Министерство сельского хозяйства и продовольствия

Республики Беларусь

**Белорусский Аграрный Технический Университет**

*Кафедра Электрооборудования с/х предприятий*

**Автореферат**

по дисциплине «Электротехнология»

на тему

## ***«****Электрокалориферная установка для отопительно-вентиляционной системы птичника для бройлеров****»***

### Выполнил: студент 4 курса АЭФ

4эпт группы Федосеев А.А.

### Руководитель: Пашинский В.А

Минск – 2008

**Введение**

Микроклимат – это совокупность условий окружающей среды в некотором ограниченном пространстве, например в помещении или его части. Благоприятный микроклимат стимулирует жизнедеятельность и продуктивность животных и птицы, рост растений в сооружения защищенного грунта, способствует сохранности сельскохозяйственной продукции в хранилищах.

Важнейший параметр микроклимата – температуру – поддерживают в помещениях с помощью систем отопления и вентиляции или кондиционирования воздуха.

Электротермическое оборудование применяют в животноводческих, птицеводческих, подсобных и вспомогательных помещениях, сооружения защищенного грунта и хранилищах сельскохозяйственной продукции.

Создав оптимальный микроклимат, можно при одинаковом уровне кормления увеличить прирост живой массы КРС на 20…25%, надой молока на 15…20%, сократить отход молодняка на 10…15%, снизить потери продукции в хранилищах на 10…20%, получать в течение года свежие овощи, а также продлить срок службы оборудования или помещений.

По функциональному назначению различают:

- оборудование общего отопления;

- местного обогрева;

- смешанное.

По способу использования электрической энергии:

- прямого (с аккумуляцией теплоты и без нее) отопления;

- косвенного (с тепловыми насосами и теплообменниками) отопления.

В зависимости от применяемого оборудования существуют следующие виды отопления: элетрокалориферное, электрокотельное, электропечное, элементное, лучистое и комбинированное.

Для общего отопления в животноводческих помещениях, в основном, применяют электрокалориферные установки, электрокалориферы, электропечи, электрокотельные, электротепловые насосы и кондиционеры воздуха. Для местного – электрообогреваемые полы и панели, установки инфракрасного, напольного и комбинированного обогрева.

**1 Расчет мощности электрокалориферной установки**

Расчет ведем по методике, описанной в пункте 3 [1].

Расчётный тепловой поток для помещения молочно-товарной фермы определяем по формуле (1) [1] :

 (1.1)

где qo – отопительная характеристика здания, Вт/(м3.°C), из исходных данных qo = 0.55Вт/(м3.°C);

V – внутренний объем помещения, м3;

ρв – плотность воздуха, ρв = 1.29кг/м3 (пункт 3 [1]);

Cв – удельная теплоемкость воздуха, Cв = 1000 Дж/(кг.°С);

L – подача вентиляционного воздуха, м3/с;

tв – температура воздуха внутри помещения, из исходных данных tв = +14°С;

tн – расчетная температура наружного воздуха, из исходных данных tн = -8°С;

Фж – поток теплоты, выделяемый от животных, Вт.

Расчетный объем помещения определяем по формуле (2) [1]:

 (1.2)

где V0 – удельный объем помещения (на одну голову скота), из исходный данных V0 = 0,4м3/гол;

N – количество животных в помещении, из исходных данных N = 30000гол.

Подставляя числовые значения в формулу (1.2), получаем:

0,4\*30000=12000,м3

Подачу вентиляционного воздуха приближенно определяем по формуле (3) [1]:

 (1.3)

где l – удельная подача воздуха, для коров принимаем

l = 750м3/(кг.ч) (таблица 10.11 [3]);

m1 – средняя масса одного животного, из исходных данных

m1 = 1кг;

0.8 – Коэффициент учитывающий дополнительный приток воздуха за счёт инфильтрации. Подставляя числовые значения в формулу (1.3), получаем:

L=(0/8\*0,75\*10^3\*1\*30000)/3600=5 м3/с,

Поток теплоты от животных определяем по формуле (4) [1]:

 (1.4)

где Ф1 – явные тепловыделения одним животным, для коров принимаем Ф1 = 8,49Вт/гол (таблица 10.9 [3]).

