, второй пункт третьего подраздела первого раздела - 1.3.2). Расстояние между заголовками раздела и подраздела должно быть не менее 8 мм. Расстояние от конца текста до следующего подраздела должно быть не менее 15 мм.

6. Каждый пункт текста и заголовка подразделов начинают с абзацного отступа.

7. Не допускается применять сокращение слов в тексте и подписях под иллюстрациями, кроме установленных правилами русской орфографии, пунктуации, а также соответствующими государственными стандартами.

8. Формулы нумеруют арабскими цифрами, заключенными в круглые скобки. Номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в этом разделе. Например:

. (1.2)

Пояснение символов и цифровых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Ссылка в тексте пояснительной записки на формулу имеет вид "...в формуле (1.2)...".

9. Иллюстрации (рисунки, схемы, графики и др.) нумеруют в пределах каждого раздела. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации в разделе.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово "Рисунок" и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:

Рисунок 1.1 - Принципиальная схема системы вентиляции.

10. Таблицы нумеруют в пределах каждого раздела. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы в разделе. Обозначают таблицы следующим образом:

Приложение 1.1 - Бланк расчета системы вентиляции.

11. Список использованной литературы дают в алфавитном порядке и нумеруют. При ссылке в тексте пояснительной записки на литературу, его номер заключают в квадратные скобки: "...[3]...".

### Б.3 Требования по оформлению принципиальных схем

1. Графическую часть выполняют на листе формата А1 (594 х 840 мм).

2. Штампы на чертежах должны быть выполнены согласно требованиями ГОСТ 2.104-68.

3. Элементы на принципиальной схеме изображают в виде условных графических обозначений согласно требованиям соответствующих ГОСТ ЕСКД.

4. Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90о. Допускается обозначения поворачивать на угол, кратный 45о или изображать зеркально повернутыми.

5. Условные графические обозначения, содержащие цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90о или 45о.

6. Все размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять.

7. Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

8. Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линии от 0,3 до 0,4 мм.

9. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линий связи, длину которых следует по возможности ограничивать.

10. Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положе­нии.

В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого изображены эти элементы.

11. Каждый элемент, изображенный на схеме, должны иметь позиционное обозначение в соответствии с ГОСТ 2.710-81 ″Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах″.

12. Позиционные обозначения элементам следует при­сваивать в пределах установки.

13. Порядковые номера элементам следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например, R1, R2, R3 и т.д., С1, С2, С3 и т.д.

14. Порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с после­довательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

При необходимости допускается изменять последовательность присвоения порядковых номеров в зависимости от размещения элементов в изделии, на­правления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса.

При внесении изменений в схему последовательность присвоения порядко­вых номеров может быть нарушена.

15. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов с правой стороны или над ними.

16. На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы и устройства, входящие в состав изделия и изображенные на схеме.

Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

17. Перечень элементов оформляют в виде таблицы (рисунок Б.1), заполняемой сверху вниз.

|  |
| --- |
| Рис 2 |

Рисунок Б.1- Перечень элементов

18. При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью.

Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

19. Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений.

В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

При выполнении на схеме цифровых обозначений в перечень их записывают в порядке возрастания.

20. На схеме рекомендуется указывать характеристики входных и выходных цепей изделия (частоту, напряжение, силу тока, сопротивление, индуктив­ность и т.п.), а также параметры, подлежащие измерению на контрольных кон­тактах, гнездах и т.п.

## Приложение В. Расчет электротермических установок

## животноводческих помещений

## Приложение В.1 - Удельные тепловые характеристики жилых, общественных и производственных зданий при расчетной наружной температуре -30 оС

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Здания | Объем зданий V,  тыс⋅м3 | Удельные отопительные характеристики, Вт/(м3⋅оС) | | Внутренняя расчетная температура,  tВ, оС |
| отопителная,  qО | вентиляционная,  qВ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Помещения для содержания к.р.с.: |  |  |  |  |
| молодняка (телятники) | <10 | 0,291 | 1,396 | 12-15 |
| взрослых животных | <10 | 0,174 | 1,047 | 10 |
| Помещения для содержания свиней: |  |  |  |  |
| молодняка | <5 | 0,407 | 1,280 | 20 |
| взрослых животных | <5 | 0,174 | 1,105 | 16-20 |
| Овчарни | <10 | 0,105 | 0,640 | 3-5 |
| Помещения для содержания птицы | <10 | 0,756 | 1,396 | 14-30 |

