РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В ПАРАХИНА»

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой к.т.н., доцент
_____/А.В.Виноградов/
подпись
«___» _____ 2017 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту
по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» направленность Электроснабжение и электротехнологии

Тема проекта: Электрификация цеха по производству светодиодных осветительных приборов ООО «Высокие технологии будущего»с разработкой системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски

Автор дипломного проекта Абрамочкин Денис Александрович
Группа АИБ-(Эл)-521(П) шифр 120971

Руководитель проекта: _____ В.А. Чернышов
подпись, дата инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:

1. Конструктивная часть _____ В.А. Чернышов
подпись, дата инициалы, фамилия
2. Экономика _____
подпись, дата инициалы, фамилия
3. Охрана труда _____
подпись, дата инициалы, фамилия
4. Нормоконтроль ст.преподаватель Н.С. Сорокин
подпись, дата инициалы, фамилия

Орел 2017 г

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В ПАРХИНА»

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой к.т.н., доцент
_____//А.В.Виноградов/
подпись
«___» _____ 2017г.

ЗАДАНИЕ НА ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» направленность Электроснабжение и электротехнологии

Дипломник Абрамочкин Денис Александрович
Группа АИБ-(Эл)-521(П) шифр120971
Тема проекта:Электрофикация цеха по производству светодиодных осветительных приборов ООО «Высокие технологии будущего»с разработкой системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски

Утверждено приказом по Орел ГАУ №_____от «___» _____ 20___г.
Срок представления проекта к защите «____» _____ 20___ г.
1. Исходные данные для проектирования:генеральный план предприятия и объекта, ОСН АПК, годовые отчеты хозяйства, ПУЭ, ГОСТ, ПТЭ, СНиП.
2.Перечень разделов пояснительной записки:
2.1 Анализ хозяйственной деятельности предприятия.
2.2 Технологическая характеристика проектируемого объекта.
2.3 Расчет вентиляции и отопления.
2.4 Расчёт освещения и выбор световых приборов.
2.5 Выбор силового оборудования, аппаратуры управления и защиты.
2.6 Электроснабжение.
2.7 Разработка системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски.
2.8 Технико-экономическое обоснование системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски
2.9 Энергосбережение.
2.10 Безопасность жизнедеятельности на проектируемом объекте.
2.11 Экология.
3. Перечень графического материала:

3.1 Генеральный план ООО «Высокие технологии будущего».
3.2 Схема питающей сети 10/0,4 кВ.
3.3 План электрической осветительной сети цеха по производству осветительного оборудования.
3.4 План электрической силовой сети цеха по производству осветительного (светодиодного) оборудования.
3.5 Функциональная схема системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски.
3.6 Принципиальная электрическая схема системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски
3.7 Общий вид щитов управления.
3.8 Экономические показатели проекта.

4. Консультанты по разделам:

1. Конструктивная часть _____ к.т.н., доцент В.А. Чернышов
подпись, дата уч.степень, должность, инициалы, фамилия

2. Экономика _____
подпись, дата уч.степень, должность, инициалы, фамилия

3. Охрана труда _____
подпись, дата уч.степень, должность, инициалы, фамилия

4. Нормоконтроль _____ ст.преподаватель Н.С. Сорокин
подпись, дата уч.степень, должность, инициалы, фамилия

5. Календарный план выполнения дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов	Число, месяц		Подпись руководителя
		По плану	Фактически	
1	Раздел 1	04.03-18.03		
2	Раздел 2	19.03-24.03		
3	Раздел 3	25.03-30.03		
4	Раздел 4	31.03-05.04		
5	Раздел 5	06.04-03.04		
6	Раздел 6.	04.04.-17.04		
7	Раздел 7.	18.04-23.04		
8	Раздел 8.	24.04-29.04		
9	Раздел 9	30.04-13.05		
10	Раздел 10	14.05-19.05		
11	Раздел 03	20.05-25.05		
15	Оформление ГЧ и ПЗ	26.05-30.05		

Руководитель проекта: _____//____
подпись ФИО
Задание принял к исполнению: _____//
«____»_____20___г.

№ п/п	Форм	Обозначения	Наименование	Кол	Экз	Примечание
		Документация	общая			
		вновь	разработанная			
1	А4	ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ	Пояснительная записка	1		
2	А2	ДП.12.35.03.06.120971.001.ГП	3.1 Генеральный план ООО «Высокие технологии будущего»	1		
3	А2	ДП.12.35.03.06.120971.002.Э7	Схема питающей сети 10/0,4 кВ	1		
4	А1	ДП.12.35.03.06.120971.003.Э7	План электрической осветительной сети цеха по производству светодиодных осветительных приборов	1		
5	А2	ДП.12.35.03.06.120971.004.Э3	План электрической силовой сети цеха по производству светодиодных осветительных приборов	1		
6	А1	ДП.12.35.03.06.120971.005.Э2	Функциональная схемасистемы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски	1		
7	А2	ДП.12.35.03.06.120971.006.Э3	Принципиальная электрическая схема системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камерезапекания порошковойкраски	1		
8	А2	ДП.12.35.03.06.120971.009.ВО	Общий вид щитов управления	1		
9	А	ДП.12.35.03.06.120971.013.Т	Экономические	1		

№ Взам.инв.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ		
Разраб.		Абрамочкин				Спецификация	Стадия	Лист 3	Листов
Провер.		Чернышов							
Н.контр.							Орловский ГАУ, АИБ-(Эл)-521(П)		
Утверд.									

	1	Б	показатели проекта			

№ Взам.инв.

дата Подп. и

подл. Инв. №

Изм.	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ		
Разраб.		Абрамочкин				Спецификация	Стадия	Лист 4	Листов
Провер.		Чернышов							
Н.контр.							Орловский ГАУ, АИБ-(Эл)-521(П)		
Утверд.									

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 7

1 Анализ хозяйственной деятельности предприятия. 9

2 Технологическая характеристика проектируемого объекта. 15

3 Расчет вентиляции и отопления. 16

3.1 Описание объекта 16

3.2 Расчет отопления 16

3.3 Расчет воздуховодов 22

3.4 Подбор вентилятора и выбор мощности электродвигателя 24

4 Расчёт освещения и выбор световых приборов. 28

4.1 Выбор системы освещения 28

4.2 Расчет освещения в помещениях цеха 29

4.3 Электротехнический раздел 32

4.4 Выбор марки и сечения проводов осветительной сети и способа их прокладки 32

4.5 Выбор щита управления и защитной аппаратуры осветительной сети 37

5 Выбор силового оборудования, аппаратуры управления и защиты. 39

5.1 Расчет нагрузок цеха 39

5.2 Расчет пускозащитной аппаратуры 40

5.3 Выбор магнитных пускателей 43

5.4 Выбор предохранителей 44

5.5 Выбор силового оборудования 46

5.6 Выбор щита управления. 54

6 Электроснабжение. 55

6.1 Выбор силовыхтрансформатров 50

6.2 Выбор выключателей 56

6.3 Выбор трансформаторов тока 58

6.4 Выбор трансформаторов напряжения 60

6.5 Выбор ограничителей перенапряжения 62

Взам.инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ		
Разраб.		Абрамочкин				Содержание	Стадия	Лист 5	Листов
Провер.		Чернышов							
Н.контр.							Орловский ГАУ, АИБ-(Эл)-521(П)		
Утверд.									

7 Разработка системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски. 63
7.1 Функциональная схема проектируемой системы управления 63
7.2 Выбор используемых компонентов системы 65
8 Технико-экономическое обоснование системы автоматического поддержания оптимальной температуры в камере запекания порошковой краски 68
8.1. Определение стоимости разработки технической документации. 68
8.2. Определение стоимости опытного образца. 70
8.3. Определение стоимости головного образца. 71
8.4. Анализ полученных данных. 71
9. Безопасность жизнедеятельности на проектируемом объекте 73
9.1. Выбор оборудования для защиты от перенапряжений и грозозащиты ТП 73
9.2 Техника безопасности при эксплуатации силовых трансформаторов 77
10 Экология 79
11. Энергосбережение 80
Заключение 82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 83
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 85
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Работа с ПО 97

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день энергетика играет одну из решающих ролей в промышленном производстве и хозяйственной деятельности человека. Высокая значимость энергетики для современного мира ведет к необходимости обеспечения высоких показателей качества и надежности систем электроснабжения. Правильно выбранная схема электроснабжения объекта во многом является залогом надежного электроснабжения и отсутствия аварийных ситуаций.

На данный момент одной из наиболее важных задач развития отечественной энергетики в стране является реконструкция существующих электроэнергетических систем (ЭЭС). На сегодняшний день в стране существует большое количество электростанций и подстанций (ПС) выработавших свой нормативный срок службы. Важно отметить, что эксплуатация подобного морально и физически устаревшего парка оборудования приводит к ложному срабатыванию или отказу комплексов электрооборудования, возникновению и развитию аварийных ситуаций и т.д. Все это приводит к общему снижению надежности всей энергосистемы в целом.

Это предопределяет актуальность выбранной темы данной квалификационной работы по реконструкции понижающей станции, с целью снижения потерь электроэнергии при работе силового оборудования, повышения надежности и функционала оборудования подстанции.

При этом при проектировании трансформаторных подстанций, их комплектации, линий передачи и т.д. необходимо исходить также из экономической целесообразности

Цель данного дипломного проектасостоит в электрификации цеха по производству светодиодных осветительных приборов.

При этом ставятся следующие задачи:

1) Провести анализ объекта проектирования;
2) Выполнить расчет систем освещения и теплоснабжения объекта;
3) Выполнить расчет нагрузок цеха;
4) Произвести расчет токов короткого замыкания;
5) Осуществить выбор электрических аппаратов и кабелей;
6) Произвести расчет систем управления, измерения и учет электроэнергии

1 АНАЛИЗ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Компания Высокие технологии будущего - это Крупнейшая в России компания по производству светодиодного и вспомогательного оборудования. Компания имеет в своём составе 13 филиалов и 16 брендовых магазинов. ООО "Высокие технологии будущего" занимается разработкой и реализацией любых , в том числе эксклюзивных инженерных решений и проектов освещения, с последующим гарантийным и постгарантийным обслуживанием во всех регионах и странах мира. Компания Высокие технологии будущего располагает современным и высокотехнологичным оборудование полного цикла производства светильников:

1. Цех и оборудование для производства корпусов различного вида (листогибное оборудование, фрезерные станки, плазменная резка, оборуд-ование точечной сварки и т.д)

2. Паяльная линия и сборочный цех светильников.

3. Цех производства наружной и внутренней рекламы (лазерная резка, оборудование для пескоструйной обработки, фрезерное оборудование, прорезной плоттер и т.д).

4. Линия проверки и контроля качества выпускаемой продукции.

5. Светоизмерительные и электроизмерительные лаборатории с сертифицированным оборудованием.

6. Собственный полиграфический цех для печати каталогов и промо-продукции.

В табл. 1.1 приведены экономические показатели основного производственного комплекса ООО «Высокие технологии будущего».

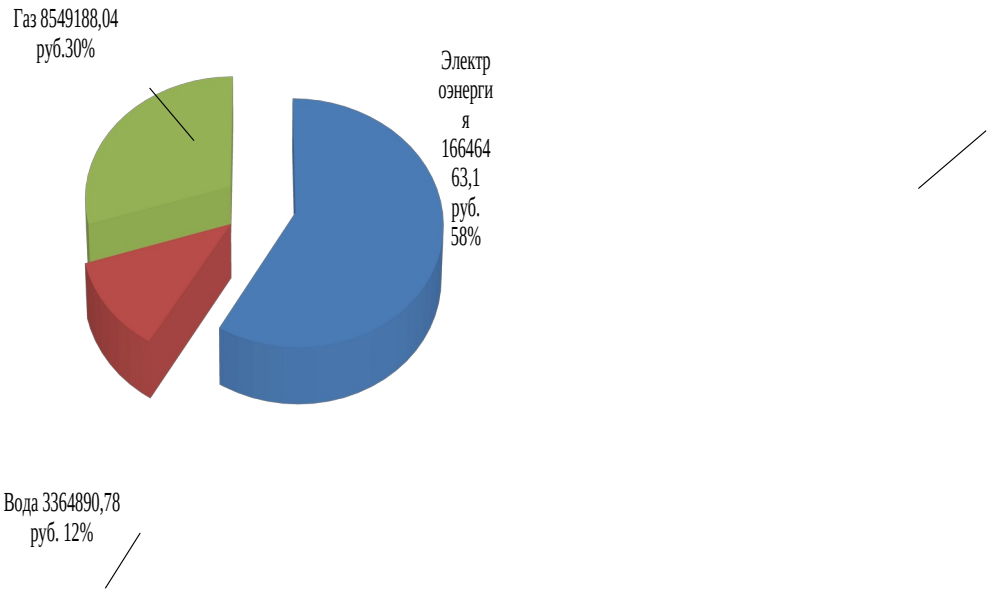
Таблица Error: Reference source not found.1Экономические показатели ООО «Высокие технологии будущего»

Наименование	Единица измерения	Период, год		
		2013	2014	201
1.Номенклатура основной продукции (работ, услуг)		Осветительное оборудов		
1.1. Код основной продукции (работ,услуг) по ОКП	-	640000	640000	6400
1. Объем производства продукции (работ, услуг)	тыс. руб.	666110,7	1151840	1417
3. Производство продукции в натуральном выражении, всего	ед.	4747	5120	505
4. Объем производства основной продукции, всего	тыс. руб.	666110,7	1151840	1417
5. Производство основной продукции в натуральном выражении, всего	ед.	4747	5120	505
6. Объем производства дополнительной продукции	тыс. руб.	-	-	-
7. Потребление энергетических ресурсов, всего	тыс. т у.т.	4,65	4,84	4,6
8. Потребление энергетических ресурсов по номенклатуре основной продукции, всего	тыс. т у.т.	4,65	4,84	4,6
9. Объем потребления энергетических ресурсов по номенклатуре основной продукции, всего	тыс. руб.	20318,71	26468,54	3113
10. Потребление воды, всего в т.ч. на производство основной продукции	тыс. $м^3$	90,04	95,32	89,7
11. Энергоемкость производства продукции (работ, услуг), всего	тыс. т,у.т./тыс. руб.	0,000007	0,0000042	0,0000
11. Энергоемкость производства продукции (работ, услуг) по номенклатуре основной продукции, всего	тыс. т.у.т./тыс. руб.	0,000007	0,0000042	0,0000
13. Доля платы за энергетические ресурсы в стоимости произведенной продукции (работ, услуг)	%	0,023	0,018	0,01
14. Суммарная мощность электроприемных устройств: – разрешенная установленная;	тыс. кВт	3500	3500	350
– среднегодовая заявленная	тыс. кВт	2575	2575	257

Так же компания Высокие технологии будущего имеет собственный автопарк и спецтехнику для выполнения специализированных монтажных работ.

В данном подразделе представлена структура и анализ затрат предприятия на покупку энергоресурсов и воды за базовый2016год.

На рисунок 1.1 отражена структура затрат основного производственного комплекса в2016году.



РисунокError: Reference source not found.1Структура затрат ООО «Высокие технологии будущего» в 2016 году

Как видно изрисунок 1.8, затраты распределились следующим образом:

– электрическая энергия – 58%;

– природный газ – 30%;

– вода – 12%.

Наиболее энергозатратным ресурсом для Центральной площадки являются электроэнергия (58%).

В данном подразделе рассматривается потребление электрической энергии на основании отчетных данных ООО «Высокие технологии будущего».

В приложении 1. представлены данные показателей потребления электроэнергии и затрат на электроэнергию помесячно за период2013-2016гг. для основного производства предприятия (Центральная площадка).

На рисунке 1.1 отражена динамика потребления активной и реактивной энергии и tgφпомесячноза период 2013-2016гг.

Из графика, изображенногонарисунке 1.1 следует, что максимум потребления активной электроэнергии приходится на декабрь месяц 2013,2014 и2016гг. и на февраль 2015. Наибольшее значение зафиксировано в декабре 2014 года, в натуральном выражении это составляет 636,86тыс. кВт·ч. Минимум приходится на август месяц 2013 и 2014 гг. и на июнь месяц 2015 и2016гг. Наименьшее значение зафиксировано в августе 2013 года, в натуральном выражении это составляет 406,96 тыс. кВт·ч. Резкие перепады линии потребления активной энергии связаны потребностью в отоплении в зимние месяцы, а так же увеличением времени использования освещения. Различное потребление в зимние месяцы связано со среднемесячной температурой воздуха. Зимой 2013 года зафиксирована аномально высокая температура.

Из кривой изменения tgφвидно, что среднемесячные значения находились в пределах нормы (нормированное значение tgφ≤0,4)[13]. Резкие изменения tgφсвязано с особенностями технологического процесса и использованием компенсирующих устройств только с ручным управлением.

Из графика следует, что максимум потребления электроэнергии приходится на2016год, в натуральном выражении это составляет 6260,75 тыс.кВт·ч, минимум приходится на 2013 год – 5936,89 тыс.кВт·ч.

Линии тренда потребления электроэнергии указывает на тенденцию значительного увеличения показателя к концу периода.Это связано с изменением цен на электроэнергию в течении периода.

В приложении 1 приведены средние за 12 месяцев значения электропотребления основного производства ООО «Высокие технологии будущего» за период 2013-2016годы.

Изм. Лист №докум. Подпись Дата ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ

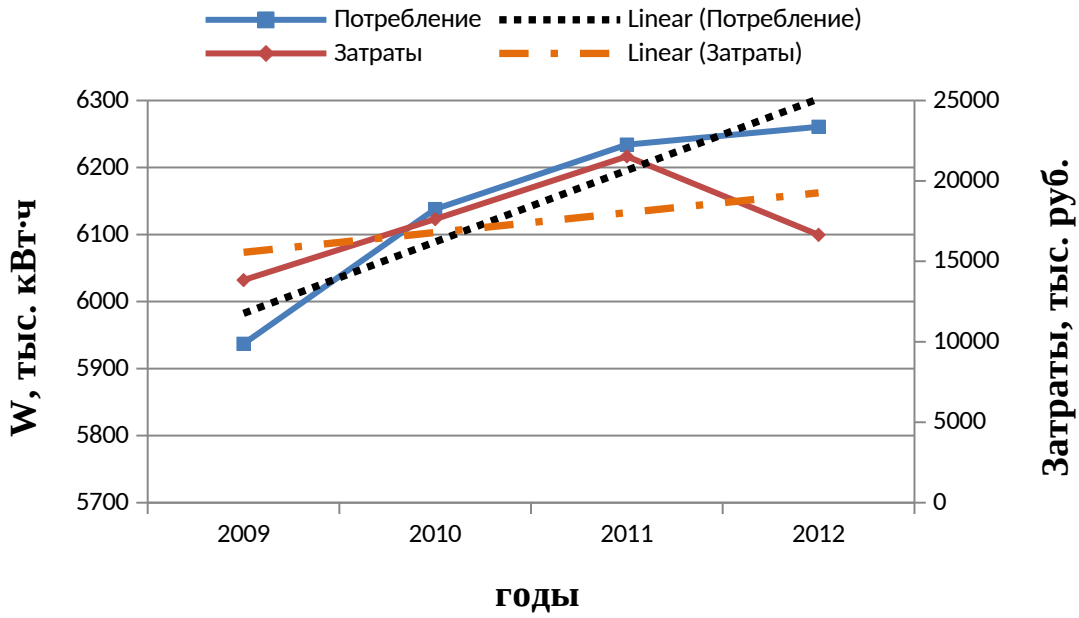


Рисунок1.1Динамика потребления электроэнергии, затрат и цены за период 2013-2016годы

Таким образом, вариация среднемесячного потребления электрической энергии в период с 2013 г. по2016г.не превышает 3,83%, а в среднем составляет 1,26%.Характеристика помещений цеха производствасветодиодного осветительного оборудования представлена в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Характеристика помещений по взрыво-, пожаро- и электробезопасности

Наименование помещений	Категории			Примечания
	Взрыво-опасность	Пожаро-опасность	Электро-безопасность	
Склад готовой продукции в таре	В – IIа	П – II	ПО	
Помещения для материалов	В – IIв	П – II	БПО	
Помещение для упаковочной тары	В – Iа	П – Iа	ОО	
Венткамара	В – Iа	П – IIа	ПО	
Помещение для микро- и макрокомпонентов	В – Iа	П – IIа	ПО	
Комната мастера	В – IIв	П – II	БПО	
Помещение для пустой тары	В – IIв	П – II	БПО	
Производственное помещение	В - IIа	П – IIа	ПО	
Галерея конвейерная наземная	В - Iа	П - Iа	ОО	

Климатические условия

Проектируемый объект работ расположен во II В климатическом районе согласно СНиП 23-01-99* климатического районирования территории РФ для строительства. Климат района формируется под воздействием атлантических и арктических воздушных масс.Абсолютный минимум температуры зимой может достигать минус 43 °С. Абсолютный максимум температуры летом - плюс 32 °С. Даты перехода среднесуточных температур через 0 °С: 1 апреля и 12 ноября. Среднегодовое количество осадков составляет 680 мм, в т.ч. с ноября по март - 200 мм, с апреля по октябрь - 420 мм. Величина испарения с поверхности земли составляет 350 мм/год. Относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца составляет 83-86 %, наиболее теплого 60-72 %. Район относится к зоне избыточного увлажнения.