Подставляя расчетные значения в формулу (1.4), получаем:

Фж=8,49\*30000=254700Вт

Используя полученные данные, определяем расчётный тепловой поток по формуле (1.1):

Ф=(0,55\*12000+1.29\*1000\*5)\*(14+8)-254700=32400 Вт

Установленную мощность электрокалориферной установки (ЭКУ) определяем по формуле (5) [1]:

 (1.5)

где Кз – коэффициент запаса, в соответствиями с рекомендациями пункта 3 [1], принимаем Кз = 1,1;

η – коэффициент полезного действия (КПД) установки, принимаем η = 0,9.

Получаем:

Р=1,1\*32400/0,9=39,6 кВт

Затем, по установленной мощности ЭКУ определяем единичную мощность установки Pэку, и их количество nэку. При выборе руководствуемся:

- соображениями надежности снабжения;

- равномерностью распределения подогретого воздуха;

- возможностью размещения установок в помещении.

Выбираем 4 ЭКУ мощностью каждая по 9,9 кВт. Ближайшая большая мощность в размерном ряду – 10 кВт.

Определяем количество трубчатых нагревательных элементов (ТЭНов) в установке:

10/1.8=6 шт

Принимаем zэку = 6 шт. Число ТЭНов должно быть кратным 3 (количество фаз), кратным числу ступеней регулирования nсек = 2 (таблица 4 [1]).

Определяем количество ТЭНов в фазе установки:

1 шт

Принимаем Zфв=1 ТЭН.

Действительная мощность установки определяется по формуле (9):

 (1.6)

Получаем:

Рэку.д=3\*2\*1\*1.8=10,8 кВт

Предельное отклонение полученного значения действительной мощности ЭКУ Pэку.д. допускается в пределах от –10% до +10%. В нашем случае это условие выполняется:



Суммарная мощность всех калориферных установок определяется по формуле (8) [1]:

 (1.7)

Имеем:





# Расчет трубчатых электронагревателей.

Расчет ведем по методике описанной в пункте 4 [1].

Исходные данные к расчету:

* мощность ТЭНа: P1 = 1,8кВт;
* питающее напряжение: U = 220 В;
* длина активной части ТЭНа: Lакт = 0.48м;
* форма ТЭНа: прямая;
* условия эксплуатации: нагрев движущегося воздуха, теплопередача от ТЭНов осуществляется конвекцией, допустимая температура поверхности трубки tтр для условий отопительно-вентиляционных систем сельскохозяйственных помещений 180°С;
* диаметр трубки dтр.нар. = 13мм (таблица 5 [1]);
* площадь теплоотдачи A1 = 0.27м2 (таблица 5 [1]);

Исходя из предварительных расчетов, подбираем высоту окна калорифера для данного случая. Из таблицы 6 [1] выписываем основные размеры калорифера СФО-10/0,5Т-И1 и заносим их в таблицу 4.1.

Таблица 2.1 Основные размеры калорифера СФО-10/0,5Т.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип калорифера | Размеры, мм | | | |
| H | H1 | A | B |
| СФО-10/1Т-И1 | 140 | 220 | 184 | 185 |

ТЭНы размещаем вертикально в шахматном порядке в 3 ряда. В каждом ряду размещаем 2 ТЭНа. Проверим возможность размещения ТЭНов в данном калорифере.

Диаметр оребренного ТЭНа - 40мм (в среднем), Расстояние между осями ТЭНов – 50 … 60мм. Следовательно: 50 \* 2 = 100мм <= H = 140мм – условие выполняется, следовательно, для данного случая принимаем типовые размеры калорифера СФО-10/0,5Т-И1.

## **2 Проектирование ТЭНа**

Выбираем сплав сопротивления для спирали и материал оболочки. Для спирали используем нихромовый сплав Х20Н80–Н, для оболочки ТЭНа используем углеродистую сталь.

Обосновываем рабочую температуру спирали tсп, исходя из условий:

1. tсп <= 0,6.tдоп,

где tдоп – максимальная допустимая температура для нихромового сплава Х20Н80–Н, из таблицы 5.4 [2] tдоп = 1100°C

Получаем: 0,6.tдоп = 0,6.1100 = 660°C. Принимаем tсп = 630°C.

1. обеспечения достаточного срока службы нагревателя;
2. обеспечения необходимой по технологическим условиям поверхности трубки.