## Приложение В.2 - Нормы выделений животными теплоты, углекислоты

## и водяных паров

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид и группа животных | живая  масса,  кг | Нормы выделений на одну голову | | |
| потока  свободной  теплоты, Вт | углекислоты,  л/ч | водяных  паров, г/ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Коровы сухостойные и нете- | 400 | 437 | 79 | 250 |
| ли за два месяца до отела | 600 | 565 | 120 | 323 |
| Коровы лактирующие | 400 | 463 | 87 | 265 |
| (с удоем 10 л) | 500 | 530 | 110 | 303 |
|  | 600 | 592 | 134 | 338 |
| Коровы лактирующие | 400 | 515 | 92 | 295 |
| (с удоем 15 л) | 500 | 587 | 116 | 336 |
|  | 600 | 651 | 139 | 373 |
| Телята в возрасте до 6 мес | 40 | 59 | 10 | 34 |
|  | 80 | 141 | 26 | 81 |
|  | 120 | 183 | 42 | 105 |
|  | 160 | 215 | 50 | 123 |

## Продолжение приложения В.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Молодняк от 6 месяцев и | 140 | 224 | 35 | 128 |
| старше | 200 | 279 | 44 | 160 |
|  | 300 | 362 | 62 | 207 |
| Хряки-производители | 100 | 247 | 44 | 142 |
|  | 300 | 433 | 78 | 250 |
| Матки холостые и | 100 | 204 | 36 | 117 |
| супоросные | 200 | 271 | 49 | 156 |
| Матки тяжелосупоросные | 100 | 242 | 43 | 139 |
| (за 7...10 дней до опороса) | 150 | 284 | 51 | 164 |
|  | 200 | 321 | 58 | 180 |
| Матки подсосные с | 100 | 488 | 88 | 282 |
| поросятами | 150 | 558 | 100 | 320 |
|  | 200 | 646 | 115 | 370 |
| Поросята до двухмесячно- | 10 | 72 | 13 | 42 |
| го возраста | 15 | 92 | 16 | 53 |
| Поросята - отъемыши | 20 | 102 | 18 | 60 |
|  | 30 | 121 | 22 | 70 |
| Ремонтный и откормочный | 50 | 155 | 28 | 89 |
| молодняк | 80 | 215 | 39 | 124 |
|  | 120 | 263 | 47 | 151 |
| Взрослые свиньи на | 100 | 265 | 48 | 153 |
| откорме | 200 | 351 | 63 | 202 |
|  | 300 | 463 | 83 | 267 |

П р и м е ч а н и я. 1.Данные приведены по ОНТП 1-77 и ОНТП 2-77. 2.Нормы выделений животными приведены при температуре в помещении +10 оС и относительной влажности воздуха 70% для крупного рогатого скота и 70...75% для свиней. 3.При других температурах tВ нормы выделений теплоты и влаги определяют с учетом. коэффициента kt, указанных в таблице Д.3. 4.При ϕВ=80...85% количества выделенных животными теплоты, углекислоты и водяных паров увеличивают на 3%.

## Приложение В.3 - Поправочные коэффициенты kt для определения

## теплоты и влаги, выделяемых животными при

## различных температурах воздуха в помещении

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура воздуха  в помещении  tВ, оС | Коэффициенты kt для определения количества | | | |
| свободной теплоты,  выделяемой | | водяных паров,  выделяемых | |
|
| крупным  рогатым  скотом | свиньями | крупным  рогатым  скотом | свиньями |
| - 5 | 1,43 | 1,59 | 0,67 | 0,72 |
| 0 | 1,21 | 1,25 | 0,76 | 0,85 |
| + 5 | 1,12 | 1,08 | 0,86 | 0,98 |
| + 10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| + 15 | 0,85 | 0,86 | 1,24 | 1,13 |
| + 20 | 0,63 | 0,67 | 1,70 | 1,50 |

## Приложение В.4 - Нормы выделений взрослой птицей теплоты,

## углекислоты и водяных паров

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид птицы | живая  масса,  кг | Нормы выделений на 1 кг живой массы птицы | | |
| потока  свободной  теплоты, Вт | углекислоты,  л/ч | водяных  паров, г/ч |
| Куры яичных пород  (в клетках) | 1,5…1,7 | 6,8 | 1,54 | 4,50 |
| Куры мясных пород  (на полу) | 3,0…3,5 | 5,9 | 1,44 | 3,75 |
| Индейки | 6,0…7,0 | 4,8 | 1,32 | 4,20 |
| Утки | 3,5 | 7,9 | 1,11 | 5,70 |
| Гуси | 5,0…6,0 | 2,9 | 1,00 | 3,00 |

П р и м е ч а н и я. 1.Данные приведены по ОНТП 4-79. 2.Нормы выделений взрослой птицы приведены при температуре внутреннего воздуха 16...20 оС и оптимальной относительной влажности 60...70%. 3.При других температурах tВ нормы выделений определяются с учетом коэффициентов kt, указанных в таблице Д.5.