Образование устойчивого снегового покрова происходит в период с середины октября до начала декабря. Снег сходит в середине апреля. Средняя из наибольших высот величина снежного покрова за зиму составляет 0,40 м.

Таблица 1.3 – Параметры грунта для расчета заземления

Удельное сопротивление верхнего слоя земли для горизонтальных заземлителе ρ_1, ОМ-м	Сопротивление нижнего слоя землидля вертикальных заземлителей ρ_2, ОМ-м	Толщина верхнего слоя земли h, м	Время протекания однофазного тока К.З. I, с
700	300	1,25	1,745

Выводы по разделу

В данной главе проведен анализ объекта проектирования – цеха по производству осветительного оборудования компании ООО «Высокие технологии будущего». Представлены результаты технико-экономического анализа деятельности компании, а также рассмотрены характеристики

Изм. Лист №докум. Подпись Дата ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ

помещений цеха и климатические характеристики для указанной климатической зоны.

Изм. Лист №докум. Подпись Дата ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА

Анализируя различные варианты технологических процессов производства светодиодов, можно прийти к выводу, что определенные операции (монтаж кристаллов, разделение групповых заготовок, герметизация) выполняются при любых конструктивных особенностях продукта, что позволяет применять типовой укрупненный технологический маршрут сборки светодиодов (см. рисунок2.1).

Операция монтажа кристаллов является критичной для сборки светодиодов. Как правило, монтаж производится на тепло- и токопроводящий клей с последующим отверждением. Затем выполняется визуальный контроль и механический контроль кристаллов на сдвиг. Наиболее технологичным является монтаж перевернутых кристаллов (flip-chip), позволяющий избавиться от операции разварки проволочных выводов.

Готовые светодиоды отправляют на тестирование и сортируют, после чего они поступают на участок поверхностного монтажа, где светодиоды и элементы схемы управления и электропитания устанавливаются и паяются на плату.

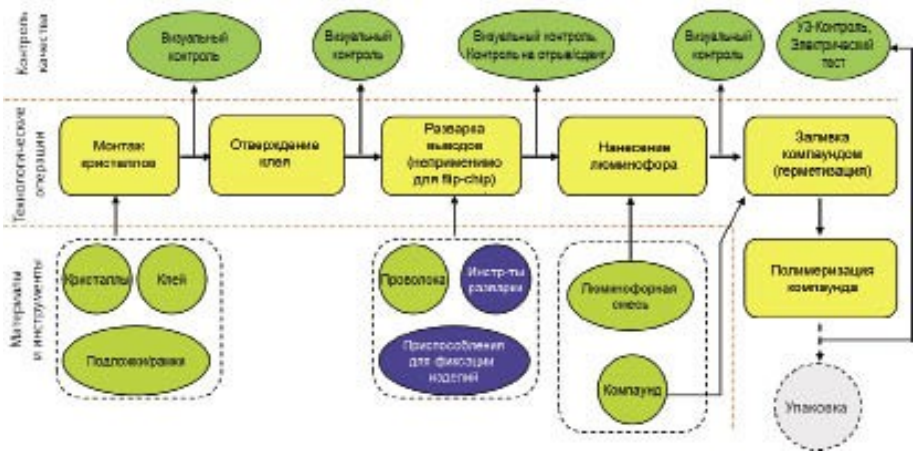


Рисунок 2.1 – Технологический маршрут сборки светодиодов

						ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ	
Изм.	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата		
Разраб.		Абрамочкин				Технологическая характеристика проектируемого объекта	Стадия: — / Лист: 16 / Листов: —
Провер.		Чернышов					
Н.контр.							Орловский ГАУ, АИБ-(Эл)-521(П)
Утверд.							

Взам.инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

3 РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ И ОТОПЛЕНИЯ

3.1 Описание объекта

Расчетная средняя зимняя температура наружного воздуха для московской области $t_н$= -31 ^{O}C, наружная вентиляционная температура $t_{н.в.}$ = -16 ^{O}C, расчетная температура внутри помещения $t_в$ =10 ^{O}C.[10,17]

Здание запроектировано одноэтажным, прямоугольной формы с размерами в плане 108 × 12 м. Каркас полный железобетонный.

Фундаменты под капитальные внутренние стены ленточные из сборных бетонных блоков, а под колонны - из сборных железобетонных башмаков по ГОСТу 24022-80. Стены кирпичные. Гидроизоляция стен из слоя цементного раствора состава 1 : 2, толщиной 20 мм. Цемент марки 400. Для защиты здания от поверхностных вод вдоль наружных стен устраивается асфальтоваяотмостка по щебеночному основанию.

Кровля из асбестоцементных листов с уклоном 15°:

- асбоцементные листы (δ = 0,01 м, λ = 0,49 Вт/м·^{o}C);
- пароизоляция (битум) (δ = 0,02 м, λ = 0,27Вт/м·^{o}C);
- маты минераловатные(δ = 0,07 м, λ = 0,07 Вт/м·^{o}C);
- железобетонные плиты (δ = 0,15 м, λ = 1,98Вт/м·^{o}C).

Кровля из асбестоцементных листов с уклоном 15 ^{O}.

Полы цементные и деревянные. Окна - деревянные, с расстоянием между стеклами 10 см (рамы двойные). Количество окон с размерами 1,82 × 0,8 м - 19 шт.

3.2 Расчет отопления

Отопление воздушное, совмещенное с вентиляцией.

Тепловую мощность (Вт) системы отопления и вентиляции определяют на основании уравнения теплового балланса :

$$Ф_{ОТ.} = Ф_{ОГР.} + Ф_{В.} + Ф_{ИСП.} + Ф_{ИНФ.} \quad (3.11)$$

где: $Ф_{ОГР.}$, $Ф_{В.}$, $Ф_{ИСП.}$, $Ф_{ИНФ.}$ - тепловые потоки, теряемые помещением соответственно через наружные ограждения, на нагрев приточного воздуха, испарение в помещении, на инфильтрацию воздуха, Вт.;

Поток теплоты, теряемый помещением через наружные ограждения:

$$Ф_{ОГР.} = Ф + Ф_{ДОБ}, \quad (3.1)$$

где: Ф - основные потери теплоты через отдельные ограждения, Вт.;

$Ф_{ДОБ.}$ - добавочные потери теплоты, Вт.

$$\hat{O} = \left(\frac{F}{R_O}\right) \cdot \left(t_{å} - t_{í}\right) \cdot n \quad , \quad (3.2)$$

где: R_O - общее сопротивление теплопередаче ограждения, $м^2 \cdot {}^{O}C$/ Вт.;

F - площадь поверхности ограждения, $м^2$;

$t_{В.}$ и $t_{Н.}$ - расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, ${}^{O}C$;

n - коэффициент, зависящий от положения наружного ограждения по отношению к наружному воздуху.

$$R_O = R_{å} + \left(\frac{d_i}{\lambda_i}\right) + R_{í} \quad , \quad (3.3)$$

где $R_В$ - термическое сопротивление тепловосприятию внутренней поверхности ограждения, $м^2 \cdot {}^{O}C$/ Вт.;

δ_i / λ_i - сумма термических сопротивлений теплопроводности отдельных слоев m-слойного ограждения толщиной δ_i (м), выполненных из материалов с теплопроводностью λ_i (Вт/ $м^2 \cdot {}^{O}C$);

$R_Н$ - термическое сопротивление теплоотдаче наружной поверхности ограждения, $м^2 \cdot {}^{O}C$/ Вт.

Потери теплоты через пол : пол бетонный $\lambda_б$ = 1,8 Вт/$м^2 \cdot {}^{O}C$.[1]. Полы неутепленные, так как $\lambda_б > \lambda_{у.п.}$, (1,8 > 1,16) [1].

Разделив площадь пола на двухметровые зоны, параллельные наружной стене, получим три зоны шириной по два метра и одну шириной 11 м. Потерями теплоты через внутренние торцовые стены пренебрегаем.

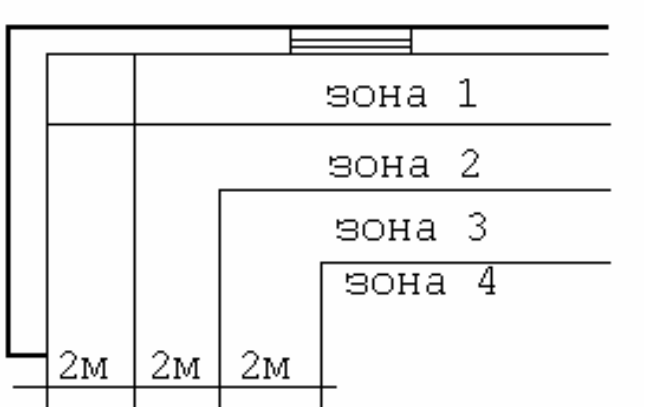


Рисунок 3.2 – Разбивка пола на зоны.

Площади зон : F1 = 396 м$^{3.}$ F2 = 348 м$^{3.}$ F3 = 316 м$^{3.}$ F4 = 594 м$^{3.}$

Сопротивление теплопередаче для каждой зоны неутепленных полов :

R_O1 = 2,15 м^2·^{O}C/ Вт, R_O2 = 4,3 м^2·^{O}C/ Вт, R_O3 = 8,6 м^2·^{O}C/ Вт,

R_O4 = 14,2 м^2·^{O}C/ Вт.

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2):

$$\hat{O}_{\ddot{i}\hat{i}\grave{i}} = 1 \acute{} \left[\frac{396}{2,15} + \frac{348}{4,3} + \frac{316}{8,6} + \frac{594}{14,2} \right] \acute{} (10+31) = 12373,8$$ Вт.

Потери теплоты через наружные стены : материал стен – силикатный кирпич δ = 0,64 м, λ = 0,81 Вт/ м^2·^{O}C, R_B = 0,115 м^2·^{O}C/ Вт, R_H = 0,043 м^2·^{O}C/ Вт [1].

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.3):

$$R_O = 0,115 + \left(\frac{0,64}{0,81} \right) + 0,043 = 0,948$$ м^2·^{O}C/ Вт.

Площадь стен без учета площадей дверей и окон :

$$F = (108 \times 3,8 + 12 \times 3,8) \times 2 - (3,54 \times 3,59) \times 4 - (1,51 \times 2,1) \times 5 - (1,31 \times 2,1) = 790$$

м.

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2):

$$Ф_с = \left(\frac{790}{0,948}\right) \times (10+31) = 34167,5 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через двери.

Ворота ВР1: $F = (3,54 \times 3,59) \times 4 = 50,8$ м^2, $R_O = 0,43$ м^2·^{O}С/ Вт, [1].

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2):

$$Ф_в = \left(\frac{50,8}{0,43}\right) \times (10+31) = 4847 \text{ Вт.}$$

Дверной блок Д1: $F = (1,51 \times 2,1) \times 5 = 15,86$ м^2, $R_O = 0,43$ м^2·^{O}С/ Вт, [1].

$$Ф_в = \left(\frac{15,86}{0,43}\right) \times (10+31) = 1512 \text{ Вт.}$$

Дверной блок Д3 : $F = (1,31 \times 2,1) \times 1 = 2,75$ м^2, $R_O = 0,215$ м^2·^{O}С/ Вт, [1].

$$Ф_в = \left(\frac{2,75}{0,215}\right) \times (10+31) = 524,4 \text{ Вт.}$$

$$Ф_в = 4847 + 1512 + 524,4 = 6883,4 \text{ Вт .}$$

Потери теплоты через окна:

$F = (1,82 \times 0,8) \times 19 = 27,7$ м^2, $R_O = 0,38$ м^2·^{O}С/ Вт, [1].

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.13)

$$Ф_м = \left(\frac{27,7}{0,38}\right) \times (10+31) = 2984,8 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через перекрытие : перекрытие состоит из железобетонных плит δ = 0,08 м., λ = 1,98 Вт/ м^2·^{O}С, [1]; битуумного покрытия δ = 0,008 м., λ = 0,27 Вт/ м^2·^{O}С,[1]; утеплителя из минеральной ваты δ = 0,08 м., λ = 0,07 Вт/ м^2·^{O}С,[1]; $R_В$ = 0,115 м^2·^{O}С/ Вт, $R_Н$ = 0,043 м^2·^{O}С/ Вт,[1].

Площадь перекрытия : F = (12 × 108) = 1300 м^3.

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.3):

$$R_O = 0,115 + \left[\frac{0,01}{0,49} + \frac{0,02}{0,27} + \frac{0,07}{0,07} + \frac{0,15}{1,98}\right] + 0,043 = 1,328$$ м^2·^{O}С/ Вт.

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2) :

$$Ф_п = \left(\frac{1300}{1,328}\right) \times (10+31) = 40012.1$$ Вт.

Общие потери через ограждения:

$Ф_{ОГР} = Ф_{ПОЛА} + Ф_С + Ф_Д + Ф_О + Ф_П = 12373,8 + 34167,5 +6883,4+2984,8+40012,1=104096,5$ Вт.

Добавочные теплопотери:

1. Добавочные потери через двери при их кратковременном открывании составляют 80% от основных потерь через двери, [1].Ворота В1 и дверной блок Д3 не являются дверьми для тамбуров.

$Ф_{ДОБ.} = 0,8 \times 1512 = 1209,6$ Вт.

3. Добавочные потери через стены, окна и двери, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад составляют 10% от основных потерь через эти ограждения, на юго-восток и запад – 5%.

Север: Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2) :

$$Ф_{доб.с} = \left(\frac{54,4}{0,948}\right) \times (10+31) \times 0,1 = 235,3$$ Вт

$$Ф_{доб.в} = \left(\frac{25,4}{0,43}\right) \times (10+31) = 242,4$$ Вт.

$Ф_{ДОБ.} = 235.3+242,4 = 477,7$ Вт.

Восток: Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2) :

$$Ф_{доб.с} = \left(\frac{317,9}{0,948}\right) \times (10+31) \times 0,1 = 1374,9$$ Вт

$$Ф_{доб.в} = \left(\frac{9,5}{0,43}\right) \times (10+31) \times 0,1 = 90,7$$ Вт.

$$Ф_{доб.о}=\left(\frac{14,56}{0,38}\right)\times(10+31)\times 0,1=157 \text{ Вт.}$$

$Ф_{ДОБ.}$= 1374,9+90,7+157 = 1622,6 Вт.

Юг: Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2) :

$$Ф_{доб.с}=\left(\frac{54,4}{0,948}\right)\times(10+31)\times 0,05=117,65 \text{ Вт}$$

$$Ф_{доб.в}=\left(\frac{25,4}{0,43}\right)\times(10+31)\times 0,05=121,2 \text{ Вт.}$$

$Ф_{ДОБ.}$= 117,65+121,2=238,6 Вт.

Запад: Рассчитаем значение по следующему выражению (3.2):

$$Ф_{доб.с}=\left(\frac{322,56}{0,948}\right)\times(10+31)\times 0,05=697,5 \text{ Вт}$$

$$Ф_{доб.в}=\left(\frac{6,34}{0,43}\right)\times(10+31)\times 0,05=30,24 \text{ Вт.}$$

$$Ф_{доб.о}=\left(\frac{13,1}{0,38}\right)\times(10+31)\times 0,05=70,7 \text{ Вт.}$$

$Ф_{ДОБ.}$= 697,5+30,24+70,7=798,5 Вт.

3. Добавочные потери на инфильтрацию наружного воздуха, инфильтрирующегося через притворы окон, дверей и ворот для складских помещений принимаем равными 30 % основных потерь через все ограждения.

$$Ô_{ÑíÔ.}=0,3´Ô, \qquad (3.5)$$

$$Ф_{ИНФ.}=0,3\times 123096,5=36928,95 \text{ Вт.}$$

Находим общие добавочные потери:

$Ф_{ДОБ.}$= 1209,6+477,7 +1622,6 + 238,6+798,5+ 36928,95= 41275,95 Вт.

Суммарные потери через ограждения :

$Ф_{ОГР} = Ф_{ОГР} + Ф_{ДОП}$ = =104096,5+41275,95=144372,45 Вт.

Теплота, расходуемая на нагрев приточного воздуха, определяетсяРассчитаем значение по следующему выражению :

$$\Phi_e = 0,278 \times Q \times \rho \times c \times \left(t_e - t_н\right), \quad (3.6)$$

где: Q - расчетный воздухообмен помещения, м^3/ ч.;

ρ - плотность воздуха при расчетной температуре $t_В$ внутри помещения, кг / м^3.;

с - удельная теплоемкость воздуха, кДж / кг ·^{O}С.

$t_В = t_к$- расчетная температура внутри помещения после калорифера, ^{O}С;

$t_{Н.В.}$ -расчетная температура наружного воздуха, ^{O}С.

$\Phi_e = 0,278 \times 22377 \times 1,24 \times 1 \times (10+31) = 316265.7$ Вт.

Расход теплоты на испарение влаги:

$$\hat{O}_{\tilde{N}ti.} = 0,692 \acute{} W_{\tilde{N}ti.}, \quad (3.7)$$

$\Phi_{ИСП.} = 0,692 \times 27300 = 18891,6$ Вт.

Подставляя найденные значения находим :

$\Phi_{ст} = 123096,5 + 190320 + 18891,6 = 369237$ Вт

Для данного помещения выбираем четыре электрокалорифера марки СФОЦ - 100. Мощность одного электрокалорифера 90 кВт. Подача вентилятора 1,25...2,5 м^3/ с,[22], что будет обеспечивать необходимый воздухообмен.

3.3 Расчет воздуховодов

Вентиляционную сеть разбиваем на участки. Диаметры трубопроводов этих участков определяемРассчитаем значение по следующему выражению :

$$d_i = \sqrt{\frac{Q_i}{900 \cdot \pi \cdot v_i}}, \quad (3.8)$$

где Q_i - расход воздуха на i - ом участке, м^3/ ч.;

v_i - скорость воздуха на i - ом участке, м / с.

Участок 1 : Q1 = 11189 м^3/ ч, v1 = 15 м / с.

$$d_i = \sqrt{\frac{11189}{900 \cdot 3.14 \cdot 15}} = 0.51 \text{ м.}$$

Участок 2 : Q2 = 5595 м^3/ ч, v2 = 8 м / с.

$$d_i = \sqrt{\frac{5595}{900 \cdot 3.14 \cdot 8}} = 0.49 \text{ м.}$$

Участок 3 : Q3 = 5595 м^3/ ч, v3 = 8 м / с.

$$d_i = \sqrt{\frac{5595}{900 \cdot 3.14 \cdot 9}} = 0.46 \text{ м.}$$

Участок 4 : Q4 = 5595 м^3/ ч, v4 = 8 м / с.

$$d_i = \sqrt{\frac{5595}{900 \cdot 3.14 \cdot 8}} = 0.49 \text{ м.}$$

Принимаем расстояние между отверстиями два метра, тогда при длине воздуховода 30,5 м. количество отверстий равно 15. Задаемся скоростью воздуха на выходе из отверстий v = 6 м / с.

Площадь отверстия наиболее удаленного от вентилятора, определяютРассчитаем значение по следующему выражению:

$$f1 = \frac{Q1}{(3600 \cdot n \cdot v)}, \quad (3.9)$$

где n - количество отверстий ;

Q1 - расход воздуха на данном участке, м^3/ ч.;

Отверстие, наиболее удаленное от вентилятора находится на участке 4, поэтому расчет ведется для этого участка воздуховода.

$$f1 = \frac{5595}{(3600 \cdot 15 \cdot 6)} = 0,017 \text{ м}^2$$

Площадь i - го отверстия находимРассчитаем значение по следующему выражению :

$$f_i = A_i \cdot f1, \quad (3.10)$$

Коэффициент A_iнаходимРассчитаем значение по следующему выражению:

$$A_i = \sqrt{\frac{1}{1-(\frac{m\cdot(i-1)\cdot f_1}{F})^2}}\ , \qquad (3.11)$$

где: μ = 0,65 - коэффициент расхода, [1];

F - площадь сечения воздуховода, м$^{3.}$

F = (π· d2) / 4 = (3,14 · (0,45)^2) / 4 = 0,156 м$^{3.}$

$$F = \frac{\pi\cdot d^2}{4} = \frac{3.14\cdot 0.49^2}{4} = 0.188 \text{ м}^{3.}$$

$$A_2 = \sqrt{\frac{1}{1-(\frac{0,65\cdot(2-1)\cdot 0,017}{0,188})^2}} = 1,00055$$

Площадь отверстий 2 ... 23 воздуховодов вычисляемРассчитаем значение по следующему выражению:

$$f_i = A_i \cdot f_1, \qquad (3.12)$$

$f_2 = 1,03\cdot 0,017 = 0,0175$ м^2

Результаты расчетов остальных отверстий заносим в таблицу 3.2

Число отверстий в воздуховоде должно удовлетворять неравенству :

n < 1 + (F / (μ · f1)) ; 15 < 1 + (0.188 / (0.65 · 0,017)) = 18.01

Неравенство верно, количество отверстий выбрано правильно.