Предварительно определяем диаметр проволоки спирали d, в следующей последовательности:

1. Находим сопротивление спирали при рабочей температуре Rt, Ом:

 (2.1)

где ε - коэффициент, учитывающий уменьшение сопротивления ТЭНа при опрессовке, ε = 0.77.

1. Рабочий ток определяем по формуле (11) [1]:

 (2.2)

Имеем:



1. Находим расчетную температуру спирали применительно к условиям составления таблиц нагрузок:

 (2.3)

где kм – коэффициент монтажа, принимаем kм = 0.85;

kс – коэффициент среды, принимаем kс = 1.3;

Подставляя числовые значения, получаем:



1. По Iр = 6,3 А и tр = 696 °C по таблице нагрузок для выбранного сплава (таблица 5.5 [2]) находим d = 0,6 мм.

Затем, определяем геометрические параметры ТЭНа, руководствуясь рекомендуемыми соотношениями (5.57) [2]:

 (2.4)

 (2.5)

где h – шаг спирали, мм;

dсп.нар. – наружный диаметр спирали, мм;

dтр.вн. – внутренний диаметр трубки. Толщина оболочки приближенно равна 0.1.dтр.нар., следовательно:

 (2.6)

Получаем:

  

Пользуясь соотношениями (2.4) и (2.5), получаем:

Определяем необходимую длину проволоки спирали по формуле (4.59) [2]:

 (2.7)

где ρ20 – сопротивление нихрома при 20°С, ρ20 = 1.1.10-6Ом.м (таблица 5.4 [2]);

α – температурный коэффициент сопротивления нихрома, α = 16.8.10-6°С-1 (таблица 5.4 [2]);

В итоге имеем:



Число витков спирали определяем по формуле (15) [1]:

 (2.8)

где dсп – средний диаметр витка спирали, для данного случая принимаем dсп = dсп.нар. -d= 8,3-0,6 =0,005м.

Получаем:



Активную длину ТЭНа определяем по формуле (16) [1]:

 ТЭНа 2.9)

Окончательно получаем:



Величина Lакт должна быть равной 0.48м. Допустимое отклонение – не более 3%.

Проверяем:



Так как допустимое отклонение 0,8% <= 3% в пределах нормы, то делаем вывод, что диаметр проволоки d подобран верно, параметры ТЭНа dсп, h определены правильно.

## Проверочный тепловой расчет ТЭНа.

Задача этого расчета состоит в определении температуры поверхности оболочки tтр спроектированного ТЭНа и температуры спирали tсп.

Температура трубки ТЭНа определяется по формуле (19) [1]:

 (2.10)

где P –мощность ТЭНа, P =1,8 кВт;

tв – средняя температура воздуха в калорифере, °С;

α – коэффициент теплоотдачи от ТЭНа к воздуху, Вт/(м2.°С).

Средняя температура воздуха в калорифере определяется по следующей формуле:

 (2.11)

где t1 – температура поступающего (холодного воздуха), из условия задания t1 = -8 °С;

t2 – температура выходящего (нагретого) воздуха, определяется по формуле (17) [1]:

 (2.12)

где L – стандартная подача ЭКУ

Имеем:



Подставляя числовые значения в формулу (2.11), определяем среднюю температуру воздуха в калорифере:



Коэффициент теплоотдачи от ТЭНа к воздуху α определяем по номограмме 3 [1] при следующих параметрах:

* шаг оребрения: Sр = 3.5.10-3м [1];
* высота оребрения: hр = 14.10-3м [1];
* отношение: hр/Sр = 14/3.5 = 4.0;
* отношение: dтр.нар./Sр = 13/3.5 = 3.7;

Скорость воздуха в калорифере определяется по формуле (21) [1]:

 (2.13)

где f – площадь поперечного сечения канала калорифера в месте наиболее заполненном нагревателями, определяется по формуле (22) [1]:

 (2.14)

где H – высота канала (окна), H = 140мм;

zр – число ТЭНов в одном вертикальном ряду, zр = 2.

В итоге, имеем:



По формуле (2.13) определяем скорость движения воздуха в калорифере:



Окончательно, определяем α = 45Вт/(м2.°С).