## Приложение В.5 - Поправочные коэффициенты kt для определения теплоты, углекислоты и влаги, выделяемых взрослой птицей при различных температурах воздуха в помещении

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура  воздуха в помещении, tВ оС | Коэффициенты kt для определения количества | |
| свободной теплоты | углекислоты и водяных паров |
| 8 | 1,10 | 0,90 |
| 12 | 1,05 | 0,90 |
| 16 | 1,00 | 1,00 |
| 20 | 1,00 | 1,00 |
| 24 | 1,05 | 1,05 |
| 28 | 1,10 | 1,22 |

## Приложение Г. Hd – диаграмма водяного пара

|  |
| --- |
| Hd03 |

## 

## Приложение Д – Трубчатые электронагреватели серии ТЭН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Мощность, кВт | Развернутая длина, см | Диаметр,  мм |
| ТЭН 60 В 13/1,0 К 220 | 1,00 | 60 | 13 |
| ТЭН 60 В 13/1,0 О 220 | 1,00 | 60 | 13 |
| ТЭН 60 А 13/0,5 К 220 | 0,50 | 60 | 13 |
| ТЭН 73 В 13/2,5 К 220 | 2,50 | 73 | 13 |
| ТЭН 73 В 13/2,0 К 220 | 2,00 | 73 | 13 |
| ТЭН 80 В 13/1,25 К 220 | 1,25 | 80 | 13 |
| ТЭН 80 В 13/1,25 О 220 | 1,25 | 80 | 13 |
| ТЭН 80 В 13/2,0 К 220 | 2,00 | 80 | 13 |
| ТЭН 100 А 16/1,6 К 220 | 1,60 | 100 | 16 |
| ТЭН 80 В 13/1,25 О 220 | 1,25 | 80 | 13 |
| ТЭН 100 В 13/1,0 К 220 | 1,00 | 100 | 13 |
| ТЭН 120 А 13/2,5 К 220 | 2,50 | 120 | 13 |
| ТЭН 120 С 13/1,6 К 380 | 1,60 | 120 | 13 |
| ТЭН 137 D 8,0/1,5К 220 | 1,50 | 137 | 8 |
| ТЭН 140 В 16/3,5 К 220 | 2,00 | 140 | 16 |
| ТЭН 145 С 13/2,0 К 220 | 2,00 | 145 | 13 |
| ТЭН 150 Е 13/2,0 К 220 | 2,00 | 150 | 13 |
| ТЭН 170 Д 13/2,0 К 220 | 2,00 | 170 | 13 |
| ТЭН 173 А 13/3,0 К 220 | 3,00 | 173 | 13 |
| ТЭН 200 Д 13/2,5 К 220 | 2,50 | 200 | 13 |
| ТЭН 200 Е 16/2,5 К 220 | 2,50 | 200 | 16 |
| ТЭН 200 С 13/3,15 К 220 | 3,15 | 200 | 13 |

## Литература

1. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. -М.: Аг­ропромиздат , 1989.
2. Живописцев Е.Н., Косицын О.А. Электротехнология и электрическое освещение. - М.: Агропромиздат, 1990.
3. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты и теплоснабжению в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1995.
4. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. - М.: Агропромиз­дат, 1990.
5. Карасенко В.А. Электрификация тепловых процессов в животноводстве. -Минск: Ураджай, 1976.
6. Клюев А.С. и др. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
7. Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А. Электрический нагрев и электротехно­логия.- М.: Колос, 1975.
8. Кудрявцев И.Ф. и др. Автоматизация производственных процессов на фермах. - М.: Колос, 1976.
9. Кудрявцев И.Ф. и др. Электрооборудование животноводческих предприятий и автоматизация производственных процессов в животновод­стве. -М.: Колос, 1981.
10. Мартыненко И.И., Тищенко Л.П. Курсовое и дипломное проектирова­ние по комплексной электрификации и автоматизации. -М.: Энер­гия, 1978.
11. Местный электрообогрев полов в свинарниках. Материал для проекти­рования. - М.: Гипрониисельхоз, 1976.
12. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М.: ВНИИЭСХ, 1998.
13. Наладка автоматических систем и устройств управления технологическими процессами. Справочное пособие. Под ред. А.С.Клюева. - М.: "Энергия", 1977.
14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 6-е. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
15. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потреби­телей (ПТЭ и ПТБ). - М.: Энергия , 1970.
16. Проектирование систем электрификации. Методические указания по выполнению курсовых и дипломных проектов (работ) по специальности 311400 / П.Л.Лекомцев, Т.Н.Стерхова, А.М.Ниязов. - Ижевск, ИжГСХА, 1998.
17. Электрооборудование и автоматика электротермических установок. Справочник. Под ред. А.П. Альтгаузена. - М.: ГЭИ , 1978.
18. Электротехнический справочник: В 3 т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. Профессоров МЭИ В.Г.Герасимова и др. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
19. Электротехнология / А.М.Басов, В.Г.Быков, А.В.Лаптев, В.Б.Файн - М.: Агропромиздат, 1985 .
20. Электротехнология / В.А.Карасенко, Е.М.Заяц, А.Н.Баран, В.С.Корко. - М.:Колос, 1992.