3.4 Подбор вентилятора и выбор мощности электродвигателя

Находим расчетное полное давление, которое должен развивать вентилятор:

$$P_B = 1.1\cdot[\sum(R\cdot l + Z) + P_{Д.ВЫХ} + P_K], \qquad (3.14)$$

где: 1.1- запас давления на непредвиденные сопротивления,

$\sum(R\cdot l + Z)$- потери давления на трение в местных сопротивлениях в наиболее протяжен ветви вентиляционной сети, Па,

Таблица 3.2 - Расчет площади сечений воздуховодов.

Коэфф. A_i .	Значение	Пл. отв. f_i .	
A2	1.03	f2	
A3	1.06	f3	
A4	1.1	f4	
A5	1.4	f5	
A6	1.19	f6	
A7	1.24	f7	
A8	1.3	f8	
A9	1.37	f9	
A10	1.457	f10	
A11	1.558	f11	
A12	1.682	f12	
A13	1.842	f13	
A14	3.059	f14	

$Z=\Sigma\zeta \cdot P_д$ – потеря давления в местных сопротивлениях участка воздуховода, Па,

ζ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке, [1],

$P_д = \frac{\nu^2 \cdot \rho}{2}$ - динамическое давление потока воздуха, Па,

ν - скорость движения воздуха в трубопроводе, м/с,

ρ - плотность воздуха, $кг \cdot м^3$,

$P_{д.вых}$ - динамическое давление на выходе из сети, Па,

$P_к$- сопротивление калориферов, Па.

l - длина участка воздуховода, м.

При помощи номограммы [1] определяем следующие показатели наиболее протяженной ветви вентиляционной сети (участки 1, 2 и 5), покажем на примере участка №1:

удельная потеря давления на трение: R_1 = 3.5 Па/м;

динамическое давление потока воздуха: $P_{д1}$ = 135 Па (при ρ = 1,2 кг/м^3). Фактическая плотность приточного воздуха, температура которого 4 ^{0}C, ρ = 1,245 кг/м^3.Поэтому

$$P_{д1} = 135 \cdot \frac{1,245}{1,2} = 140 \text{ Па}$$

Вычислим значение Rl:

$$R_1 \cdot l_1 = 3.6 \cdot 6 = 21.6 \text{ Па}$$

Определим коэффициенты местных сопротивлений, [1].

Участок 1: вход в жалюзийную решетку с поворотом потока - ζ = 2;

диффузор у вентилятора - ζ = 0,15;

отвод 90^0 круглого сечения (R/d = 2) - ζ = 0,15;

Σζ = 2,3.

Участок 3: внезапное сужение сечения ($\frac{F_2}{F_1} = 0,96$) - ζ = 0,1;

Σζ = 0,1

Участок 4: отвод 90^0 круглого сечения (R/d = 2) - ζ = 0,15;

15 выходных отверстий (υ_o/υ_1 = 6 / 8 = 0,75) -

ζ = 1.25 · 15 = 18.75;

Σζ = 18.19.

Определим потерю давления в местных сопротивлениях участка воздуховодаРассчитаем значение по следующему выражению:

$$Z = \Sigma\zeta \cdot P_д , \qquad (3.15)$$

$$Z_1 = 2,3 \cdot 140 = 322 \text{ Па}$$

Определим суммарные потери давления Rl+Z по участкам и для всей рассчитываемой ветви вентиляционной сети (Σ(Rl+Z)).

Расчетные данные заносим в таблицу 3.3.

Таблица 3.3-Бланк расчета системы вентиляции.

№ участка.	Q, м³/ч	l, м	υ, м/с	d, мм	R, Па/м	R · l, Па	Σζ	$P_д$, Па	Z, Па
1	11189	6	15	510	3.5	21	2,3	140	322
3	5595	10	12	460	3.4	24	0,1	88	0
4	5595	30.5	8	490	3.6	79.3	18.9	40	756

Вычислим динамическое давление на выходе из сети для скорости υ=6м/с.

$$P_{Д.ВЫХ,}=6^2\cdot\frac{1.22}{2}=21.96 \text{ Па.}$$

Сопротивление калорифера СФОЦ-100 $P_к$=120 Па, [22].

Рассчитаем значение по следующему выражению (3.14) находим полное давление, которое должен развивать вентилятор:

$$P_B=1.1\cdot[1202.3+21.96+120]=1478.7 \text{ Па.}$$

Подбор вентилятора ведем по номограмме [1], в зависимости от $Q_в$,=11189, $P_в$.=1478.7 Па, ν =15 м/с выбираем вентилятор марки Ц4-70 №6 , $\eta_в$=0.87, [1].

Мощность двигателя, кВт:

$$P_B=\frac{Q_в\cdot P_в}{3.6\cdot10^{-6}\cdot\eta_в\cdot\eta_п}=\frac{11189\cdot1478.7}{3.6\cdot10^{-6}\cdot0.75\cdot0.95}=6.1$$

где: $\eta_п$ - КПД передачи, для клиноременной передачи $\eta_п$ = 0.95

Вывод по разделу

В данной главе произведен расчёт отопления проектируемого цеха, на основании проведенного расчета выбраны отопительные устройства, а также оборудование, обеспечивающее вентиляцию цеха.

4 РАСЧЁТ ОСВЕЩЕНИЯ И ВЫБОР СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

4.1 Выбор системы освещения

В цехе применяются следующие системы освещения: общее освещение, местное и комбинированное. Применение одного местного освещения не допускается. Освещение делится на рабочее и аварийное. Аварийное освещение применяется для эвакуации людей.

Наиболее рациональным на данном объекте является использование современных светодиодных светильников. Они имеют более высокую световую отдачу (обладают большим световым потоком при меньшей мощности) , чем лампы накаливания, кроме этого срок службы подобных светильников превышает примерно в 10 раз срок службы ламп накаливания.

Систему освещения принимаем общую равномерную. Вид освещения - рабочее.

В помещении имеются затеняющие предметы, поэтому для расчета освещения выбираем точечный метод. Такой метод дает возможность определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности в любой точке произвольно расположенной плоскости при любом расположении светильников, если отражение от стен, потолка и рабочей поверхности не играет существенной роли.

Нормируется освещенность для каждого типа помещения в отдельности.

Выбор светового прибора:

По назначению - производственный.

Параметры используемого осветительного оборудования приведен в приложении 1.

4.2 Расчет освещения в помещениях цеха

Расчет освещения на складе готовой продукции

1. Помещение – Склад готовой продукции

Вид и система освещения - система освещения общая равномерная, вид - рабочее.

Нормируемая освещенность для закрытых складов при хранении в таре - $E_н$ = 75 лк[35].

Коэффициент запаса $K_з$ = 1.7 [35]

Коэффициенты отражения: потолка — 50, стен — 30, пола — 10

Размеры помещения: $A \times B = 6 \times 3.5$ м. Высота помещения: $h_0 = 7 м$

Используем светильники Оптолюкс-Скай-200

Для данного светильника оптимальная высота свеса - $h_{св} = 0,5 м$

Определим высоту осветительной установки:

$$h = h_0 - h_{св} - h_p = 7 - 0.5 - 1 = 5.5 м \quad (4.1)$$

где: h - высота осветительной установки, м.

$h_p = 1$ - высота рабочей поверхности от пола, м.

Определим расстояние L между светильниками:

$$L = h \cdot \lambda = 5.5 \cdot 1.5 = 8.25 \ м \quad (4.2)$$

где $\lambda = 1,5$ –расстояние соответствующие косинусной КСС

Соответственно оставляем один светильник.

Проверим число необходимых светильников методом коэффициента

Определим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{21}{5.5(6+3.5)} = 0.4 \quad (4.3)$$

Коэффициент использования составляет $\eta = 0.28$ [35]

Число требуемых светильников:

$$n = \frac{E_n \cdot S \cdot K_З \cdot Z}{\eta \cdot Ф_Л} = \frac{75 \cdot 21 \cdot 1.7 \cdot 1.1}{0.28 \cdot 17250} = 0.58 ,$$

где $Z = 1.1$ – коэффициент минимальной освещенности

Максимальное расстояние от проекции светильника до удаленной рабочей точки составит $d = 4м$. Тогда $tg\alpha = d / h = 4 / 5.5 = 0.72$. Тогда $\cos\alpha^2 = 0.65$.

Сила света светильника Оптолюкс-Скай-200 составит:

$$I_a = I_a^0 \cdot Ф_Л / 1000 = 4000 \cdot 17250 / 1000 = 69000\ кд \quad (4.4)$$

Определим освещенность в удаленной точке:

$$Ф_Л = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_З \cdot h \cdot d}{n \cdot \mu \cdot e} = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1.7 \cdot 5.5 \cdot 4}{1 \cdot 1.05 \cdot 4000} = 667,2 лк \quad (4.5)$$

Следовательно, выбранный светильник удовлетворяет требованиям.

Расчет освещения в помещении для упаковочной тары

Для данного помещения произведем расчет методом удельной мощности.

Нормируемая освещенность для закрытых складов при хранении в таре - $E_н$ = 30 лк[35].

Коэффициент запаса $K_з$ = 1.7 [35]

Коэффициенты отражения: потолка — 50, стен — 30, пола — 10.

Размеры помещения: $A \times B = 3.5 \times 1.5$ м. Высота помещения: $h_0 = 7м$

Используем светильники Оптолюкс- Лайн-120

Определим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{5.25}{4(3.5+1.5)} = 0.26$$

Коэффициент использования составляет $\eta = 0.28$ [5]

Данной норме освещенности $En = 30\ лк$, согласно[5], соответствует удельная мощность $W = 8\ Вт / кв.м$, отсюда,

$$P = (W\ x\ S) / n = (8 \cdot 5,25) / 1 = 42\ Вт.,$$

Таким образом принимаем один светильник Оптолюкс- Лайн-120 с мощностью лампы в 40 Вт.

Полная устанавливаемая мощность составит

$$P = P_H \cdot n = 40 \cdot 1 = 40\ Вт.$$

Аналогично производим расчет для остальных помещений. Результаты расчета сведем в таблице 4.2

Определим удельную мощность осветительной установки, учитывая, что мощность следует увеличить на величину потерь мощности в пускорегулирующем аппарате (они составляют 20% от $P_{свет}$).

Таблица 4.2. - Светотехническая ведомость

Характеристика помещения			Коэффициент отражения			Вид освещения	Система освещения	Нормир-ованная освещенность, Лк.	Коэф запаса	Светильник	
№п/п	Помещение	Харак-тер. помещения	потол.	стен	р.пов.					тип	кол
1	Склад готовой продукции в таре	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	75	1,7	Скай-200	1
2	Помещения для материалов	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	75	1,7	Скай-200	2
3	Помещение для упаковочной тары	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	30	1,7	Лайн-120	1
4	Венткамера	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	30	1,7	Скай-200	2
5	Помещение для микро- и макрокомпонентов	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	75	1,7	Лайн-120	5
6	Комната мастера	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	200	1,7	Лайн-120	3
7	Помещение для пустой тары	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	30	1,7	Лайн-120	1
8	Производственное помещение	сухое	50	30	10	Общее равном	Рабочее	50	1,7	Скай-200	55

9	Галерея конвейерная наземная	сухое	70	50	10	Общее равном	Рабочее	30	1,7	Скай -200	5

4.3 Электротехнический раздел

Питание установок осуществляется от трансформаторов 380 В. с заземленнойнейтралью. Осветительный щит запитывается через силовой щит.

Суммарная мощность всех групп $\sum$P составляет 8,4 кВт. Мощность первой группы $P_{гр1}$ = 2,3 кВт, мощность второй группы $P_{гр2}$ = 2,1 кВт, мощность третьей группы $P_{гр3}$ = 2,1 кВт, мощность четвертой группы дежурного освещения $P_{гр4}$ = 1.92 кВт.

4.4 Выбор марки и сечения проводов осветительной сети и способа их прокладки

Расчет сечения производим по потере напряжения.

Расчет сечения проводов по потере напряжения производим по формуле:

$$S = \frac{M_i}{c \cdot \Delta U}, \quad (4.6)$$

где: M_i - электрический момент $i^{-го}$ приемника, кВт · м;

c = 44 [3] - коэффициент, зависящий от напряжения сети, материала токоведущей жилы, числа проводов в группе.

ΔU - располагаемая потеря напряжения, 2,5%.

Электрический момент M_i определяем как произведение мощности i-госветильника на расстояние от центра.

Рассчитываем момент для первой группы:

$$M_{мА} = l_{мА} \cdot \sum P_{1гр} = 33 \cdot (64 \cdot 96) = 202.752$$

участок ОА : кВт·м

участок Аа:

$$M_{Aa}=P_1\cdot l_{AP1}+P_2\cdot l_{AP2}+P_3\cdot l_{AP3}+P_4\cdot l_{AP4}+P_5\cdot l_{AP5}+P_6\cdot l_{AP6}+P_7\cdot l_{AP7}+P_8\cdot l_{AP8}+P_9\cdot l_{AP9}+P_{10}\cdot l_{AP10}+P_{11}\cdot l_{AP11}+P_{12}\cdot l_{AP12}+P_{13}\cdot l_{AP13} \quad (4.6)$$

где M_{Aa}- момент на участке сети, кВт·м

l_{AP1}- длина участка, м

P_1- мощность светового прибора, кВт.

$M_{Aa}=96\cdot(7.8+13+18.2+23.4+28.6+33.8+39+44.2+49.4+54.6+59.8+65+70.2)= 48.672$ кВт·м

участок АБ: $M_{АБ}=l_{Аз}\cdot\sum_{14}^{64}P=4.2\cdot(51\cdot96)=20.56$ кВт·м

участок Бб: $M_{Бб}=96\cdot(4.6+7.8+13+18.2+28.6+33.8+39+$
$+44.2+49.4+59.8+65+70.2+75.4)= 48.672$ кВт·м

участок Бв: $M_{БВ}=l_{БВ}\cdot\sum_{27}^{64}P=4.2\cdot(38\cdot96)=15.322$ кВт·м

участок Вв:

$M_{Вв}=96\cdot(4.6+13.96+18.2+23.4+28.6+33.8+44.2+49.4+54.6+59.8+65+75.4)=44.928$ кВт·м

участок Гд:

$M_{Гд}=96\cdot(12+17.2+24.4+27.6+34.8+38.8+43.2+48.4+53.6+58.8+64+69.2+74.4)=53.914$ кВт·м

Результаты расчетов моментов для остальных групп производим аналогично и данные заносим в таблицу 4,3.

Таблица 4.3. - Моменты групп.

Группа	Участок сети	О-Д	Д-е	Д-Е	Е-ж	Е-з				
2	кВт·м	144.56	56.16	24.192	56.16	68.256				
Группа	Участок сети	О-Ж	Ж-З	З-и	З-И	И-к	И-К	К-л	К-Л	Л-м
3	кВт·м	15	14.13	3.33	50.05	0.53	6.525	1.55	9.398	1.55

Группа	Участок сети	Л-н	Ж-М	М-о	М-Н	Н-П	П-р	П-с		
3	кВт·м	1.605	44.9	0.53	6.525	1.55	1.55	1.605		
Группа 4	Участок сети	С-О	О-А	А-а	А-Б	Б-б	Б-В	В-в	В-Г	Г-г
	кВт·м	4.832	0.708	4.584	67.405	7.488	7.258	7.488	5.645	11.232
Группа 4	Участок сети	Г-Д	Д-д	Д-е						
	кВт·м	3.2256	7.488	9.1008						

Определим момент на участке: С-О

$$M_{CO}=l_{CO}\cdot\sum_{i=1}^{133}P_i=28\cdot13.464=376.992 \quad \text{кВт·м}$$

Расчет сечения проводов производится из условия, что суммарная потеря напряжения, начиная от ввода до самой дальней лампы, не должна превышать 2,5 %.

Определяем сечение материала проводника для 1-ой группы:

$$S_{CO}=\frac{376.992}{44\cdot1.5}=5.7 \quad \text{мм}^2$$

Найденное значение сечения округляем до ближайшего большего по ГОСТ и по таблице, [3] определяем фактическую потерю напряжения.

$S_{ГОСТ}$= 6 мм^2

$$\Delta U_{CO}=\frac{376.992}{44\cdot6}=1.43 \%$$

$S_{OA}=\frac{202.752}{44\cdot1.2}=3.8$ мм^2 $S_{ГОСТ}$= 4 мм^2 [3]. $\Delta U_{OA}=\frac{202.752}{44\cdot4}=1.15$ %

$S_{АБ}=\frac{20.5632}{44\cdot0.15}=3.1$ мм^2 $S_{ГОСТ}$= 4 мм^2 [3]. $\Delta U_{АБ}=\frac{20.5632}{44\cdot4}=0.12$ %

$S_{БВ}=\frac{15.3216}{44\cdot0.12}=2.9$ мм^2 $S_{ГОСТ}$= 4 мм^2 [3]. $\Delta U_{БВ}=\frac{15.3216}{44\cdot4}=0.09$ %

$S_{ВГ}=\frac{10.4832}{44\cdot0.08}=3$ мм^2 $S_{ГОСТ}$= 4 мм^2 [3]. $\Delta U_{ВГ}=\frac{104832}{44\cdot4}=0.06$ %

$S_{Гд}=\frac{53.9136}{44\cdot0.95}=2.9$ мм^2 $S_{ГОСТ}$= 4 мм^2 [3]. $\Delta U_{Гд}=\frac{53.9136}{44\cdot4}=0.69$ %

Условие выполняются, следовательно сечение кабеля для первой группы выбрано верно.

Расчет сечения кабеля для остальных групп ведем аналогично и результаты расчетов заносим в таблицу 4.4.

Таблица 4.4. - Сечение кабелей по группам.

Группа	Участок	$S_{гост}$, мм^2	∑ΔU, %	Группа	Участок	$S_{гост}$, мм^2	∑ΔU, %
2	С-О	6	3.26	6	Б-Р1	4.5	4.9
	О-Д	4			Г-Г1	4.5	
	Д-Е	4			Д-Д1	4.5	
	Е-з	4			Е-Е1	4.5	
3	С-О	6	4.56		Е-Р15	4.5	
	О-Ж	4			Д-Е	4.5	
	Ж-З	4			Г-Д	4.5	
	З-И	4			В-Г	4.5	
	И-К	4			Б-В	4.5	
	К-Л	4			А-Б	4.5	
	Л-н	4		7	Б-Б1	4.5	1.76
4	С-О	4.5	0.99		В-В1	4.5	
	О-А	4.5			Г-Р11	4.5	
	А-Б	4.5			Д-Д1	4.5	
	Б-В	4.5			Д-Д2	4.5	
	В-Г	4.5			Г-Д	4.5	
	Г-Д	4.5			В-Г	4.5	
	Д-е	4.5			Б-В	4.5	
	М1	4.5	0.38		А-Б	4.5	
	Б-Р1	4.5		8	Б-Б1	4.5	1.1
	В-Р2	4.5			В-В1	4.5	
	Г-Р3	4.5			В-ГБ-В	4.5	
	Д-Р4	4.5			А-Б	4.5	
	Е-Е1	4.5			Б-Б1	4.5	
	Ж-Ж1	4.5			В-В1	4.5	

5	З-Р10	4.5	1.44	9	Г-Г1	4.5	0.89
	И-Р11	4.5			Г-Д	4.5	
	К-К1	4.5			В-Г	4.5	
	К-Р16	4.5			Б-В	4.5	
	И-К	4.5			А-Б	4.5	

Найденное сечение кабелей проверяем на нагрев длительно допустимым током и механическую прочность.

Значение расчетного тока для каждого из участков сети определяем по формуле:

$$I_P = \frac{P_i}{m \cdot U_\Phi \cdot \cos\varphi}, \qquad (4.7)$$

где P_i - расчетная нагрузка (включая потери ПРА), Вт

$U_ф$ - фазное напряжение в сети, В;

$\cos\varphi_{ср.взв.}$ - коэффициент мощности нагрузки средневзвешенный;

m - количество фаз сети.

Средневзвешенный коэффициент мощности нагрузки найдем по формуле:

$$\cos\varphi_{СВ} = \frac{\Sigma P_{ЛГ} \cdot \cos\varphi_{ЛГ} + \Sigma P_{ЛП} \cdot \cos\varphi_{ЛП} + \Sigma P_P \cdot \cos\varphi_P}{\Sigma P_{ЛГ} + \Sigma P_{ЛП} + \Sigma P_P} \qquad (4.8)$$

где $\Sigma P_{Л.Г.}$- суммарная мощность ламп, Вт;

$\cos\varphi_{л.н.} = 1$, [3] - коэффициент мощности ламп;

По допустимому нагреву проверяем все участки электрической сети на выполнение условия: $I_{доп} \geq I_{раб}$, (4.9)

где $I_{доп}$ - длительно допустимый ток нагрева для данного способа прокладки, числа жил и сечения проводов.

Покажем расчет на участке СО:

$$COS\phi_{C.B.CO} = \frac{3 \cdot 1 + 10.464 \cdot 0.95}{13.464} = 0.961 \quad I_{P1} = \frac{13.464}{3 \cdot 220 \cdot 0.961} = 21.2 \text{ А}$$

Принимаем кабель типа ВВГ(4×6) [3].