Подставляя рассчитанные значения определяем температуру трубки tтр:



Полученная температура трубки удовлетворяет следующие условия:

1. tтр = 155,7 °С не превышает допустимую температуру для выбранного материала (углеродистая сталь): 155,7°С <= 350°С;
2. tтр = 155,7 °С соответствует технологическим требованиям на нагрев, т.е. не превышает 180°С: 155,7°С <= 180°С.

Температуру спирали определяем по формуле (23) [1]:

 (2.15)

где λн – теплопроводность наполнителя (для периклаза λн = 1Вт/(м.°С));

 (2.16)

Kсп – коэффициент, учитывающий различие условий теплообмена на модели и в реальном нагревателе, определяется по формуле (24):

Подставляя ранее рассчитанные значения, получаем:



Окончательно имеем:



Рассчитанная температура спирали удовлетворяет условию пункта 4[1] и не превышает допустимую для материала проволоки: 335,1°С<=630°С;

# Выбор электродвигателя для привода вентилятора.

Согласно указаниям пункта 5 [1] подбираем электродвигатель для вентилятора. Необходимая подача воздуха вентилятором ЭКУ с учетом потерь и подсосов воздуха в воздуховодах определяем по формуле (25) [1]:

 (3.1)

где k – коэффициент, учитывающий потери и подсос воздуха в воздуховодах. Для стальных воздуховодов длиной до 50м принимаем k = 1.1.

Подставляя числовые значения, получаем:



В ЭКУ типа СФОЦ используют центробежные вентиляторы, способные развивать высокое давление при достаточно большой подаче. По номограмме пункта 8.7 [3] по расчетному напору вентилятора ΔP = 350Па (из задания на проектирования) и необходимой подаче воздуха L = 871,2 м3/ч выбираем центробежный вентилятор типа ВЦ 4-75 марки Е3.15.105-1.

Мощность электродвигателя для привода вентилятора определим по формуле (26) [1]:

 (3.2)

где kз – коэффицент запаса, принимаем kз = 1,4;

ηп – КПД передачи ηп = 1;

ηв – КПД вентилятора, принимаем ηв = 0.9;

В итоге имеем:



По таблице 8.16 [3] определяем двигатель, которым комплектуется вентилятор. Двигатель асинхронный короткозамкнутый серии 4АА63В4.

Данные по комплектации вентиляционного агрегата сводим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 Комплектность вентиляционного агрегата с вентилятором ВЦ 4-75.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозна-чение | Вентилятор ВЦ 4-75 | | | Электродвигатель | | | |
| Номер | Диаметр колеса, % номинального | Частота вращения, мин-1 | Тип | Мощность, кВт | Частота вращения, мин-1 | Мас-са, кг. |
| Е3.15.105-1 | 3,15 | 105 | 1365 | 4АА63В4 | 0,37 | 1365 | 38,1 |

**Выбор и проверочный расчет серийной ЭКУ.**

## Выбор серийной ЭКУ.

Задача выбора серийной ЭКУ состоит в определении типоразмера установки и их числа. Выбор производим по трем основным параметрам:

1. Тепловой мощности P, кВт;
2. Подаче воздуха вентилятора L, м3/ч;
3. Давлению вентилятора ΔP, Па.

Для нашего случая выбираем установку типа СФОЦ10/0,5-И1. Технические данные данной установки заносим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 Технические данные установки СФОЦ10/0.5-И1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Установленная мощность, кВт | В том числе электрокалорифера, кВт | Подача воздуха, м3/ч | | Напор вентилятора, Па | | Число секций электрокалорифера, шт | | Число ТЭНов, шт | | Мощность секции, кВт |
| 10 | 9,6 | 800 | | 350 | | 2 | | 6 | | 4,8 |
| Температура выходящего воздуха, не более, °С | | | Напряжение сети, В | | Частота тока, Гц | | Число фаз, шт | | Схема соединения | |
| 50 | | | 380/220 | | 50 | | 3 | | Y | |

## Проверочный расчет.

Задача проверочного расчета состоит в определении температуры воздуха на выходе из калорифера, которая не должна превышать 50°С и температуры поверхности ТЭНов, допустимое значение которой 180°С

Необходимость в проверочном расчете возникает в том случае, если условия работы ЭКУ отличаются от тех, которые указаны в паспорте.