$I_{доп} \geq I_р$, (4.30

где: $I_{доп.}$ = 29 А,[3] - длит ельно допустимый ток нагрева для данного способа прокладки, числа жил и сечения провода.

$$29 \geq 21.2$$

Результаты расчетов других групп сводим в таблицу 4.5.

Таблица 4.5. - Проверка сечения проводов по допустимому нагреву.

Номер участка	$COS\varphi_{с.в.}$	Марка повода	$I_р$, А	$I_{доп}$, А
М1	0.96	ВВГнг 3×4.5	10.4	21
С-О	0.96	ВВГнг 4× 6	21.2	29
1группа	0.95	ВВГнг 4× 4	10.4	21
2группа	0.95	ВВГнг 4×4	6.9	24
3группа	1	ВВГнг 4×4	4.5	24
4группа	0.954	ВВГнг 4×4.5	4.2	17

4.5 Выбор щита управления и защитной аппаратуры осветительной сети

Согласно [5], все осветительные сети подлежат защите от токов короткого замыкания. На вводе ПВ3-60. В групповых линиях установлено 5 автоматов ВА 47-63. Степень защиты IP 20.

Для аварийного освещения устанавливаем осветительный щит СУ9441-14 [3], устанавливаем автоматический выключатель ВА-47-63.

Для автомата на вводе (участок СО): $I_{к.в} = I_{т.в} = 1 \cdot 21.2 = 21.2$ А

Ток уставкикомбинированного и тепловогорасцепителей определим:

$$I_к = I_т = к^{/} \cdot I_{рв,} \qquad (4.10)$$

где: $к^{/}$ - коэффициент, учитывающий пусковые токи.

Для первой группы: $I_{к1} = I_{т1} = к^{/} \cdot I_{р1} = 1 \cdot 9.8 = 9.8$ А. $I_{к1}$ =10А , [12];

Для второй группы: $I_{к2} = I_{т2} = 1 \cdot 6.9 = 6.9$ А. $I_{к2}$=8 А, [12];

Для третьей группы: $I_{к3} = I_{т3} = 1 \cdot 4.5 = 4.5$ А. $I_{к3}$=5 А, [12];

Для четвертой группы: $I_{к4} = I_{т4} = 1 \cdot 4.2 = 4.2$ А. $I_{к3}$=5 А, [12];

Для защиты 1, 2, 3, 4 группы от токов короткого замыкания и от перегрузок используем установленные в щите автоматические выключатели с комбинированными расцепителями типа ВА-47-100, для 5, 6, 7, 8, 9 группы автоматические выключатели с комбинированными расцепителями типа ВА-47-63.

Автоматический выключатель на вводе в щит типа: ВА-47-100 с комбинированным расцепителем, ток номинальный расцепителя$I_н$ = 25 А, пределы регулирования уставки автомата (0.9...1.15)·$I_{н.расц}$. [11]

После регулировки: $I_{н.расц}$ = 25·0.9=24.5 А

Проверим сечение кабеля на соответствие расчетному току уставки защитного аппарата:

$$I_д \geq 1.25 \cdot I_к , \qquad (4.11)$$

где: $I_к$ - ток комбинированного расцепителя автомата, А.

29 А≥ 1.25·24.5 А 29 А ≥ 28.13 А

Условие выполняется, следовательно автомат выбран верно.

Аналогично производим проверку сечения кабеля на соответствие расчетному току уставки защитного аппарата для других групп и результаты расчетов заносим в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Проверка сечения проводов на соответствие току уставки.

Номер группы	$I_{ДОП}$, А	1.25 · $I_К$, А
1	21	14.5
2	24	10
3	24	6,25
4	17	6.25

Вывод по разделу

В данной главе произведен светотехнический расчет в рассматриваемом цехе. Выбраны тип и количество осветительных устройств. Также

произведен электротехнический расчет системы ЭС выбранного осветительного оборудования.

5 ВЫБОР СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

5.1 Расчет нагрузок цеха

Определение электрических нагрузок производим методом коэффициента расчетной мощности. Применение его возможно, если известны единичные мощности электроприемников, их количество и технологическое назначение.

Метод коэффициента расчетной мощности сводится к определению ($P_{см}$,$Q_{см}$,$S_{р}$) расчетных нагрузок группы электроприемников.

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\phi;$$

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2};$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования электроприемников, определяется на основании опыта эксплуатации;

$P_{н}$ – номинальная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму, без учета резервных электроприемников, кВт;

$tg\phi$ – коэффициент реактивной мощности;

$K_{р}$ – определяется по таблицам (графикам);

$P_{см}$ – средняя активная мощность за наиболее загруженную смену, кВт;

$Q_{см}$ – средняя реактивная мощность за наиболее загруженную смену, кВар.

Для каждого электроприемника по справочнику [6,9] подбирается среднее значение коэффициентов использования $K_{и}$, активной и реактивной мощности.Зная единичные мощности и режимы работы электроприемников, мы можем определить нагрузки на распределительные устройства.2.

На основании исходных данных заполняются колонки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 таблицы

Определяем средний коэффициент использования группы электроприемников, средние коэффициенты активной и реактивной мощностей группы электроприемников.

$$K_{и.ср}=\frac{P_{см\sum_1^{22}}}{P_{н\sum}};\cos\phi=\frac{P_{см\sum_1^{22}}}{S_{см\sum}};\ tg\phi=\frac{Q_{см\sum_1^{22}}}{P_{см\sum_1^{22}}};$$

Все полученные данные расчета заносим в таблицу 5.1.

5.2 Расчет пускозащитной аппаратуры

Выбираем силовой щит серии СП62 – 8/1, НПН – 60, четыре группы с предохранителями ПН2 – 100, две группы ПН2 - 250 [15].

Выбираем пускозащитную аппаратуру и кабели на примере 1 группы:

Участок ЩУ1- М1: данные двигателя: $P_н$=4 кВт, $I_н$=9.1 А, $I_{пуск}$=55.6 А

Автоматический выключатель выбираем из условия:

$$I_{н.}\geq I_{р.}, \quad (5.8)$$

$$I_{н.т.р.}\geq I_{р.}, \quad (5.9)$$

$$I_{ср.эм.р.}\geq 1.25\cdot I_{макс.}, \quad (5.10)$$

где: $I_{н.}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А;

$I_{н.т.р.}$ – номинальный ток тепловогорасцепителя, А;

$I_{ср.эм.р.}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А;

$I_{макс.}$ – максимальный ток электроустановки,А.

Выбираем автоматический выключатель ВА-47 :$I_н$=10 А , $I_{н.т.р.}$=10 А.

$$I_{ср.эм.р.}=12\cdot I_{н.т.р}=12\cdot 10=120 \text{ А}.$$

$$1.25\cdot I_{макс.}=1.25\cdot I_{пуск}=1.25\cdot 55.6=68.3 \text{ А}.$$

По условию (5.8 – 5.10):

$$10 > 9.1 \text{ А}.,$$

$$10 > 9.1 \text{ А}.$$

Наименование Ру и элекро-приемников для ШРА	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену					Нагрузка максимальная			
	Рн, кВт	n	Рн.∑, кВт	Ки	cos φ	tg φ	m	Рсм, кВт	Qсм, квар	nэ	Км	К'м,	Рм, кВт	Qм, квар	Sм, кВ*А	Iм, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Вертикально-фрезерный станок	3	3	9	0,4	0,5	1,73		3,60	6,24							
Фрезерный станок с ЧПУ	12	2	24	0,14	0,5	1,73		3,36	5,82							
Автомат АСВ-345	9	2	18	0,25	0,65	1,17		4,50	5,26							
Токарно-револьверный станок	2	4	8	0,7	0,7	1,02		5,60	5,71							
Токарно-винторезный станок	10	2	20	0,17	0,8	0,75		3,40	2,55							
Станок по изготовлению плафонов	1	2	2	0,14	0,5	1,73		0,28	0,48							
Плоскошлифовальный станок	10	1	10	0,25	0,75	0,88		2,50	2,20							
Полировочный станок	8	2	16	0,2	0,65	1,17		3,20	3,74							
Вентиляторы	8	2	16	0,8	0,8	0,75		12,80	9,60							
Итого РП-1	69,8	16	123	0,31			0	39,24	41,61	11,18	1,57	1,1	61,61	45,77	76,75	123,23
Термопечи заготовок	2	8	16	0,4	0,5	1,73		6,40	11,09						0,00	0,00
Резьбонарезной полуавтомат	0,5	3	1,5	0,2	0,95	0,33		0,30	0,10						0,00	0,00
Монтажная установка	4	2	8	0,3	0,65	1,17		2,40	2,81						0,00	0,00

Листозагибочная машина	15	1	15	0,25	0,5	1,73		3,75	6,50						0,00	0,00
Точильно-шлифовальный станок	3	4	12	0,17	0,95	0,33		2,04	0,67						0,00	0,00
Вертикально-сверлильный станок	2	3	6	0,5	0,65	1,17		3,00	3,51						0,00	0,00
Радиально-сверлильный станок	3	2	6	0,2	0,7	1,02		1,20	1,22						0,00	0,00
Универсально-загибочный станок	1	2	2	0,17	0,5	1,73		0,34	0,59						0,00	0,00
Итого РП-2	97	19	66,5	0,292			0	19,43	26,4759	6,8	1,42	1,1	27,59	29,12	40,12	64,41
Освещение												0,95	8,4	2,760	8,84	
Электрокалорифер												0,95	90	29,5	94,74	
Вентеляция												0,86	7,5	4,45	8,72	
Итого на ШНН	166,8	35	585,5										268,29	186,58	328,7	

120 > 68.3 А. – условие выполняется, следовательно автомат выбран верно.

Аналогично выбираем автоматы для остальных групп. Результаты расчетов заносим в таблицу 5.7.

Выбираем кабель АВВГнг, [11]. Выбор сечения кабеля производим по условию:

$$I_{доп.} \geq I_{н.дв.,} \quad (5.11)$$

где: $I_{доп}$ =16 А, [6]– допустимый ток для кабеля данного сечения, А.

Участок ЩУ1- М1:

$I_{н.дв.}$=9.1 А. Выбираем кабель АВВГнг (4×2.5), [6] для прокладки в трубах.

По условию (5.11): 16>9.1 А.

Аналогично для участка ЩУ1 – М2:

$I_{н.дв.}$=9.1 А. Выбираем кабель АВВГнг (4×2.5), [6].

Для участка СЩ –ЩУ1:

$I_{н.дв.}$=18.2 А. Выбираем кабель АВВГнг (4×4), [6].

$I_{доп}$ =21 А, []. По условию (5.11): 21>18.2 А.

Аналогично проводим расчеты для остальных групп. Результаты расчетов заносим в таблицу 5.7.

5.3 Выбор магнитных пускателей

Электромагнитные пускатели выбирают из условия:

$$I_{н.п.} \geq I_{н.дв.} \quad , \quad (5.12)$$

$$I_{н.п.} \geq I_{пуск.лв.}/6, \quad (5.13)$$

где: $I_{н.п}$ - номинальный ток пускателя, А;

$I_{пуск.лв}$ – пусковой ток электродвигателя, А.

Для двигателя М1 выбираем пускатель ПМЛ 1100, [1], с $I_{н.п.}$=10 А.

Проверяем выполняются ли условия по формулам (5.12) и (5.13):

$10 > 9.1$ А $\qquad 10 > \frac{9.1}{6}$ А

Условия выполняются, следовательно пускатель выбран верно.

Для остальных токоприемников выбор магнитных пускателей проводим аналогично. Результаты расчетов сводим в таблицу 5.7.

5.4 Выбор предохранителей

Предохранители защищают группы по следующим условиям:

$$I_{вст.н.} \geq \frac{\sum_{n=1}^{n-1} I_н \cdot (n-1) + I_{н.б.} + K_{н.б.}}{\alpha}, \qquad (5.14)$$

где: $I_{вст.н.}$- номинальный ток плавкой вставки, А;

$\Sigma I_{н(n-1)}$- сумма рабочих токов всех двигателей за исключением 1,у которого наибольший пусковой ток;

$I_{н.б}$ - номинальный ток электродвигателя наибольшей мощности, А;

$K_{н.б}$ – кратность пускового тока электродвигателя наибольшей мощности

α - коэффициент зависящий от пускового режима защищаемых электродвигателей (пуск легкий α=2.5, средний α=2, тяжелый α=1.6), [19].

Для участка СЩ – ЩУЗ:

$$I_{вст.н.} \geq \frac{11.5 + 11.5 \cdot 7}{2.5} = 36.8 \text{ А},$$

Выберем предохранитель ПН2100 с $I_{н.пл.вст.}$=40 А.

На самом длинном участке цепи проверяем кабель по потере напряжения, должно выполняться условие:

$$\Delta U_{доп} \geq \Delta U_{расч}, \qquad (5.15)$$

где: $\Delta U_{доп}$- допустимая потеря напряжения, %;

$\Delta U_{расч}$- расчетная потеря напряжения, %.

Согласно [7] потеря напряжения внутренних электропроводок не должна превышать 5 % .

$$DU_{ð} = \frac{ò \cdot l}{\cdot S}, \qquad (5.16)$$

где: $P_у$- мощность нагрузки данного участка, кВт.

$l_у$- длина участка, м

c=44, [12] - коэффициент, зависящий от числа фаз напряжения сети, материала жил.

S- сечение кабеля, мм^2

Участок СЩ-ЩУ6:

Находим потерю напряжения по формуле (5.16):

$$\Delta U_{СЩ-ЩУ6} = \frac{96.7 \cdot 675}{44 \cdot 150} = 1\ \%$$

Участок ЩУ6-М10:

$$\Delta U_{ЩУ6-М10} = \frac{6.7 \cdot 5}{44 \cdot 2.5} = 3.1\ \%$$

Суммарные потери напряжения на участке СЩ-М10

$$\Sigma\Delta U = 1 + 3.1 = 4.1\ \%$$

$$5\% > 4.1\%$$

Условие выполняется , следовательно кабель выбран верно.

Выбор предохранителей и проверку кабеля остальных групп производим аналогично, результаты расчетов заносим в таблицу 5.5.

Таблица 5.5. Выбор пускозащитной аппаратуры силовой сети.

участок	I$_р$,А	I$_{уст}$, А	Аппарат защиты	Марка пускателя	Марка, сечение, число жил пров.	I$_{доп}$,А
Гр.1СЩ1-ЩУ1	18.2	30	ПН2-100	-	АВВГнг4×2.5	24
ЩУ1-М1	9.1	10	ВА-47-100	ПМЛ-1100	АВВГнг (4×2.5)	16
ЩУ1-М2	9.1	10	ВА-47-100	ПМЛ-1100	АВВГнг (4×2.5)	16
Гр.2 СЩ-ЩУ2	9.2	15	ПН2-60	-	АВВГнг (4×2.5)	24

ЩУ2-М3	5.6	10	ВА-47-100	ПМЛ-1100	АВВГнг (4×2.5)	16
ЩУ2-М4	5.6	10	ВА-47-100	ПМЛ-1100	АВВГнг (4×2.5)	16
Гр.3 СЩ-ЩУ3	23	40	ПН2-100	-	АВВГнг (4×4)	32
ЩУ3-М5	11.5	25	ВА-47-100	ПМЛ2100	АВВГнг (4×2.5)	16
ЩУ3-М6	11.5	25	ВА-47-100	ПМЛ2100	АВВГнг (4×2.5)	16
Гр.4 СЩ-ЩУ4	23	40	ПН2-100	-	АВВГнг (4×4)	32
ЩУ4-М7	11.5	25	ВА-47-100	ПМЛ2100	АВВГнг (4×2.5)	16
ЩУ4-М8	11.5	25	ВА-47-100	ПМЛ2100	АВВГнг (4×2.5)	16
Гр.5 СЩ-ЩУ5	51.3	200			АВВГнг (4×50)	165
ЩУ5-ЕК1	45.6			ПМЛ4100	АВВГнг (4×10)	60
ЩУ5-ЕК2	45.6	150	ВА-48	ПМЛ4100	АВВГнг (4×10)	60
ЩУ5-ЕК3	45.6			ПМЛ4100	АВВГнг (4×10)	60
Щу5-М9	11.6	12.5		ПМЛ2100	АВВГнг (4×2.5)	16
Гр.6 СЩ-ЩУ6	51.3	200			АВВГнг (4×50)	165
ЩУ6-ЕК4	45.6			ПМЛ4100	АВВГнг (4×10)	60
ЩУ6-ЕК5	45.6	150	ВА-48	ПМЛ4100	АВВГнг (4×10)	60
ЩУ6-ЕК6	45.6			ПМЛ4100	АВВГнг (4×10)	60
Щу6-М10	11.6	12.5	ВА-47-100	ПМЛ2100	АВВГнг (4×2.5)	16

5.5 Выбор силового оборудования

Климатическая установка состоит из электрокалорифера СФОЦ-100, [22], центробежного вентилятора Ц4-70 N6, [8], шкафа управления.

Таблица 5.4. - Технические характеристики электрокалорифера СФОЦ - 100

Общая мощность, кВт	90
Мощность каждой секции, кВт	30
Номинальная мощность нагревателя, кВт	2.5
Число нагревателей в одной секции	12
Число работающих нагревателей	36
Производительность кг/ч	7000
Максимальная температура, 0С	150
Перепад температур воздуха, 0С	46
Масса, кг	190

Заданная температура выходящего воздуха поддерживается автоматически двумя электроконтактами термометра, датчики, которые установлены на выходе воздуха из калорифера.

В теплотехническом разделе (Подбор вентилятора и выбор мощности электродвигателя) будет приведен алгоритм выбор вентилятора Ц4-70 №6,3 (центробежный вентилятор общего назначения см. таблицу 5.5).

Таблица 5.5. - Технические характеристики центробежного вентилятора Ц4-70 №6

Тип вентилятора	Диаметр рабочего колеса, мм	Диаметр шкива, мм	Подача, тыс. $м^3$/ч. от до	Полное давление, $Н/м^3$ от до	Частота вращения, об/мин от до	Мощность, кВт от до	Масса, кг	К.П.Д., %
Ц4-70№6,3	600	−	2500−14500	1320-800	930−1500	2.8−10	133	0.8

Он имеет хорошие аэродинамические показатели, значительно легче и компактнее вентиляторов старых типов (Ц9-55 и Ц9-57), обладает высоким

коэффициентом полезного действия. Рабочее колесо вентилятора Ц4-70 №6,3 имеет двенадцать плоских загнутых назад лопаток. Благодаря этому значительно уменьшается шум по сравнению с вентиляторами других типов.

Выбираем двигатель марки АИР132S4, [8]. Паспортные данные представим в виде таблицы.

Таблица 5.6. – Паспортные данные двигателя АИР132S4

Рн, кВт	$n_{н,}$ об/мин	Iн, А	η, %	cosφ	$\frac{I_{пуск}}{I_{н}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{н}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{н}}$
7,5	1460	15,6	0,87	0,87	7,0	2,3	2,3

Примечание. В числителе указаны значения при числе пар плюсов $P = 4$, в знаменателе при $P = 2$.

Определяем рабочий ток двигателя при работе на первой скорости:

$I_Р = kз \cdot I_Н$, (5.16)

где: kз - коэффициент загрузки, для электродвигателей с вентиляторнойнагрузкойkз=0.8, [9].

Iр=0.8·12.5=10А.

Максимальный ток электродвигателя будет равен пусковому току $I_{макс} = I_{пуск}$

По рабочему току выбираем магнитный пускатель КМ1 (см. лист 6).

Условия выбора: $I_н \geq I_р$, (5.17)

Выбираем магнитный пускатель марки ПМЛ-210, [1], Iн =25 А.

Выбор автоматического выключателя QF1 ведём по условиям:

$I_{н.авт} \geq I_Р$, (5.18)

$I_{н.т.р.} \geq I_Р$, (5.19)

$I_{ср.эл.р.} \geq 1.25 \cdot I_{макс}$, (5.20)

Где: $I_{н.авт}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А;

$I_{н.т.р}$ – номинальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{ср.эл.р.}$ – ток срабатывания электрического расцепителя, А.

Выбираем автоматический выключатель с комбинированным расцепителем, марки АЕ2016, [1], где $I_{н.авт}$= 10 А, $I_{н.т.р.}$= 10 А.

$$1.25 \cdot I_{макс} = 1.25 \cdot 12.5 \cdot 7.5 = 117.2 \text{ А}.$$

Принимаем установку электромагнитного расцепителя равной $12 \cdot I_{н.р}$

При этом ток срабатывания электромагнитного расцепителя:

$$I_{ср.эм.р.} = 12 \cdot I_{н.р.} = 12 \cdot 10 = 120 \text{ А}.$$

$$I_{ср.эм.р.} \geq 1.25 \cdot I_{макс}$$

$$120 \geq 117.2 \text{ А}. \text{ Условия выполняются.}$$

При работе электродвигателя на второй скорости ($n_н$=2910 об/мин) рабочий ток определяем по формуле (4.1) при kз = 0.8 .

$$I_Р = 0.8 \cdot 14.5 = 11.6 \text{ А}.$$

Максимальный ток электродвигателя при работе на второй скорости будет равен пусковому $I_{макс} = I_{пуск}$

По рабочему току выбираем магнитный пускатель КМ2. выбираем магнитный пускатель ПМЛ-2100, [19].

Для защиты электродвигателя от аварийных режимов при работе на второй скорости выбираем автоматический выключатель с комбинированным расцепителем, марки ВА-47-100, [19], где $I_{н.авт}$= 25 А, $I_{н.т.р.}$=12.5 А.

$$1.25 \cdot I_{макс} = 1.25 \cdot 14.5 \cdot 7.5 = 138.5 \text{ А}.$$

Принимаем установку электромагнитного расцепителя равной $12 \cdot I_{н.р}$

При этом ток срабатывания электромагнитного расцепителя:

$$I_{ср.эм.р.} = 12 \cdot I_{н.р.} = 12 \cdot 12.5 = 150 \text{ А}.$$

$$I_{ср.эм.р.} \geq 1.25 \cdot I_{макс}$$

$$150 \geq 134.8 \text{ А},$$

$$I_{н.авт} \geq I_Р,$$

$$12.5 \geq 11.6 \text{ А},$$

$$I_{н.т.р.} \geq I_р$$

$$25 \geq 11.6 \text{ А}. \text{ Условия выполняются.}$$

Число секций электрокалорифсра-5. Число параллельных элементов в секции-4.

Силу тока одного элемента определяем по формуле:

$$I_Э = \frac{P}{3 \cdot n \cdot k \cdot U_Ф}, \qquad (5.21)$$

где: P - мощность электрокалорифера, кВт;

n - число секций;

k - число параллельных элементов в секции;

$U_Ф$ - фазное напряжение,В.

По формуле 4.6. получим:

$$I_Э = \frac{90000}{3 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 220} = 11.4 \text{ А.}$$

Ток секции при работе четырех элементов:

$$I_с = I_э \cdot k, \qquad (5.22)$$

$$I_с = 11.4 \cdot 4 = 44.6 \text{ А.}$$

По значению тока $I_с$ выбираем магнитные пускатели марки КМ3, КМ4, КМ4. Соблюдая условие (4.2) выбираем магнитные пускатели марки ПМЛ-4100 [1], $I_н$ =63 А.

Т.к. рабочий ток секции одинаковый, то расчет произведем для одной секции.

Рабочий ток секции $I_Р$ = 45,6 А.

Максимальный ток секции $I_с$ = 46.5 А

Выбираем автоматический выключатель марки АЕ2046, [19], где: $I_{н.\ авт.}$ =63А , $I_{н.т.р}$=50А.

$1{,}25 \cdot I_{макс} = 1{,}25 \cdot 46.5 = 57$ А.

Принимаем установку электромагнитного расцепителя равной $3 \cdot I_{н.р}$

При этом ток срабатывания электромагнитного расцепителя:

$$I_{ср.эм.р.} = 3 \cdot I_{н.р.} = 3 \cdot 50 = 150 \text{ А.}$$

$$I_{ср.эм.р.} ¿ 1.25 \cdot I_{макс}$$

$$150 ¿ 57 \text{ А,}$$

$$I_{н.авт} ¿ I_Р,$$

$$63 ¿ 46.5 А,$$

$$I_{н.т.р.} ¿ I_р$$

$$50 ¿ 46.5 А,$$ условия выбора выполняются.

Расчет автоматического выключателя QF ведём при условии, что выключены все три секции электрокалорифера и электродвигатель работает на высшей скорости.

Рабочий ток установки:

$$I_{р.уст} = I_{нагр.эл.} + I_{р.двиг.}, \quad (5.23)$$

где :$I_{нагр.эл.}$ – ток нагревательных элементов трех секций, А ;

$I_{р.двиг.}$ – ток электродвигателя на высшей скорости, А.

По формуле (4.8) получим:

$I_{р.уст} = 44.6 \cdot 3 + 11.6 = 148.4$ А.

По условиям (4.3-4.5) выбираем автоматический выключатель марки А31134, [19], где: $I_{н.\,авт.} = 200$А , $I_{н.т.р} = 150$А.

$$1{,}25 \cdot I_{макс} = 1{,}25 \cdot 148.4 = 184.5 \text{ А}.$$

Принимаем установку электромагнитного расцепителя равной $3 \cdot I_{н.р}$

При этом ток срабатывания электромагнитного расцепителя:

$$I_{ср.эм.р.} = 7 \cdot I_{н.р.} = 7 \cdot 150 = 1050 \text{ А}.$$

$$I_{ср.эм.р.} ¿ 1.25 \cdot I_{макс}$$

$$1050 ¿ 184.5 А,$$

$$I_{н.авт} ¿ I_Р,$$

$$200 ¿ 148.4 А, I_{н.т.р.} ¿ I_р$$

$$150 ¿ 148.4 А,$$ условия выбора выполняются.

Для переключения режимов в схеме управления применяется универсальный переключатель ПКП-10.

Для контроля температуры и влажности выбираем измеритель_регулятор двухканальный ОВЕН 2ТРМ1, который имеет:

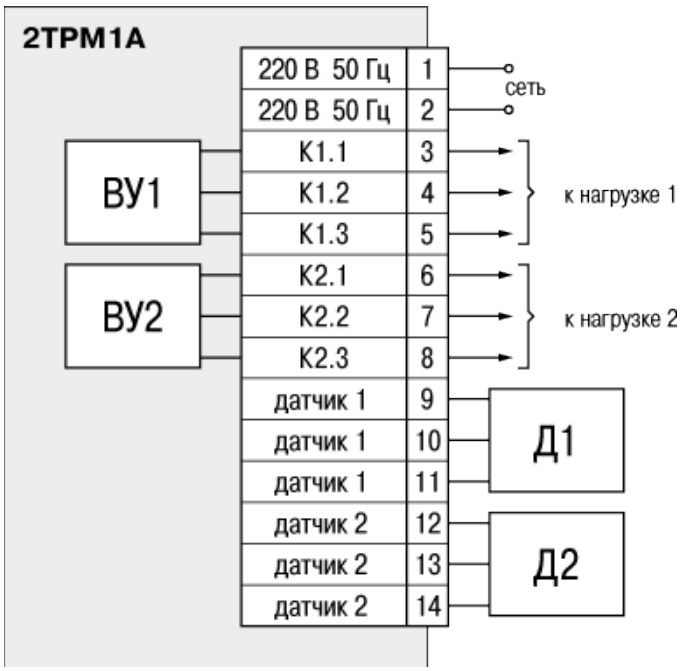


Рисунок 5.2 – Схема подключения прибора.

Д1, Д2 - измерительные датчики

ВУ1, ВУ2 - выходные устройства

Каждое ВУ может работать в одном из трех режимов:

двухпозиционный регулятор, если ВУ — ключевого типа (модификации2ТРМ1Х+Х.Х.Р/К/С);

аналоговый П-регулятор, если ВУ — ЦАП с выходным сигналом 4...20 мА (модиф. 2ТРМ1Х+Х.Х.И);

измеритель-регистратор, если ВУ — ЦАП с выходным сигналом 4...20 мА (модиф. 2ТРМ1Х+Х.Х.И).

Выходные устройства(ВУ1, ВУ2)

В 2ТРМ1 устанавливаются 2 ВУ в одном из сочетаний:

- 2 одинаковых ключевых ВУ (э/м реле, транзисторные или симисторныеоптопары);

- 2 цифроаналоговых преобразователя выходного сигнала ЛУ в ток 4...20 мА с питанием от внешнего источника;

ВУ1 — ключевого типа,

ВУ2 — ЦАП 4...20 мА.

Устанавливаем датчик температуры воздуха ОВЕН дТС3014_Pt1000.В2.50/2, [20]

Технические характеристики:

- температура среды –50...+120 °С
- погрешность (0,3+0,005|t|) °С
- сенсор Pt1000 PCA1.2010.10L
- материал защитной гильзы 12Х18Н10Т
- материал кабеля силиконовый кабель AWG24x2
- схема соединения двухпроводная
- степень защиты IP67

Влажность контролируется двухпозиционным регулятором влажности СПР-104, [20].

Устанавливаем датчик влажности серии VC, устойчивый к аммиаку.



Рисунок 5.3 – Датчик влажности.

Таблица 5.7. Технические характеристики датчика влажности серии VC:

Потребляемая мощность	0...10V, 2x0...1V - <5мА 0...1V <1мА
Минимальная скорость воздуха	2x4...20mA - >1,5м/сек 4...20mA,2x0...10V - >1м/сек 0...10V, 2x0,1V - >0,5м/сек
Нагревание Pt 100 (1м/сек, 2mA,20°C)	0,1K
Материал	высококачественная сталь
Электромагнитные характеристики	производимые помехи - EN 55011 кл. B помехоустойчивость - EN 50082-2

Таблица 5.8 - Технические характеристики регулятора СПР-104

Диапазон регулируемой влажности, %	Диапазон температур, °С	Погрешность шкалы, %
39 … 90	-5 … +35	±3

Датчик подключается экранированным проводом длиной до 200 метров.

5.6 Выбор щита управления.

Выбор щита управления производится с учетом того, что он должен быть установлен в вентиляционном помещении, в непосредственной близости от основного технологического оборудования. При этом аппаратура внутри щита должна быть защищена от пыли, влаги и механических повреждений, а обслуживающий персонал от прикосновения к открытым токоведущим частям аппаратуры и сборкам зажимов. С учетом этих и других факторов принимаем щит типа ЩШ-ПЗД 2200×600×600 ГОСТ3244-68, [16].

Вывод по разделу

В данной главе выполнен расчет электрических нагрузок оборудования, установленного в цехе. Осуществлен расчет и выбор кабелей, аппаратов защиты, щитов управления.

6 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

6.1 Расчет мощности и количества силовых трансформаторов

Исходя из требований обеспечения надёжности электроснабжения потребителей, нормами технологического проектирования подстанций, имеющих потребителей второй категорий, на проектируемой подстанции должно быть установлено два трансформатора.

Выбираемая мощность трансформатора должна удовлетворять условию:

$$S_T \geq \frac{S_{\max,BH}}{K_{I-II} K_{ав}} = \frac{328.7}{2 \cdot 0,7} = 239.1 \text{, кВ·А}$$

где S_{max} - максимальная нагрузка подстанции, кВА;

K_{I-II} - коэффициент участия потребителей I и II категорий;

$K_{ав}$ - принятый коэффициент допустимой аварийной перегрузки, принимаем $K_{ав}$ = 1,4 (время наибольшей нагрузки не превышает 6 часов, а загрузка доаврийного режима менее 93% от наибольшей)

Выберем для подстанции трансформаторы ТМГ-250/10. Трехобмоточный трехфазный герметичный трансформатор с принудительной циркуляцией воздуха и естественной масла.

Номинальные параметры трансформаторов приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технические данные трансформатора

Тип	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$ обмоток, кВ		Потери, Вт		Напряжение КЗ, %		Ток ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ	ВН	НН	
ТМГ - 250/10	250	10	0,4	740	5500	4,5	4,7	2,3

В аварийном режиме любой из выбранных трансформаторов, при отказе второго, должен обеспечить электроснабжение потребителей с учетом перегрузки в 40%:

Коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме:

$$K_{норм} = \frac{S_{max}}{2 \cdot S_{тр}} = \frac{328.7}{2 \cdot 250} = 0,65 < 0,7;$$

Коэффициент перегрузки трансформаторов в аварийном режиме:

$$K_{послеав} = \frac{S_{max\,2}}{S_{тр}} = \frac{328.7}{250} = 1.3 < 1,4$$

Рассчитанные коэффициенты лежат в допустимых пределах

$$(0,5<K_{норм}<0,75,\ K_{послеав}\leq 1,4).$$

Данный трансформатор удовлетворяет требованиям надежности в аварийном режиме при перегрузке.

6.2 Выбор выключателей

Вводные выключателию. Для цепей трансформаторов с расщеплённой обмоткой при выборе вводных выключателей с учётом аварийной допустимой перегрузки:

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{S_{тр.ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \qquad (6.1)$$

где $U_{ном.} = 10,5\ кВ$ — номинальное напряжение на стороне трансформатора;

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 26.9\ A.$$

Вводные выключатели на ВНисходяиз $I_{max} = 10.4\ A$. Выбираем электрооборудование ВБСК-10-12,5/630.

Таблица 6.2 - Характеристика вакуумного выключателя

Тип	Uном, кВ	Iном, А	Iном. откл. ,кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		Номинальный ток включения, кА	
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начально действую щее значение периодич ской составляю щей
ВБСК-10	10	630	12,5	32	12,5	32	12,5

Таблица 6.3 – Выключатели и разъединители для РУ ВН

Виды проверки	Условия выбора и проверки	Расчетные данные	Каталожные данные
			РВЗ-1-10/630
По напряжению установки, кВ	Uуст ≤Uном	10	10
По длительному току, А	Imax ≤Iном	22,8	630
По возможности отключения периодической составляющей тока КЗ, кА	IП,τ ≤Iотк.ном	1,465	–
Проверка по включающей способности, кА	iу ≤ iвкл	3,67	–
	IП,0 ≤ Iвкл	1,465	
Проверка на электродинамич. стойкость, кА	IП,0 ≤ Iдин	1,465	40
	iу ≤ iдин	3,67	51
Проверка на термическую стойкость, кА^2·с	Вк ≤ Iтер2• tтер	-	6300

Выбор выключателей на НН

Выбор автоматического выключателя в РУ-0,4 кВ:

$$I_{НОРМ} = \frac{S_{НН}}{\sqrt{3}\,U_{ном}} = \frac{130.8}{\sqrt{3}\cdot 0,4} = 152.9$$

Выбираем выключатель ВА 55-43 с параметрами:

$$I_{ном.}=630\ А,\ I_{н.расц.}=630\ А,\ \frac{I_{с.п.}}{I_{н.расц.}} \geq 1,25$$

Проверка:

$I_{ном}=630\ А > I_{норм}=152,9\ А,$

$I_{ном.отк}=35\ кА > \sqrt{2}\cdot I_{по}^{(3)}=9,1\ кА,$

$I_{н.расц.}=630\ А > I_{max}=561,1\ А,$

$$\frac{I_k^{(1)}}{I_{н.расц.}}=\frac{6600}{630}=8,25 \geq 3$$

$S_{нагр}$, кВА	$I_{НОРМ}$, А	Марка выкл.	$I_{ном}$, А	$I_{н.расц}$, А	$I_{ном.отк}$, кА	Марка рубилиника
328.7	152,9	ВА 55-43	1000	1000	35	РЕ 19-41

6.3 Выбор трансформаторов тока

Выбор трансформаторов тока производим в соответствии с рабочим максимальным током.

Выбор ТТ:

Из учёта, что $I_{max}=10,4\ А$, выбираем ТТ ТОЛ-10

Трансформатор ТОЛ-10 предназначен для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты и управления, для изолирования цепей вторичных соединений от высокого напряжения в комплектных устройствах внутренней и наружной установок (КРУ, КРУН и КСО) переменного тока на класс напряжения до 10 кВ частоты 50 или 60 Гц.

Серия	Напряжение кВ		Номинальный перичный/вторич	Iтер.ст. Односекундный ток	Ток Iм.динэлектродинамической
	Номина	Наиболь			

	ль-ное	-шее	ный ток А	термической стойкости,	стойкости, кА,
ТОЛ-10-3	10	7,2	150/5	20	51

Для обеспечения работы ТТ в требуемом КТ=0,5 следует выполнять условие $S_{ном2} \geq S_{расч2}$.

Расчетная нагрузка определяется по формуле:

$$S_{расч2} = I^2_{ном2} \cdot \left(R_{\sum приборов} + R_{проводов} + R_{контактов} \right),$$

где $R_{\sum приборов}$ – сумма сопротивлений всех последовательно включенных обмоток приборов;

$R_{проводов}$ – сопротивление соединительных проводов, Ом;

$R_{контактов}$ – сопротивление контактов, Ом.

Характеристику блока измерений представим в виде таблицы 6.4:

Таблица 6.4 – Характеристика блока измерений

Выполняемые функции	КТ	Потребляемая мощность блока, ВА
Амперметр	0,5	0,025
Ваттметр	1	
Варметр	1	
Счетчик активной энергии	1	
Счетчик реактивной энергии	1	

Сопротивление приборов: $R_{приборов} = \frac{S_{приборов}}{I^2_{ном2}} = \frac{0,025}{5^2} = 0,001$ *Ом.*

Сопротивление соединительных проводов: $R_{проводов} = \frac{\rho \cdot l_p}{S}$,

где ρ − удельное сопротивление (для алюминиевых проводов 0,0283 Ом·мм^2/м, для медных 0,0175 Ом·мм^2/м) [1];

l_p − расчетная длина провода;

S −сечение провода ($S=3$ *мм*^{2} − сечение алюминиевых проводов);

$l_p=2\cdot l$ − расчётная длина провода при включении всех приборов в одной фазе;

$$R_{проводов}=\frac{0,0283\cdot 2\cdot 10}{3}=0,189 \text{ Ом.}$$

$R_{контактов}=0,1$ *Ом* − сопротивление контактов [1].

Проверка на термическую стойкость:

$$I^2_{ном.терм.стойк.}\cdot t_{ном.терм.стойк.}\geq I^{2\infty}\cdot t_n;$$

$$50^2\cdot 1>9,53^2\cdot 3,2500 \text{ кА}^2\cdot c>272 \text{ кА}^2\cdot c.$$

Данные проверки сведем в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Данные проверки

Наименование параметра	Данные		Условия выбора
	каталога	расчетные	
$U_{ном.}$, *кВ*	10	10	$U_{ном}\geq U_{расч}$
$I_{ном1}$, *А*	100	20,4	$I_{ном1}\geq I_{расч}$
$i_{эл.динам.стойк.}$, *кА*	100	29,4	$i_{ном.дин.}\geq i_{расч.дин.}$
$I_{ном.терм.стойк.}$, *кА* (1 *сек*)	2500	272	$I^2_{ном.т.с.}\cdot t_{ном.т.с.}\geq I^{2\infty}\cdot t_n$

6.3 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения, предназначенные для питания катушек напряжения измерительных приборов, в реле, устанавливают в секции сборных шин в каждой фазе.

На каждую секцию:

К трансформатору напряжения присоединяются следующие приборы:

Таблица 6,6– Характеристика блока измерений

Выполняемые функции	Число приборов	Потребляемая мощность, ВА
Вольтметр	4	0,025
Ваттметр		
Варметр		
Счетчик активной энергии		
Счетчик реактивной энергии		
Реле напряжения		

Суммарная мощность приборов: $S_{\Sigma}=4\cdot 0,025=0,1\,BA$.

Выбираем трансформатор напряжения типа НТМИ-10, который имеет следующие характеристики:

$U_{ном.ВН}=10$ *кВ;* $к=0,5$; $S_{ном}=150$ *ВА;* $S_{max}=1000$ *ВА;*

$$I_{max}=\frac{S_{\max}}{\sqrt{3}\cdot U_{ном}}=\frac{1000}{1,73\cdot 10000}=0,06A$$

Проверка трансформатора по номинальному напряжению:

$$U_{ном} = 10\ кВ = U_{сети} = 10\ кВ$$

Выбранный трансформатор удовлетворяет условию выбора

Условие $S_{ном2}\geq S_{расч2}$, $30\ BA>0,1\ BA$ выполняется, следовательно ТН будет работать в заданном КТ=0,5. Результаты проверки свожу в таблицу 6,7:

Таблица 6,7 – Данные проверки

Наименование	Данные	Условия выбора

параметра			
	каталога	расчетные	
$U_{ном1}$, *кВ*	10	10	$U_{ном1} \geq U_{ном.расч.}$
$S_{ном2}$, *ВА*	30	0,1	$S_{ном2} \geq S_{расч2}$
Класс точности	0,5	0,5	

6.4 Выбор ограничителей перенапряжения

Выбор ограничителей перенапряжения произвожу по напряжению.

На 10 кВ выбираю ОПН фирмы «Таврида Электрик» модель ОПН/TEL–10 /12,5 УХЛ1, со следующими характеристиками: $U_{ном.сети} = 6.3$ *кВ*; $U_{\max.доп.длит.} = 84$ *кВ*; пропускная способность (не менее) $I_{пропуск.} = 550$ *А*.

На каждую секцию ТП 0,4 *кВ* устанавливаем ОПН «Таврида Электрик» модель ОПН/TEL–0,38/0.4 УХЛ1 со следующими характеристиками: $U_{ном.сети} = 0.38$ *кВ*; $U_{\max.доп.длит.} = 0,4$ *кВ*; пропускная способность (не менее) $I_{пропуск.} = 500$ *А*.

Вывод по разделу

В данной главе выполнен расчет и выбор оборудования ТП, осуществляющей ЭС проектируемого цеха. В разделе произведен выбор силовых трансформаторов, коммутационных аппаратов, измерительных трансформаторов, а также оборудования защиты

7 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАМЕРЕ ЗАПЕКАНИЯ ПОРОШКОВОЙ КРАСКИ

Для обеспечения высокого качества технологического процесса по запеканию порошковой краски в камере необходимо точное поддержание заданной температуры. Для решения данной задачи необходимо разработать и внедрить систему автоматического управления работой камеры.

На текущий момент задание и поддержание температуры осуществляется в ручном режиме, что влечет за собой большой диапазон колебаний температуры и негативно сказывается на качестве конечного продукта...