Определяем температуру воздуха на выходе из калорифера по формуле (27) [1]:



 (4.1)

Получаем:

Среднюю температуру внутри калорифера определим по формуле (2.11):



Так как геометрические размеры ЭКУ в предварительном расчете мы брали аналогичными размерам СФОЦ10/0,5-И1, то коэффициент теплоотдачи от поверхности ТЭНа к воздуху будет таким же как и в предыдущем расчете: α = 45Вт/(м2.С°).

По формуле (2.10) определяем температуру трубки, приняв А1 = 0.27м2:



Ксп будет аналогичным предыдущему расчету: Ксп = 0,93

По формуле (4.15) определяем температуру спирали:



В результате проверочного расчета определили, что температура воздуха на выходе из калорифера не превышает 50°С, температура поверхности трубки не превышает 180°С, а температура спирали на превышает допустимого значения температуры для нихрома.

Разработка принципиальной электрической схемы силовых цепей ЭКУ, выбор коммутационной и защитной аппаратуры.

Согласно пункту 7 [1] в данном проекте требуется разработать магистрали, питающей ЭКУ, а также защиту электрокалорифера от токов короткого замыкания и двигателя вентилятора от токов короткого замыкания и перегрузки, а также осуществить выбор коммутационной аппаратуры.

Защиту от аварийных режимов электрокалорифера (ТЭНов) будем осуществлять с помощью предохранителей. Защита электродвигателя и питающей магистрали будет осуществляться с помощью автоматического выключателя. В качестве коммутационной аппаратуры используем электромагнитные пускатели.

Выбор аппаратуры, вставок предохранителя и уставок автоматического выключателя производиться по расчетным токам, которые определяются следующим образом:

* для линии электрокалорифера:

  (1)

* для линии электродвигателя:

  (2)

* для магистрали, питающей ЭКУ:

 (3)

Подставляя числовые значения в формулы (1), (2), (3) определяем токи:



Определим максимальный (пусковой) ток двигателя по следующей формуле:

 (4)

где Kп – коэффициент кратности пуска, примем Kп = 5.



## Выбор предохранителей.

Выбор производится по трем условиям:

1. По номинальному напряжению предохранителя.
2. По номинальному току предохранителя.
3. По номинальному току плавкой вставки.

Для защиты ТЭНов, установленных в ЭКУ выбираем предохранитель типа ПР-2, осуществляем проверку:

Uн: 380В <= 1000В;

Iн: 6.7А <= 60А;

Iн.вст.: 6.7A <= 10А.

## Выбор автоматических выключателей.

Выбор производится по пяти условиям:

1. По номинальному напряжению автомата.
2. По номинальному току автомата.
3. По номинальному току расцепителя.
4. По току срабатывания электромагнитного расцепителя.
5. По току срабатывания теплового расцепителя.

Для защиты электродвигателя выбираем автоматический выключатель серии АЕ2023 с электромагнитным расцепителем. Номинальный ток автомата Iн = 16А, Iн.расц. = 2.0А Осуществляем проверку:

Uн: 380В <= 660В;

Iн: 1.4А <= 16А;

Iн.расц.: 1.4A <= 2.0А;

Iср.э/м: 7.0A <= 30А.

Аналогичным образом осуществляем выбор автоматического выключателя для защиты линии.

Выбираем автоматический выключатель серии АЕ2056М с электромагнитным расцепителем. Параметры автомата: Iн = 100А, Iн.расц. = 80А.

## **Выбор электромагнитных пускателей.**

Выбор электромагнитных пускателей осуществляется по следующим условиям:

1. По номинальному напряжению пускателя.
2. По номинальному току пускателя.

Для дистанционного управления фазными группами ТЭНов используем электромагнитные пускатели серии ПМЛ-112002 с Iн = 63А. Осуществляем проверку:

Uн: 380В <= 660В;

Iн: 6.7А <= 63А.

**Разработка схемы управления и автоматизации.**

Cистема управления и автоматизации ЭКУ должна обеспечить:

1. Защиту электрооборудования от аварийных режимов работы, в том числе ТЭНов от перегрева;
2. Регулирование тепловой мощности для поддержания температуры воздуха в отапливаемом помещении на заданном уровне. В нашем случае (по условию задания) требуется обеспечить ступенчатое регулирование мощности ЭКУ;
3. Регулирование температуры выходящего воздуха;
4. Световую сигнализацию о включении электрокалорифера и возможных аварийных режимах;
5. Возможность ручного и автоматического управления.