7.1 Функциональная схема проектируемой системы управления

В данном проекте для разработки автоматизированной системы контроля и управления температурой в камере запекания порошковой краски решено использовать устройство на микроконтроллере, что позволит реализовать полный перечень требуемого функционала. Для контроля параметров протекания технологического процесса будут использованы соответствующие датчики. От датчиков, измерительная информация поступает на входы нормирующих усилителей соответственно. От усилителей сигналы поступают в блок АЦП, где происходит измерения уровня каждого сигнала. Результаты измерения сигналов с датчиков температуры, расхода и т.д. передаются в микроконтроллер, где происходит первичная обработка полученных данных. При необходимости корректировки микропроцессор вырабатывает сигнал в блок управления питанием для корректировки напряжения подаваемого на объект регулирования.

Если измеренные параметры соответствуют заданным порогам, то происходит корректировка работы горелки печи.

Также на дискретные входы микроконтроллера поступают сигналы от кнопок клавиатуры. Микроконтроллер управляет работой всей системы. Конвертор UART/USB обеспечивает передачу данных на ПК для дальнейшей обработки. ПК позволяет программировать микроконтроллер.

Разработаем функциональную схему устройства (рисунок 7.1) на основании которой в дальнейшем будет разрабатываться схема электрическая принципиальная.

Блок датчиков, регистрирующих параметры технологического процесса работы установлены в печи. Информация, снимаемая с датчиков, поступает в систему через блок АЦП. Далее система обрабатывает полученную информацию по заложенному в нем алгоритму и передает результат обработки объектам регулирования.

Основным компонентом проектируемой системы было принято решение выбрать микроконтроллер.

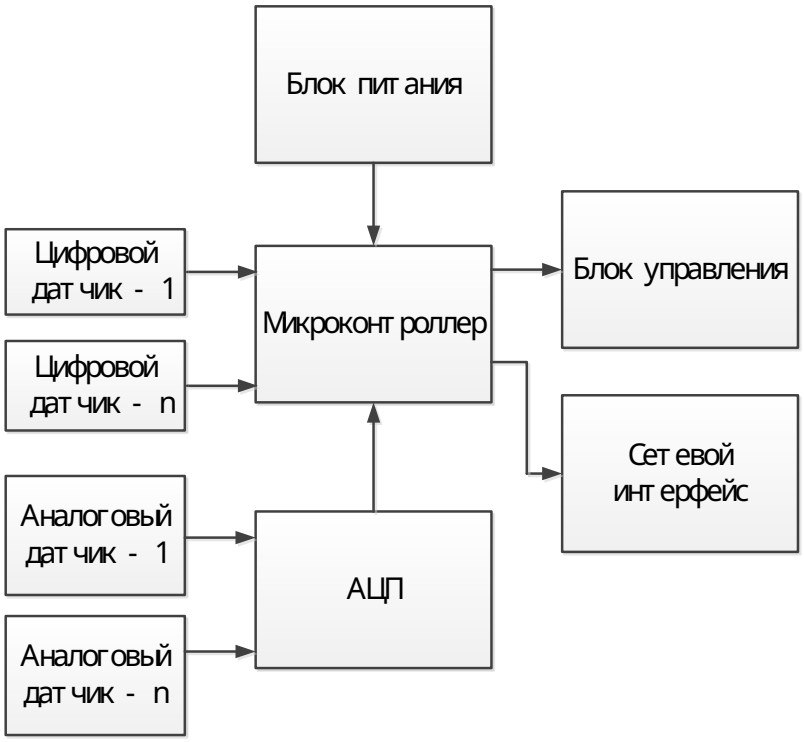


Рисунок 7.1 – Функциональная схема системы

Использование в современном микроконтроллере «мощного» вычислительного устройства с широкими возможностями, построенного на одной микросхеме вместо целого набора, значительно снижает размеры, энергопотребление и стоимость построенных на его базе устройств.

Опираясь на полученные данные, делаем вывод, что разрабатывать система необходимо на микроконтроллере, так как в нашем случае это является идеальным вариантом.

При составлении функциональной схемы был учтен тот факт, что для работы любого микроконтроллера требуется тактируемое устройство (кварцевый резонатор). Выбор конкретной модели кварцевого резонатора определяется в зависимости от конкретной модели самого микроконтроллера.

7.3 Выбор используемых компонентов системы

Выбор АЦП

После изучения представленных на рынке АЦП, выбор остановился на модели MCP3204 компании MicrochipTechnology. Основными его достоинствами являются использование последовательного канала передачи преобразованных данных и его 4-х-канальность.

Дадим краткое описание используемой модели.

Функциональная схема MCP3204 представлена на рисунке 7.2.

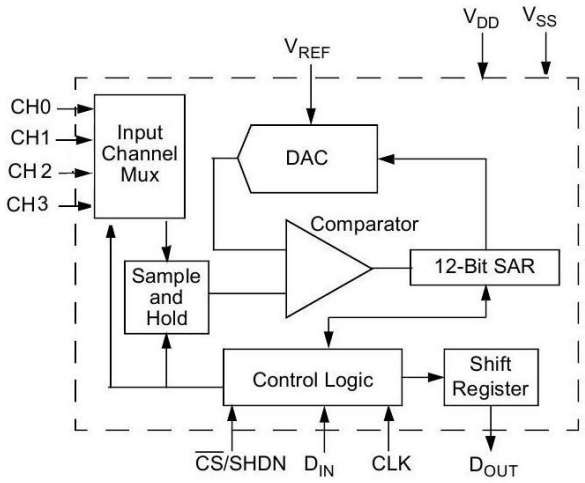


Рисунок 7.2 – Функциональная схема MCP3204

MCP3204 – последовательный 12-битный аналогово-цифровой преобразователь с встроенным устройством выборки и хранения (УВХ). Может работать в режиме двух псевдо-дифференциальных входных пар или в четырехканальном режиме.

Режим работы выбирается подачей определенной последовательности импульсов на соответствующий вход.

Связь с АЦП имеет простой последовательный интерфейс совместимый с протоколом SPI.

MCP3204 работает в широким диапазоне напряжений (3.7V-6.5V).

Выбор микроконтроллера

Рассмотри семейство микроконтроллеров i8051, так как данные микросхемы имеют невысокую стоимость. Функциональные возможности данного семейства разнообразны, но нам необходимо выбрать МК с простым функционалом, так как разрабатываемая система не предъявляет каких-либо жестких требований к МК.

Микроконтроллер семейства i8051 имеет гарвардскую архитектуру – различные шины для памяти команд и памяти данных. Это 8-разрядные микроконтроллеры. Объём программного кода может быть не более 64K байт.

Выбор датчиков

Универсальная промышленная термопара ТД719 предназначена для измерения температуры в диапазоне -150...1600°С. Удобна и проста в монтаже. Корпус термопары выполнен из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, наружный диаметр колбы 6 мм. Корпус имеет штуцер М16х1,5. Рабочий спай изолирован относительно корпуса.



Рисунок 7.5 – Термопара ТД719

Вывод по разделу

В данном разделе выполнено проектирования автоматизированной систему поддержания заданной температуры в камере печи. В основе АСУ лежит программируемый микроконтроллер, что позволило реализовать весь перечень требуемых возможностей системы. Также в разделе выбраны все элементы и датчики системы управления.

8 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАМЕРЕ ЗАПЕКАНИЯ ПОРОШКОВОЙ КРАСКИ

8.1. Определение стоимости разработки технической документации.

Таблица 8.1 Трудоемкость работ по разработке АСУ ТП

Наименование работ	Трудоемкость, чел./часы	
	Научный сотрудник	Инженер
Изучение проблемы	10	40
Разработка технического задания	10	30
Обзор системы	5	20
Разработка структурной и функциональной схем	5	50
Разработка программного обеспечения	5	50
Выбор и обоснование элементной базы	10	50
Разработка и расчет принципиальной электрической схемы	15	30
Разработка конструкции	10	60
Разработка технико-экономического обоснования и безопасности жизнедеятельности	10	20
Монтаж и испытания модуля	0	10
Подготовка технической документации	10	20
Итого:	90	380

Основная и дополнительная заработная плата непосредственных исполнителей разработки, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы рассчитываются на основании следующих ставок:

- трудоемкость выполнения работ научного сотрудника (НС) $T_{нс}$ и инженера $T_{инж}$;

- часовая ставка НС $Ч_{нс}$ ($Ч_{нс}$ =100,00 руб.);
- дневная ставка инженера $Ч_{инж}$ ($Ч_{инж}$ = 80 руб.);
- процент дополнительной заработной платы – 12%;
- процент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2%;
- процент накладных расходов – 15%.

Расчет основной заработной платы исполнителей проекта $ЗП_{ио}$ производится по формуле:

$$ЗП_{ио} = Ч_{нс} * Т_{нс} + Ч_{инж} * Т_{инж} = 100 * 90 + 80 * 380 = 39400{,}00 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $ЗП_{ид}$ составляет 12% от основной:

$$ЗП_{ид} = ЗП_{ио} * 0.12 = 39400 * 0{,}12 = 4728{,}00 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды $З_{вф}$:

$$З_{вф} = (ЗП_{ио} + ЗП_{ид}) * 0{,}302 = (39400 + 4728) * 0{,}302 = 13326{,}56 \text{ руб.}$$

Таблица 8.2 –Затраты на материалы

№	Материал	Единица из-мерения	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Бумага А4	Пачка	1	100,00	100,00
2	Компьютер + ПО	шт.	1	15 000,00	15 000,00
3	Принтер	шт.	1	1 250,00	1 250,00
4	Картридж для принтера	шт.	1	300,00	300,00
Итого:					16 650,00
Доставка, подключение и установка оборудования					500,00
Всего($З_м$):					17 150,00

Накладные расходы $З_{нр}$ составляют 15% от начисленной заработной платы:

$$З_{нр} = (ЗП_{ио} + ЗП_{ид}) * 0{,}15 = (39400 + 4728) * 0{,}15 = 6619{,}20 \text{ руб.}$$

Определим сумму затрат на разработку проекта путём сложения затрат на заработную плату сотрудников и затрат на материалы:

$$С_{тд} = ЗП_{ио} + ЗП_{ид} + З_{вф} +$$

$$З_{нр} + З_м = 39400 + 4728 + 13326{,}56 + 6619{,}2 + 17150 = 81223{,}76 \text{ руб.}$$

8.2. Определение стоимости опытного образца.

Стоимость опытного образца будет состоять из комплектации, монтажа устройства а так же испытательных работ.

Таблица 8.3 – Определение стоимости комплектации опытного образца.

Наименование	Норма расхода на изделие, ед.	Цена, руб./ед.	Сумма, руб.
Микросхемы и ЖК индикатор	4	900,00	900,00
Микроконтроллер и АЦП	2	220,00	220,00
Конденсатор КМ-5б-М47-100нФ+/-10%	1	5,00	5,00
Конденсатор КМ-5б-М47-1мкФ+/-10%	5	5,00	25,00
Разъём DJK-02B	1	15,00	15,00
Разъём DB-9-mother	1	15,00	15,00
Разъём SMA male straight angle	1	25,00	25,00
Антенна ANT-433MS	1	210,00	210,00
Корпус	1	150,00	150,00
Печатная плата	1	350,00	350,00
Итого($И_К$):			1 915,00

Стоимость монтажа($С_М$),пайки элементов и сборки устройства составляет 35 точек пайки по одному рублю за точку, сборка устройства 100 рублей.

$$С_М=25*1+100=135 \text{ руб.}$$

Так же в стоимость сборки входит выходной контроль.

Для испытательных работ необходимо дополнительное оборудование($С_{ДО}$) в виде двух персональных компьютеров, так же будет задействована машина на которой велась разработка. Стоимость работы инженера закладывалась в пункте 8.1.

$$С_{ДО}= 15000*2=30000 \text{ руб.}$$

Полная стоимость опытного образца составит:

$$С_{ОО} = И_К+С_М+С_{ДО}=1915+135+30000=32050 \text{ руб.}$$

где $С_{ОО}$ – стоимость опытного образца.

8.3. Определение стоимости головного образца.

Стоимость головного образца будет состоять из монтажа устройства а так же комплектации, но уже по оптовым ценам.

Таблица 8.4 – Определение стоимости комплектации головного образца

Наименование	Норма расхода на изделие, ед.	Цена, руб./ед.	Сумма, руб.
Микросхемы и ЖК индикатор	4	650,00	650,00
Микроконтроллер и АЦП	2	150,00	150,00
Конденсатор КМ-5б-М47-100нФ+/-10%	1	3,00	3,00
Конденсатор КМ-5б-М47-1мкФ+/-10%	5	3,00	15,00
Разъём DJK-02B	1	12,00	12,00
Разъём DB-9-mother	1	12,00	12,00
Разъём SMA straight	1	25,00	25,00
Антенна ANT-433MS	1	190,00	150,00
Корпус	1	130,00	130,00
Печатная плата	1	210,00	210,00
Итого($И_{КГ}$):			1 357,00

Полная стоимость головного образца:

$$С_{ГО} = С_{М}+И_{КГ}=135+1357=1492 \text{ руб.}$$

где $С_{ГО}$ – стоимость головного образца.

Полная стоимость затрат на проект будет состоять из стоимости разработки технической документации, стоимости опытного образца и стоимости головного образца.

$$С_{ПРО}=С_{ТД}+С_{ОО}+С_{ГО}=81223,76+32050+1492=114765,76 \text{ руб.}$$

где $С_{ПРО}$ - полная стоимость затрат на проект.

8.4. Анализ полученных данных.

Установим прибыль на устройство 35% и проанализируем экономическую эффективность проекта и сделаем выводы.

$C_{ппм}=C_{го}*0,35+C_{го}=522+1492=2014$ руб.

где $C_{ппм}$ – стоимость приёмно-передающего модуля с учётом прибыли.

t=1год+(114765,76-118637,55)/(159610,9)=1+0,024=1,024

где t – период окупаемости

Из данной таблица видно, что окупаемость данного проекта наступит через три года, но с использованием маркетинга этот срок может быть сокращён.

Таблица 8.5 –Оценка экономической эффективности.

Периоды времени, годы	0	1	2	3	4
Продажи ,шт.		250	370	480	700
Поступления (выгоды),руб.		130 500,00	193 140,00	250 560,00	365 400,00
Выплаты (затраты) ,руб.	114 765,76				
Коэффициент дисконтир-ования при r = 10%.	1	0,9091	0,8264	0,7513	0,6830
Дисконтир-ованный денежный поток ,руб.	-114 765,76	118 637,55	159 610,9	188 245,73	246 568,2
Дисконтир-ованный срок окупаемости, лет		1,024			

Вывод по разделу

В результате данного проекта достигнута невысокая цена изделия, его безопасность для человека, простота производства и применения, большой радиус действия. Так как используется готовая микросборка, её неремонтопригодность, что является плюсом для производителя по истечению гарантийного срока эксплуатации.

9. БЕЗОПАСНОСТЬЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОЕКТИРУЕМОМ ОБЪЕКТЕ

9.1. Выбор оборудования для защиты от перенапряжений и грозозащиты ТП

Вакуумные выключатели типа ВВЭ-10 используются в серийных КРУ общепромышленного назначения типа КМ-1, КМ-1Ф, К-104.

На протяжении нескольких лет Всесоюзный электротехнический институт им. Ленина и Красноярский институт цветных металлов им. Калинина на ряде промышленных предприятий измеряли перенапряжения при коммутации серийных высоковольтных двигателей вакуумными выключателями типов ВВТЭ и ВВЭ. Было обследовано более 50 двигателей мощностью 250—1250 кВт и выполнено более 2000 измерений коммутационных перенапряжений (КП), зарегистрированных одновременно в трех фазах (на зажимах электродвигателя и на шинах выключателя при коммутации двигателя на холостом ходу, под нагрузкой в процессе пуска), что позволило накопить статистический материал о вероятном их распределении и определить основные параметры.

Средние значения кратностиK перенапряжений (отношение максимальной амплитуды перенапряжения к амплитудному значению фазного рабочего напряжения сети) при коммутации электродвигателей мощностью 520—1250 кВт находятся в интервале 1,3—3,2: зарегистрированные максимальные перенапряжения при включении $K^{в}_{max}$ = 5,9, при отключении K^{0}_{max}= 4,2; для электродвигателей мощностью 250-500 кВт К= 3,4 – 4,1; $K^{в}_{max}$ = 2,1 - 5,96, K^{0}_{max}= 3,9 – 6,82.

						ДП.12.35.03.06.120971.ПЗ	
Изм.	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата		
Разраб.		Абрамочкин				Безопасность жизнедеятедбности	Стадия: — / Лист: — / Листов: —
Провер.		Чернышов					
Н.контр.							Орловский ГАУ, АИБ-(Эл)-521(П)
Утверд.							

Взам.инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Крутизна фронта волн при коммутационных перенапряжениях достигает 3 - 5 кВ/мкс; частоты собственных колебаний напряжений в обмотках находятся в диапазоне 5 - 20 кГц; средняя длительность импульсов в фазах обмотки 0,5 - 2 мс; максимальная длительность импульсов КП при повторных зажиганиях дуги в выключателе 5 - 10 мс.

Анализ результатов измерений показал, что с ростом номинальной мощности отключаемых электродвигателей средние и максимальные КП уменьшаются. Повторные пробои и зажигания дуги в вакуумном выключателе ограничивают амплитуду, однако даже при кратности$K< 3$ перенапряжения могут представлять опасность для витковой изоляции статора электродвигателя. При этом на входную катушку обмотки статора двигателя может приходиться до 70 - 95 % от амплитуды импульса напряжения, что многократно превышает нормы испытательного напряжения изоляции и может явиться причиной её повреждения.

При отключении нагрузки мощностью 500 кВт и более распределение вероятности КП, как правило, подчиняется нормальному и логарифмически нормальному законам с уровнем значимости α = 0,2. При отключении нагрузки мощностью менее 500 кВт распределение вероятности КП близко к равномерному и арксинусоидальному. Частоты собственных колебаний напряжений в обмотках находятся в диапазоне 5 - 20 кГц. Средняя длительность импульсов в фазах обмотки составляет 0,5 - 2 мс. Максимальная длительность импульсов КП при повторных зажиганиях дуги в выключателе достигает 5 - 10 мс.

Повторные пробои в зажигания дуги в вакуумном выключателе ограничивают амплитуду КП, создаваемых в результате среза тока в нагрузке, однако даже при незначительных амплитудах (К < 3), КП могут представлять опасность для витковой изоляции статора электродвигателя вследствие высокой крутизны фронта волн, достигаю щей $\max(du/dt)$ | - 3+5 кВ/мкс, и неравномерного распределения напряжений в обмотке

электродвигателя.

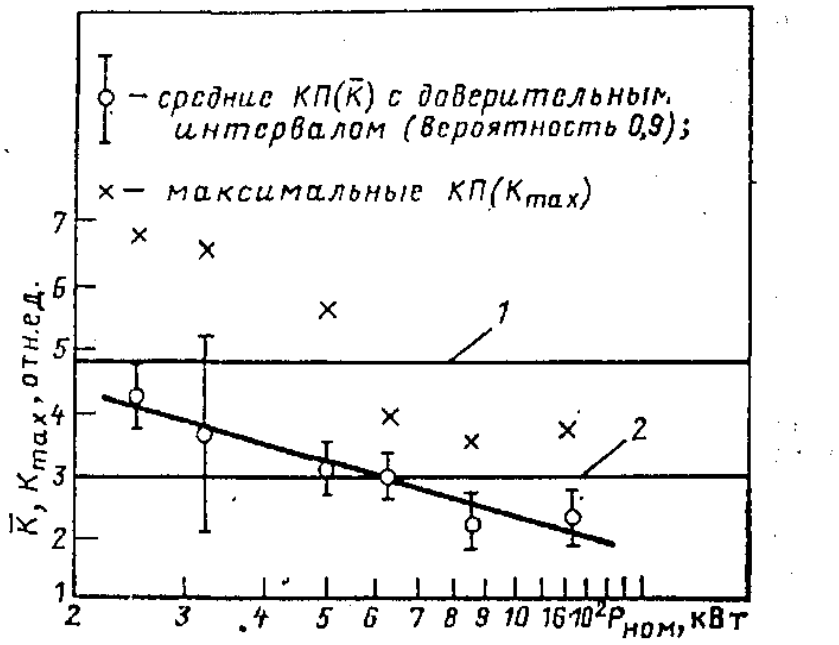


Рисунок 9.1 – Зависимость кратности КП от мощности нагрузки

На рисунок9.1. показаны гарантированные уровни импульсной прочности новой и бывшей в эксплуатации (100 тыс. ч и более) изоляции электродвигателей (соответственно линии 1 и 2). Как видно, при коммутации электродвигателей мощностью более 630 кВт КП, как правило, не превышают гарантированных уровней импульсной прочности изоляции статора. Однако анализ показывает, что при коммутации вышеуказанными типами выключателей двигателей мощностью более 630 кВт КП могут превысить гарантированный МЭК уровень импульсной прочности изоляции с вероятностью не более $5 \cdot 10^{-9.}$ Таким образом, вероятность повреждения изоляции мала и применение средств защиты от КП этом случае, целесообразно лишь как дополнительная мера.