Для обеспечения вышеперечисленных условий воспользуемся уже разработанной типовой схемой управления ЭКУ типа СФОЦ исп.1. Схемное решение этого исполнения обеспечивают управление ЭКУ СФОЦ-10/0.5Т в ручном и автоматическом режиме работы, обеспечивает ступенчатое регулирование мощности, а, следовательно, и температуры воздуха путем изменения числа включенных ТЭНов электрокалорифера (100, 50% от номинальной мощности). Данная схема также обеспечивает регулирование температуры воздуха на выходе в зависимости от температуры внутри отапливаемого помещения.

Рассмотрим принципиальную электрическую схему.

Установка типа СФОЦ исп.1 предусматривает ручной «Р» и автоматический «А» режим работы (переключатель SA1), ступенчатое включение мощности (SA2), двухпозиционное регулирование температуры регулятором температуры SK1 и SK2, защиту ТЭНов от перегрева (терморегулятор SK3), защита электрокалорифера от включения при неработающем вентиляторе (блок-контакт QF2 в цепи управления).В ручном режиме работы секции электрокалорифера выключателем SA2. В автоматическом режиме секции I и II управляются регуляторами температуры SK1 и SK2.

Рассмотрим работу схемы:

Переключатель SA1 ставим в положение «А», SA2 – в положение 0 или 1/2, в других положениях автоматический режим не работает. Устанавливаем на SK1 - 12°С, на SK2 - 16°С. Температура в помещении ниже заданной. Включаем автомат QF1 – загорается лампа HL1. Включаем QF2, запускается электродвигатель вентилятора, напряжение подается на катушки пускателей КМ1, КМ2. Пускатели замыкают свои контакты в силовой цепи и включают секции электрокалорифера ЕК. При температуре воздуха 12°С размыкается контакт SK1 и отключается секция I, при 16°С размыкается SK2 и отключается секция II. При понижении температуры SK2, SK1 замыкают свои контакты и включают секции калорифера.

При температуре оребрения ТЭНов 180°С терморегулятор SK3 выключает электрокалорифер.

Определение эксплуатационных показателей.

Мощность, потребляемая электродвигателем вентилятора определяется по формуле :



где Pдв.уст. – установленная мощность электродвигателя, кВт;

Kз – коэффициент загрузки двигателя, Kз = 0,6.

Получаем:

Далее определяем суммарную мощность, потребляемую ЭКУ, по формуле:



где Pэк.уст. – установленная мощность калорифера, Pэк.уст. = 10,8 кВт.

В итоге имеем:



Удельный расход электроэнергии за сезон эксплуатации ЭКУ, кВт.ч/(гол.год), рассчитываем по формуле:



где τот – продолжительность отопительного периода, для птичников для кур τот = 102 суток/год;

zэку – количество ЭКУ в помещении, шт;

N – количество голов в помещении.

Получаем:



Энергетическая составляющая годовых эксплуатационных затрат, руб/(гол.год):



где c – тариф на электроэнергию, руб/(кВт.час), c = 62 руб/кВт.

Подставляя числовые значения, имеем:

# 

# Аннотация

Курсовая работа представлена расчетно-пояснительной запиской на 19 страницах машинописного текста, содержащей 5 таблиц и графической частью, включающей 4 листа формата А3.

В работе выполнены расчеты мощности калориферной установки, трубчатых электронагревателей, выбор электродвигателя для привода вентилятора, выбор и проверочный расчет серийной калориферной установки. Записка также содержит разработку принципиальной электрической схемы силовых цепей и выбор коммутационной и защитной аппаратуры. В процессе выполнения курсового проекта была разработана схема управления и автоматизации и определены эксплуатационные показатели.

Графическая часть работы выполняется на листах формата А3 и включает в себя:

1. Конструктивные разработки (конструкции ТЭНа, электрокалорифера, электрокалориферной установки).
2. Схемные разработки (принципиальная электрическая схема).

Курсовой проект оформлен на текстовом редакторе MS Word XP, для расчетов была использована система электронных таблиц MS Excel XP