Для электродвигателей мощностью 520 - 630 кВт вероятность превышения КП гарантированного МЭК уровня импульсной прочности изоляции статора составляет около $2\text{-}10^{-4}$. Применение средств защиты от КП для электроустановок с частыми коммутациями в этом случае целесообразно, тем более, что дополнительные затраты относительно

невелики.

В электродвигателях небольшой мощности (500 кВт и менее) КП, как правило, превышают гарантированные уровни электрической прочности изоляции, поэтому для них необходимы средства защиты от КП.

Таким образом, для двигателей в ряде случаев защита от КП необходима. Однако специальных устройств защиты от КП до недавнего времени серийно не выпускали, а существовавшие средства часто оказывались либо малоэффективными, либо неприемлемыми по тем или иным условиям. Так, вентильные разрядники, импульсное пробивное напряжение которых выше $4U_ф$ ($U_ф$ - действующее значение фазного напряжения сети), защиту двигателей от КП полностью не обеспечивают. Кроме того, габариты вентильных разрядников часто не позволяют разместить эти устройства в существующих распредустройствах. Уменьшение числа разрядных промежутков и защитного уровня разрядников приводит к снижению их надежности. Известны случаи, когда одновременное срабатывание разрядников в двух фазах приводило к их разрушению в результате межфазного замыкания.

Рассмотрим возможные схемы. Схема включения RC-цепей сзаземленнойнейтралью (рисунок9.1, *а*) нашла широкое применение за рубежом, однако такое подключение во многих случаях неприемлемо по условиям электробезопасности, так как приводит к увеличению тока однофазного замыкания на землю.

При этом спад допустимой длительности воздействия напряжения на ОПН до долей секунды приходится именно на диапазон напряжений, близких к номинальному линейному. В этих условиях, чтобы получить уровень ограничения всего лишь (2,0 - 2,1 $U_ф$), требуется надежно ограничить время воздействия на ОПН наибольшего линейного напряжения суммарным временем действия резервной ступени защиты подстанции, что не всегда возможно, а во многих случаях экономически нецелесообразно.

Если выполнять ОПН длительно выдерживающими наибольшее линейное напряжение, уровень ограничения будет не ниже (3,0 - 3,2 $U_ф$).

Вентильные разрядники типа РВРД, способные ограничивать и грозовые, и коммутационные перенапряжения, позволяют обеспечить лишь уровень 2,5 $U_ф$.Таким образом, сегодня для глубокого ограничения коммутационных перенапряжений нет альтернативы RC - ограничителям.

9.2 Техника безопасности при эксплуатации силовых трансформаторов

Задание на проектирование включает в себя разработку РЗ и А автотрансформаторной подстанции. При эксплуатации силовых трансформаторов обслуживающий персонал может подвергаться следующим видам опасности:

– опасность поражения электрическим током при обслуживании трансформатора под напряжением;

– опасность травмы при работе на высоте и при ремонте трансформатора;

– опасность возникновения пожара и взрыва в трансформаторе;

– опасность отравления из-за токсичности трансформаторного масла;

– опасность получения профессиональных заболеваний, связанных с повышенным уровнем шума при обслуживании трансформатора и др.

В связи с этим, более подробному рассмотрению представим вопросы, связанные с организационными и техническими мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ на трансформаторе, а в частности вопросы электробезопасности.

Кроме того, так как в качестве основного охлаждающего агента в силовых трансформаторах используется масло, необходимо рассмотреть вопрос организации масляного хозяйства и его экологические аспекты. В

качестве дополнительного рассмотрим вопрос защиты грунтовых вод на энергетических объектах.

Помимо вышеперечисленных мероприятий по контролю качества подземных вод и предотвращения их загрязнения, необходимо также осуществлять меры по «оздоровлению» грунтов после аварийных протечек масла на трансформаторных подстанциях или других энергетических объектах. Так как в результате таких протечек и инфильтрации грунтовые воды могут содержать слои нефти.

В настоящее время в мировой практике широко используется программа санации грунтовых вод на территориях трансформаторных подстанций, проект которых изначально не предусматривал поддонов для сбора протекающего масла. Программа санации содержит 3 стадии. На первой через скважины производится отбор масел с поверхности грунтовых вод (с использованием вакуумирования). На второй в грунтовые воды подается сорбент (гранулированный активированный уголь). На третьей осуществляются меры по защите грунтовых вод (например, путем обработки почв), поддоны устанавливаются на предварительной стадии. Общая продолжительность таких работ составляет не боле 4 лет.

9.3. Система пожарной безопасности.

Автоматическая установка газового пожаротушения предназначена для:

- обнаружения пожара;
- оповещения о пожаре;
- ликвидации пожара при получении сигнала от 2 пожарных извещателей;
- сигнализации о состоянии и работе системы.

Проект выполняется на основании технического задания на проектирование «Системы электроснабжения ЦОД» 248909.ЧТЗ.ЭМ.Автоматическая установка газового пожаротушения

выполнена на базе модулей газового пожаротушения МПДУ-150-100-12, обеспечивающих объемное тушение пожаров классаА, А1 и Е и предназначается для обнаружения, локализации и тушения пожара, в соответствии с ГОСТ 12.3.046-91, в защищаемом помещении и выдачи сигнала пожарной тревоги на пост охраны.

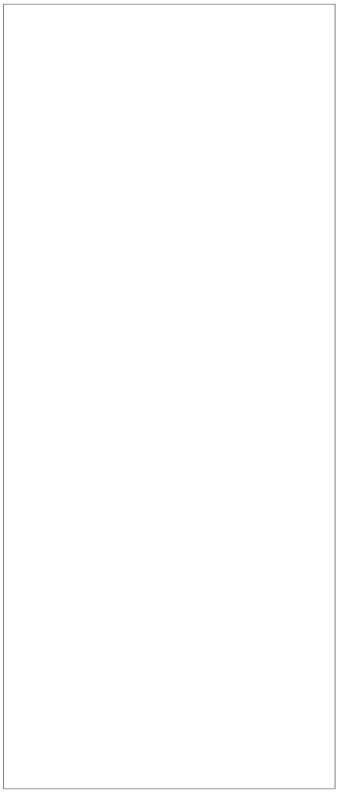


Рисунок 9.1 –Функциональная схема системы АУГПТ

Автоматическая установка газового пожаротушения состоит из следующих основных функциональных узлов и устройств:

- приборов приемно-контрольных пожарный и управления (ППКПУ) «С-2000-АСПТ» (устройство управления рабочей секцией с центральным процессором и встроенным источником резервного питания);
- линии (шлейфы) сигнализации с тепловыми пожарными извещателями;
- линии (шлейфы) сигнализации с ручными пожарными извещателями;
- линии (шлейфы) пуска батарей газового пожаротушения МПДУ 150-100-12;

- распределительных устройств ГОТВ
- линии контроля массы ГОТВ
- датчики открытия двери;
- датчики наличия давления в магистрали
- световые и звуковые оповещатели.

В части автоматизации и управления средствами пожаротушения система пожаротушения построена на основе комплекса С-2000, включающего в себя приборы приемно-контрольные автоматическими средствами пожаротушения С-2000 АСПТ, пульт управления С-2000М, блоки контрольно пусковые С-2000 КПБ и адресные расширители С-2000-4.

Принцип действия

Для эффективного тушения пожара выбраны батареи газового пожаротушения типа 2Б5 (БП1э) МПДУ 150-100-12

Батареи газового пожаротушения 2Б5 (БП1э) МПДУ 150-100-12 состоят из модулей МПДУ 150-100-12, заряженных углекислым газом, подключенных через рукав высокого давления (РВД) к трубопроводному коллектору. При подаче побудительного импульса на установку АУГПТ, запуск ее происходит в два этапа.

1). Пусковой электрический импульс подается на пиропатрон распределительного устройства необходимого направления. Горящие газы пиропатрона разрушают мембрану и открывают доступ ГОТВ к магистрали пожаротушения.

2). Пусковой электрический импульс подается на ЗПУ пускового (пилотного) баллона с азотом, давление которого по пневматическому пусковому трубопроводу подается на модули с ГОТВ и осуществляет из включение пневматическим способом.

Пуск батарей осуществляется импульсом тока не менее 100 мА, длительностью не менее 0,1 с.

Батареи газового пожаротушения устанавливаются в специально отведенном помещении.

Выбор пожарных извещателей для площадей (зон) защиты

Исходя из характеристики помещений, особенностей развития пожара, вида пожарной нагрузки, проектом предусмотрена установка тепловых пожарных извещателей.

В защищаемых помещениях установлено не менее трех пожарных извещателей в соответствии с [14].

В соответствии с [14] на путях эвакуации и выходов из защищаемых помещений установлены ручные пожарные извещатели.

Аппаратура управления

В качестве ППКПУ применено устройство «С-2000АСПТ».

Количество пожарных извещателей в шлейфе должно быть не менее двух.

Прием сигнала от пожарных извещателей осуществляется посредством контроля величины тока в цепях шлейфов сигнализации (ШС).

При срабатывании двух пожарных извещателей, на ППКПУ формируется сигнал «Пожар» и начинается 30-ти секундный отсчет задержки пуска модулей пожаротушения.

По окончании 30-ти секундной задержки, С-2000АСПТ формирует управляющий импульс током до 3А на запуск соответствующего направления пожаротушения.

При визуальном обнаружении пожара предусмотрена кнопка «Ручной пуск» на передней панели «С-2000АСПТ». Ручной запуск осуществляется нажатием кнопки «Ручной пуск» и поднесением к разъему, расположенному на боковой панели устройства, ключа индивидуального доступа (КИД) для соответствующего направления тушения.

10 ЭКОЛОГИЯ

Одним из главных факторов, влияющих на экологию, являются выделение вредных веществ, в процессе изготовления. Так процесс пайки сопровождается загрязнением парами свинца, окрашивания – парами различных растворителей. Для уменьшения влияния вредных факторов на работников и экологию производственные помещения должны быть оснащены местной вентиляцией.

В процессе эксплуатации системы возможен выход из строя отдельных элементов принципиальной схемы. Это требует их замены и утилизации отказавшего оборудования или его элементов, что может привести к дополнительному загрязнению внешней среды. При изготовлении проектируемого устройства понадобится материал для производства печатных плат.

Из проведенного анализа следует, что при изготовлении устройства контроля необходимо:

- исключить попадание агрессивных и вредных веществ на человека, для чего травление плат производится в хорошо проветриваемом помещении.
- пайку и лужение дорожек печатных плат производить в хорошо проветриваемых помещениях.
- отходы материалов, используемых в процессе изготовления, накапливать в специально отведенных для этого местах. [30]

11. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

На основании анализа полученной документальной информации, а также по результатам инструментальных измерений, анализом работы производства было определено, что основными направлениями снижения электропотребления на предприятии, являются:

– отключение трансформаторов с низким коэффициентом загрузки;

– установка частотно-регулируемых приводов в котельной котельной и в системе вентиляции;

– модернизация системы освещения.

Основной производственный комплекс относится ко второй категории энергоснабжения. В связи с этим, предлагается оставлять включенным в качестве источников питания по одному трансформатору в каждой подстанции. Данный режим применяется для времени минимальных нагрузок. Данная мера позволит снизить потери в трансформаторах. Необходимо заметить, что в связи с этим увеличатся нагрузочные потери в трансформаторах, остающихся в работе.

Из анализа работы приводов механизмов и насосного оборудования следует, что для рационализации работы электродвигателей необходима установка ЧРП.

Годовая экономия при замене электродвигателя в натуральном выражении составит до 40 % в год.

Для обеспечения надёжности работы рекомендуются преобразователи частоты следующих производителей: *Hyundai, Toshiba, Emotron, Siemens*.

Анализ состава системы освещения показал, что основными источниками света на предприятии являются светильники с лампами ДРЛ и люминесцентными лампами (ЛБ), но также присутствуют лампы накаливания (ЛН).

Лампы ДРЛ, хотя и относятся к разряду энергосберегающих ламп, но имеют относительно низкую светоотдачу и более высокое энергопотребление

по сравнению со светодиодными светильниками. Необходимо рассмотреть возможность их замены на более эффективные источники света. Для замены ламп ДРЛ рекомендуется использовать лампы типа ДНаТ, ДНаЗ, ДНаМт (натриевые, высокого давления) и МГЛ (ДРИ, ДРИЗ), которые обладают светоотдачей в 1,8 - 2,2 раза выше, а также светодиодные лампы. Для замены ламп ЛН - светодиодные лампы LED.

Для электроосвещения производственных и административных помещений приняты экономичные светильники с большим световым потоком.

Схема управления освещением предусматривает возможность как полного, так и частичного включения осветительных установок с учетом эксплуатации и технологического процесса.

Предусматриваемые технические решения по электроосвещению сокращают потребление электроэнергии на 20% от расхода на электроосвещение.[12]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте выполнен подробный расчет и выбор оборудованияцеха по производству светодиодных осветительных приборов. Также произведен расчет сети освещения. При выборе оборудования были учтены рекомендации НТП, ПУЭ, ПТЭ, а также использованы новые разработки в области энергетики.

Выбор оборудования преимущественно отечественного производства позволяет существенно уменьшить затраты на строительство и эксплуатацию.

Также в дипломном проекте рассмотрена работа схемы автоматического устройства для регулирования параметров микроклимата. Разработанная схема предусматривает ручное и автоматическое пропорциональное регулирование параметров микроклимата в помещении.

В дипломном проекте разрабатывается автоматизированная система управления температуры в камере запекания порошковой краски. Данная система в автоматическом режиме контролирует температуру и при снижении его ниже порогового значения включает отопление в камере. Разработана структурная и принципиальная схемы устройства а также произведена разработка программного обеспечения. Также было осуществлено моделирования работы спроектированной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1995. - 175с.
2. Проектирование электрического освещения: Учебное пособие / Н.А. Фалилеев, В.Г. Ляпин; Всесоюзный сельхозинститут заочного обучения. М.: 1989. - 97с.
3. Справочная книга по светотехнике/ Под ред. Ю.Б.Айзенберга. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 472с.
4. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Дата введения 2011-05-20
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2011г.г..- 648 с.
6. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общей ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т. 1. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 456с.
7. Карпов Ф.Ф. Как выбрать сечение проводов и кабелей. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1973. - 72 с.: ил.
8. Вентиляторы радиальные низкого давления ВЦ 4-70 http://kvz-kostroma.ru
9. Промышленные вести: http://promvesti-vrn.ru/content/chelovek-na-svoem-meste
10. Прищеп Л.Г. Учебник сельского электрика. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Колос, 1981. - 512с.
11. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1990. - 351с.
12. Ганелин А. М., Коструба С. И. Справочник сельского электрика. – М.: Агропромиздат, 1988. – 304 с.
13. Каталог информэлектро 06.10.08 -83. Щитки осветительные групповые ЯОУ-8501 - ЯОУ-8508.

14. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства / Под ред. И.А. Будзко. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 1982. - 319с.

15. Автоматизация производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах. /И. Ф. Кудрявцев, О.Б. Карасёв, Л.Н. Матюнина. – М.: Агрпромиздат,1985. – 223 с.

16. Водяников В.Т. Экономическая оценка средств электрификации с/х производства и сельской энергетики. – М.: Московский государственный агротехнический университет им. Горячкина, 1997. – 253 с.

17. Рыжов С.В. Комплекты оборудования для животноводства: Справочник. - М.: Агропромиздат, 1986. - 352с.

18. Кестер У. Аналогово-цифровое преобразование: Под ред. У. Кестера- М.: Техносфера, 2007. - 1016 с.; ил.

19. Интегральные микросхемы: Микросхемы для аналогово-цифрового преобразования и средств мультимедиа. Выпуск 1 – М. ДОДЭКА, 1996 г., 384 с.

20. LM317. 1.2V to 37V voltage regulator. datasheet.– stmicroelectronics, 1998.

21. Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров/А.-Й. К Марцинкявичюс, Э.-А. К. Багданскис, Р.Л.Пошюнас и др.; Под. ред. А.-Й. К Марцинкявичюса, Э.-А. К. Багданскиса.– М.: Радио и связь, 1988.-224 с.; ил.

22. Интегральные микросхемы: Микросхемы для линейных источников питания и их применение. Издание второе, исправленное и дополненное – М. ДОДЭКА, 1998 г., 400 с.

23. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

24. Типовые нормы времени на разработку конструкторской документации. – 2-е издание., доп. – М.: Экономика, 1991.– 44 с.

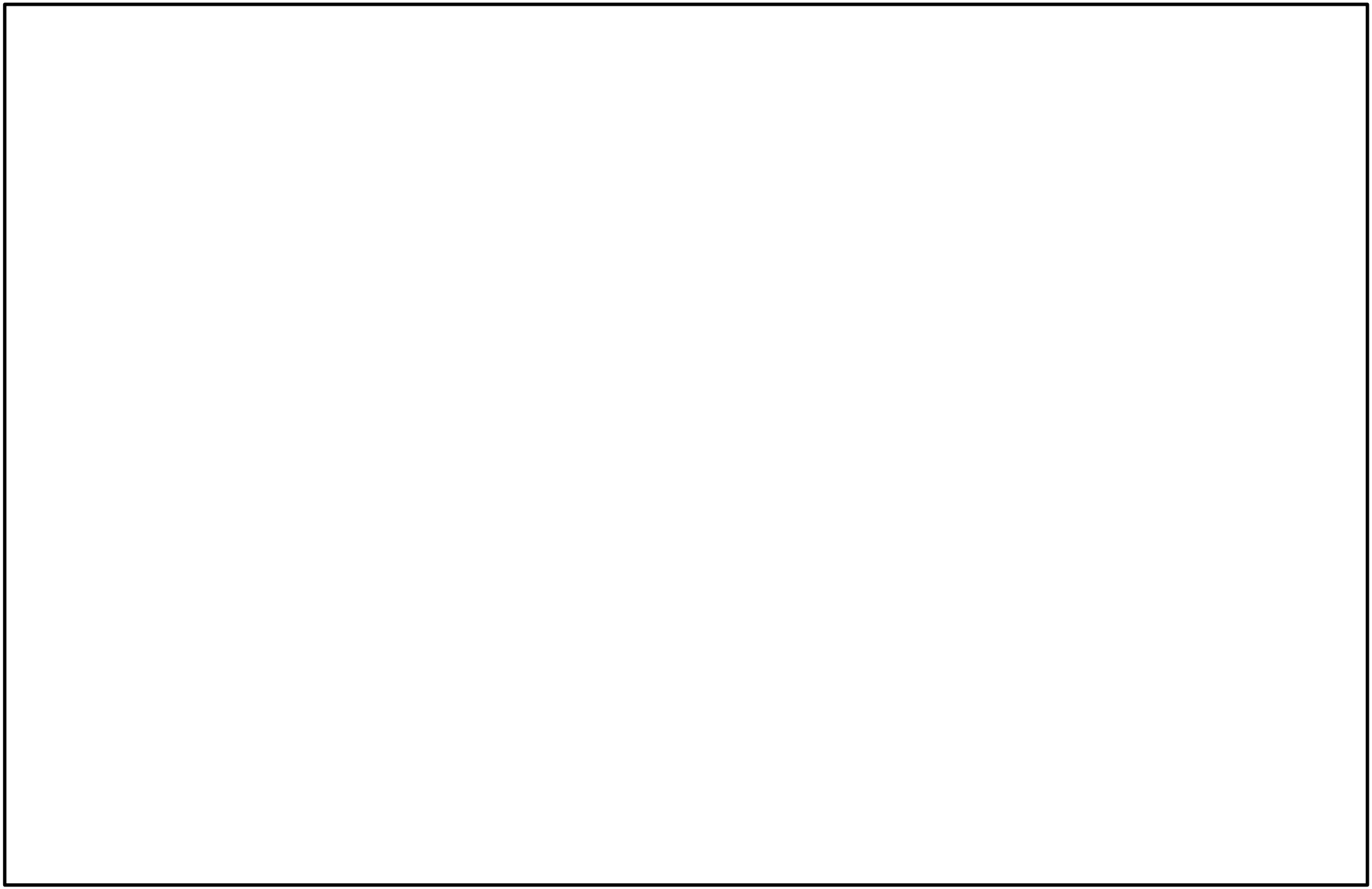
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

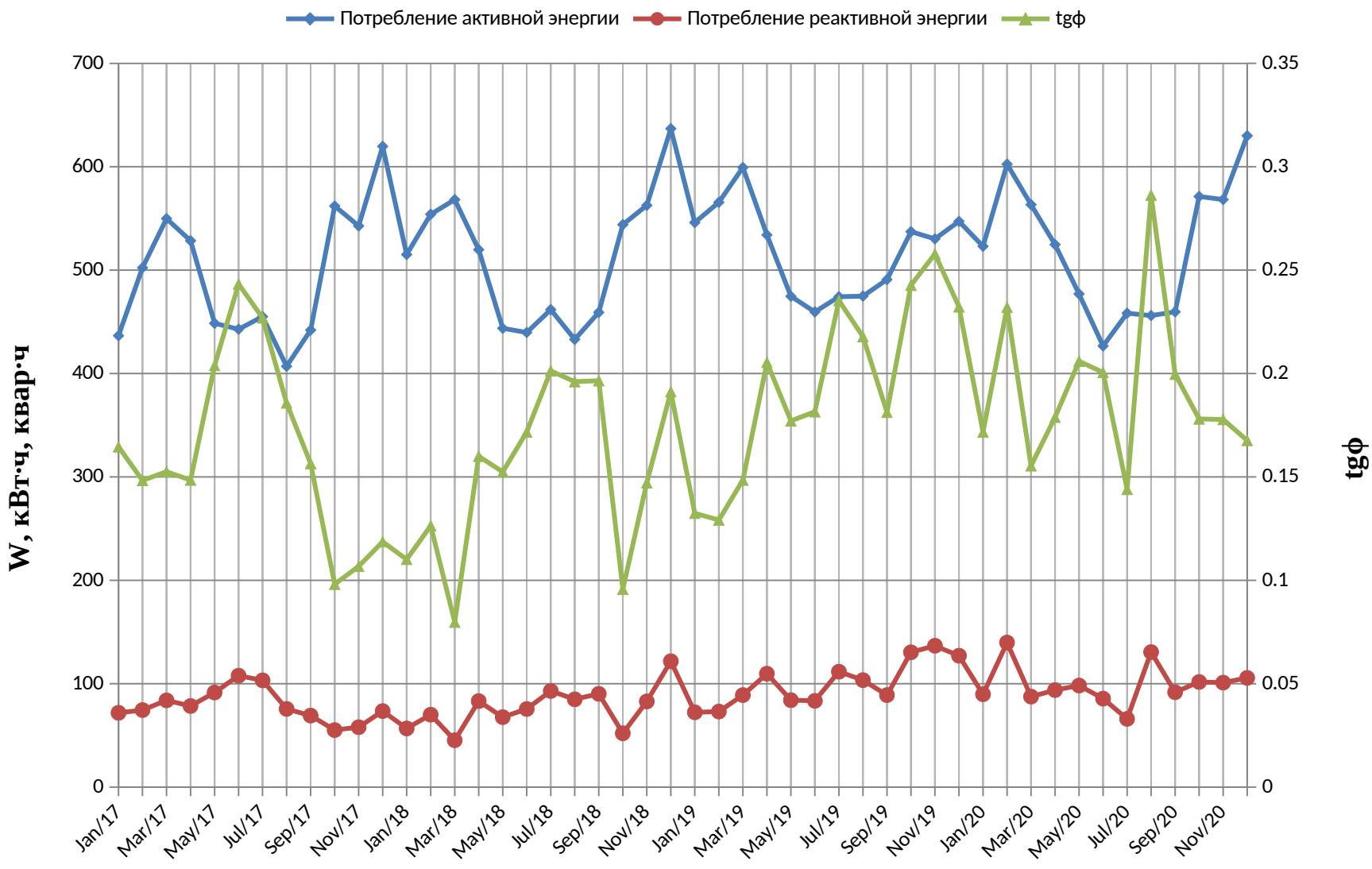
Таблица П1.1 Потребление электроэнергии за 2013-2016годы

Год	Потребление электроэнергии, кВт·ч												
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	за год
2013	436584	502344	549804	528396	448584	442848	454956	406956	441996	561960	542736	619728	5936892
2014	515088	553992	568176	519792	443700	439692	461844	433032	459108	544044	562608	636864	6137940
2015	546048	565656	599280	534060	474720	459552	474288	474864	490932	537228	530196	547140	6233964
2016	523080	602496	563292	524712	476928	426696	458376	456084	459636	571224	568296	629928	6260748

Таблица1.3 Затраты на электроэнергию за 2013-2016годы

Год	Затраты, руб.												
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	за год
2013	967862,9	1135744,8	1235159,2	1209237,6	1036789,9	1038159,1	1080084	948719,2	1055599,3	1350699,3	1276566,4	1496158,4	13830780,1
2014	1332342,6	1592364,2	1622241,4	1501230	1282204	1251339,2	1292529,7	1276946,9	1373601,7	1559857,2	1591760,4	1949291,4	17625708,7
2015	2227152,1	2267728,3	2466352	2237412,4	1816765,1	1382593,1	1336521,1	1343881,9	1504227,2	1665645,3	1643963,2	1630420	21522661,7
2016	1588114,7	1789945,8	1529391,3	1273711,7	1103857,3	1004759,6	1152940,3	1220892,2	1265566,1	1551585,2	1514749,5	1650949,4	16646463,1





РисунокП1.1Динамика потребления активной, реактивной энергии и изменения tgφс 2013 г по2016г

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Расчет нагрузок электрооборудования

Наименование Ру и элекро-приемников для ШРА	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	Рн, кВт	n	Рн.∑, кВт	Ки	cos φ	tg φ	m	Рсм, кВт	Qсм, квар	Sсм, кВ*А	nэ	Км	К'м,	Рм, кВт	Qм, квар	Sм, кВ*А	Iм, А
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Подпитка	2,2	3	6,6	0,35	0,5	0,73		2,31	1,686								
Кран	10	3	30	0,17	0,65	1,17		5,10	5,967								
MICRO1	14	2	28	0,14	0,5	1,73		3,92	6,782								
MICRO2	20,50	3	61,5	0,17	0,65	1,17		10,46	12,23								
MICRO3	25	3	75	0,17	0,65	1,17		12,75	14,92								
Автомат запаечный	17,5	2	35	0,4	0,65	1,17		14,00	16,38								
Пресс кривошипный	7,5	2	15	0,35	0,5	1,73		5,25	9,083								
Агрегатные горизонтально-сверлильные станки	9	2	18	0,17	0,5	1,73		3,06	5,294								
Автомат трехпозиционный высадочный	15	2	30	0,14	0,5	1,73		4,20	7,266								
Автомат резьбонакатной	4	2	8	0,17	0,65	1,17		1,36	1,591								
Автомат обрубной	5,5	2	11	0,35	0,7	1,73		3,85	6,661								
Станок	4	2	8	0,1	0,5	1,7		1,36	2,353								

виброголовочный				7		3											
Закалочная установка	25	1	25	0,14	0,8	0,75		3,50	2,625								
Клепальная машина	5	2	10	0,25	0,95	0,33		2,50	0,825								
Магнитный дефектоскоп																	
Итого		31	361,1				3	58,62	73,6616	94,1368	7	2,1	1,1	123,092	81,0277	147,367	216,716
Всего на ШНН								58,615	73,6616	94,1368				123,092	81,0277	147,367	
Потери														2,3	11,5	11,7	--
Всего на ВН														125,392	92,5277	159,067	--

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Для организации освещения будем использовать светодиодные светильники Оптолюкс-Скай-200[37]. Данный светильник специально разработан на отечественном предприятии «Оптоган» для эффективной замены морально устаревающих ламп ДРЛ-250/400. Предназначен для освещения промышленных и сельскохозяйственных помещений.

- Снижение энергопотребления в 2 раза по сравнению с газоразрядным аналогом
- Небольшая масса упрощает монтаж светильника
- При внедрении светильников на этапе строительства сокращаются затраты на подводимую мощность
- Снижение эксплуатационных расходов за счет длительного срока службы.



Рисунок П3.1 – Светильник Оптолюкс-Скай-200

Технические характеристики светильника представлены в таблице П3.2

Таблица П3.2 – параметры светильника Оптолюкс-Скай-200

Напряжение питания	~100 - 250 В
Потребляемая мощность	214 Вт
Габариты (диаметр х высота)	Ø300 х 364 мм

Световой поток (с учётом потерь в светильнике)	дневной белый 4000K/17250 лм
Рабочий температурный диапазон	от -40° С до +40° С
Эффективность	104 лм/Вт
Степень защиты	IP 65
Вес	3,8 кг
Угол расхождения светового потока	110°
Гарантийный срок эксплуатации	50000 ч

Кривые силы света представлены на рисунке П1.2

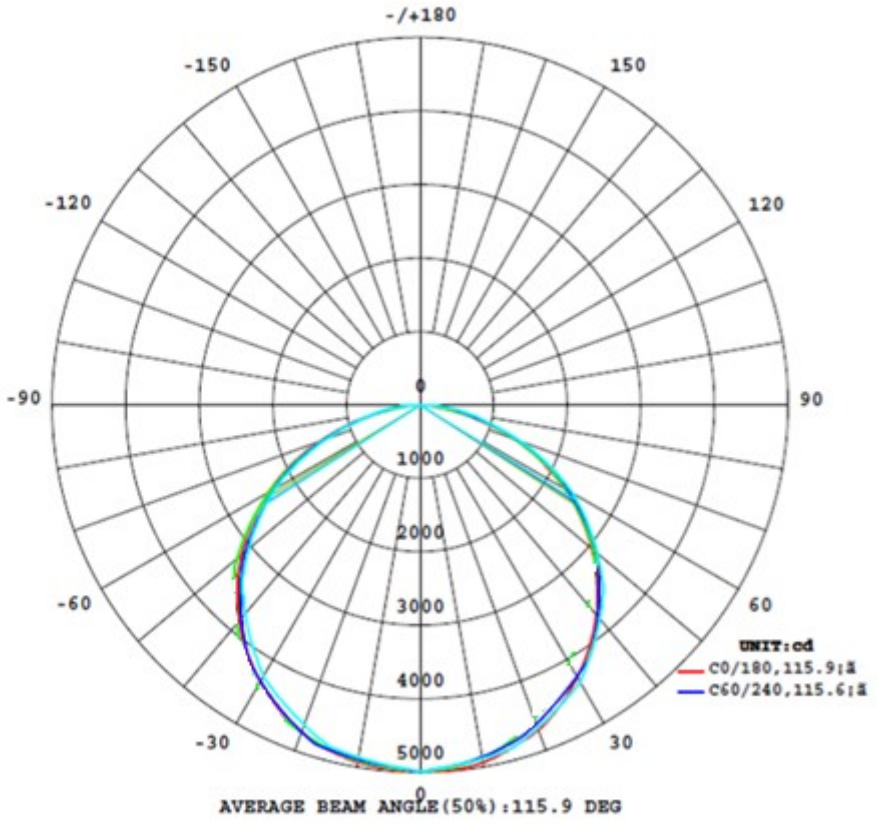


Рисунок П3.2 – кривые силы света светильника Оптолюкс-Скай-200
с0/180 – с60/240 – угол светораспределения

Для освещения бытовых помещенийбудем использовать светильники Оптолюкс-Лайн-120[38]. Данный светильник представляет собой Подвесной / накладной светодиодный светильник – аналог светильника с

люминесцентными лампами ЛПП 2х58 Вт. Предназначен для освещения производственных помещений, ангаров, автомобильных паркингов, спортивных залов, общественных помещений с интенсивным людским потоком – торговых залов, вокзалов, переходов. Светильник монтируется на подвесах или непосредственно на поверхность.

- эксплуатационных расходов за счет длительного срока службы.Высокая стойкость материалов к аммиаку позволяет использовать светильник в сфере животноводства и птицеводства
- При внедрении светильников на этапе строительства сокращаются затраты на подводимую мощность
- Снижение
- Отсутствие вредных веществ подтверждено сертификатом ЭС

Внешний вид светильника представлен на рисунке П1.3



Рисунок П3.3 – Внешний вид светильника Оптолюкс-Лайн-120

Таблица П3.3 – Технические характеристики светильника Оптолюкс-Лайн-120

Напряжение питания	~100 - 240 В
Мощность	40 Вт
Габариты (длина х ширина х высота)	1270 х 136 х 90 мм
Световой поток (с учётом потерь в светильнике)	нормальный белый 4000К/3200 лм
Рабочий температурный диапазон	от -40° С до +40° С
Эффективность	80 лм/Вт
Степень защиты	IP 65
Вес	3,5 кг
Угол расхождения светового потока	(110х130) ± 10°
Гарантийный срок эксплуатации*	5 лет

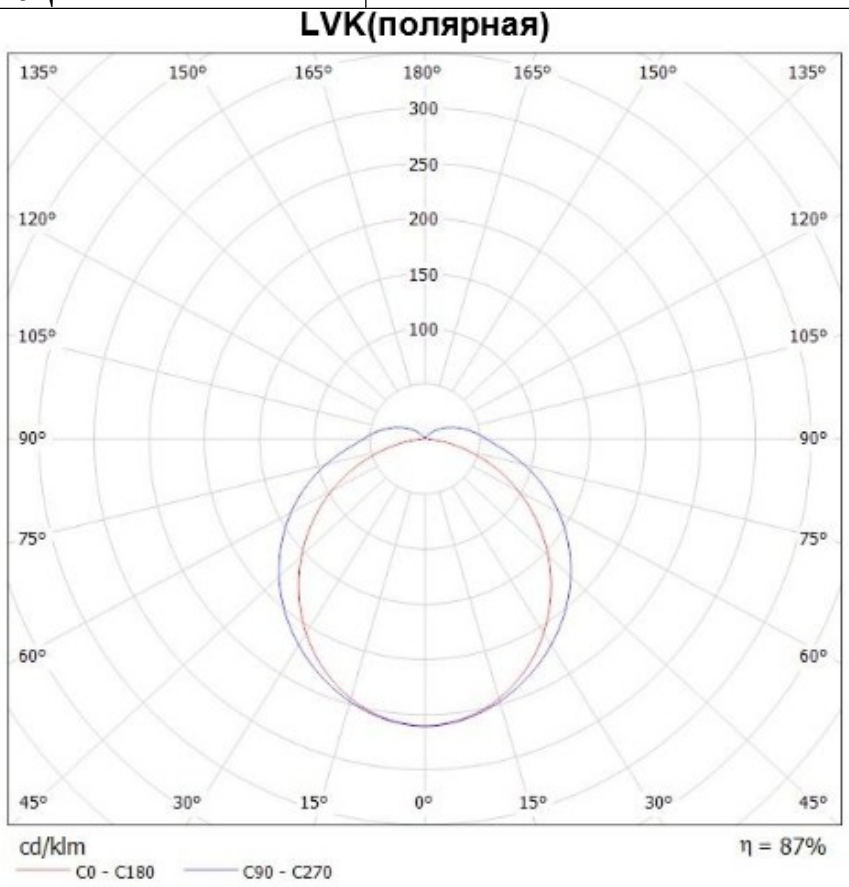


Рисунок П1.4 – Кривые силы света светильника Оптолюкс-Лайн-120

с0/180 – с90/270 – угол светораспределения

ПРИЛОЖЕНИЕ 4Расчёт надёжности

Инженерный расчет надежности на этапе проектирования позволяет определить уровень соответствия надежности разрабатываемого изделия заданным в ТЗ требованиям.

Требования по надежности обычно задаются значением одного или нескольких показателей:

- средней наработки на отказ *Tср*;
- вероятности безотказной работы в течение заданного времени
- коэффициента готовности *Кг*.

Если надежность изделия не удовлетворяет заданным требованиям, разрабатывают меры по повышению его надежности.

Инженерный расчет показателей безотказности на каждом этапе расчета основан на логико-вероятностном подходе с составлением структурной схемы надежности, которая отражает влияние состояния элементов, входящих в систему, на ее работоспособность.

Использование для измерений сложных электрических приборов определяют необходимость количественной оценки надежности и функционирования.

Опыт эксплуатации технических систем показывает, что механические воздействия (вибрация, удары, линейные ускорения), атмосферное давление, температура окружающей среды, режим работы элементов существенно влияют на надежностные характеристики элементов и изделия в целом.

При увеличении уровня внешних воздействий и более нагруженном режиме работы интенсивность отказов элементов, а значит и системы в целом, возрастает.

Реальные условия работы любого элемента, входящего в состав устройства, характеризуются воздействием на него большого количества внешних факторов, существенно изменяющих его надежностные характеристики:

- климатические;

- механические.

Кроме внешних факторов существенное влияние на надежностные характеристики элемента оказывает режим его работы, обусловленный схемотехническими и конструктивными особенностями его включения в состав устройства.

Надежность можно повысить в процессе конструирования следующими способами:

- Применением более надежных элементов;
- Снижение уровня электрической нагрузки элементов;
- Рациональным выбором номинальных значений, классов точности, их защита и защита всей конструкции от воздействия окружающей среды;
- Резервированием;
- Контролем качества проектирования и производства;
- Прогнозированием отказов с последующим профилактическим воздействием.

Количественными оценками надежности обычно служит вероятность безотказной работы средств измерения, средняя наработка на отказ, интенсивность отказов.

Под средней наработкой на отказ понимают среднее время, которое прибор проработает до отказа.

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что в определенных условиях в пределах заданной продолжительности работы отказов не возникает.

Так, как внезапные и постепенные отказы независимы, то

$$P(t)=P_B(t)*P_П(t)$$

где: $P_B(t)$-вероятность безотказной работы по отношению к внезапным отказам за время t, при условии, что внезапных отказов не было;

$P(t)$-вероятность безотказной работы;

Произведем расчеты интенсивности отказов ($\lambda_{БЛ}$, час$^{-1}$), средней наработки на отказ $T_{ср}$ (час) и вероятности безотказной работы P(t) для платы.

Данные о надежностных характеристиках элементов сведем в табл. 7.6.

7. Интенсивность отказов платы вычисляется по формуле:

$$\lambda_{БЛ} = \sum_{i=1}^{n} N_i \cdot \lambda_i ,$$

где N_i – количество элементов, λ_i – интенсивность отказов элемента.

Учет влияния неблагоприятных факторов на надежность осуществляется с помощью поправочных коэффициентов при расчете рабочей интенсивности отказов каждого элемента

$$\lambda_{pi} = \lambda_{0i} \cdot K_{мех} \cdot K_{вл} \cdot K_{давл} \cdot \alpha_t ,$$

где λ_{0i} – интенсивность отказов при нормальных условиях и номинальном режиме работы; $K_{мех}$, $K_{вл}$, $K_{давл}$- поправочные коэффициенты, учитывающие влияние механических нагрузок, влажности и пониженного давления на интенсивность отказов элементов; α_t- поправочный тепловой коэффициент, учитывающий влияние электрической нагрузки и температуры окружающей среды.

Результаты расчета рабочих интенсивностей отказов элементов системы сведены в таблицу.

Таблица П3.1 – Расчет надежности устройства

№	Наименование типа элементов	Число элементов n_i	Номинальная интенсивность $\lambda_{0i}(\cdot 10^{-6}$ 1/час)	K= $K_{мех}K_{вл}K_{дав}$	Режим эл. нагрузки			Интенсивность с учетом поправочных коэффициентов $\lambda_p(\cdot 10^{-6}$ 1/час)
					t°	$K_{наг}$	α	
1	Конденсатор керамический	13	1,4	1,8	0,6	0,7	0,24	3,302208
2	Конденсатор электролитически	2	2,4	1,8	0,65	0,6	0,64	2,156544

	й							
3	Резисторы непроволочные	17	0,5	1,8	0,5	0,5	0,42	3,4965
4	Транзисторы	6	3	1,8	0,5	0,3	0,4	1,944
4	Микросхемы цифр	3	0,2	1,8	0,5	0,5	0,8	1,656
	Микросхемы аналог	6	0,8	1,8	0,3	0,7	0,8	1,45152
5	Соединение штепсельное	6	0,002	1,8	0,6	0,3	0,3	0,0011664
6	Индикаторы	3	1,3	1,8	0,4	0,5	0,2	0,2808
7	Тумблеры	4	0,06	1,8	0,5	0,5	0,3	0,0324

Подставляя в формулу данные из таблицы ПЗ.1. получаем:

$$\lambda_{БЛ} = 14{,}32 \cdot 10^{-6} \text{ час}^{-1}$$

7. Средняя наработка на отказ:

$$T = \frac{1}{\lambda_{БЛ}},$$

$$T = 69826{,}75 \quad \text{часов.}$$

7. вероятность безотказной работы за время t, равное 5000 часам равно:

$$P(t) = e^{(-t \cdot \lambda_{БЛ})},$$

$$P(t) = 0{,}97 > P_{зад} = 0{,}95$$

Таким образом, расчет показал, что требования по надежности, предъявляемые к разрабатываемому прибору, выполняются

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Работа сПО

AVRStudio – это интегрированная отладочная среда разработки приложений для 8-разрядных RISC – микроконтроллеров семейств AVR (Tiny, Classic, Mega). Версия AVRStudio 4 объединяет средства управления проектами, текстовый редактор, Ассемблер и отладчик программ на языках Си и Ассемблер. Таким образом, AVRStudio 4 поддерживает проектировщика на стадиях разработки, отладки и верификации программного обеспечения. Кроме того, AVRStudio 4 поддерживает аппаратную платформу STK500, которая позволяет программировать все устройства AVR, и внутрисхемные эмуляторы ICE40, ICE50, ICE200, JTAGICE.

AVR Studio состоит из нескольких панелей и модулей, каждый из которых выполняет часть общей задачи. Создание программ в среде AVR Studio происходит в виде проектов, каждый из которых имеет файл, сохраняющий информацию о проекте и входящих в него файлах, установки Ассемблера, пользовательские настройки и т. д.

Описание: AtmelStudio 6 позволяет осуществлять разработку и отладку на платформах AVR, AVR32 и ARM, поддерживает большое количество средств программирования и отладки для этих платформ, содержит встроенный компилятор C/C++ (GNU GCC).

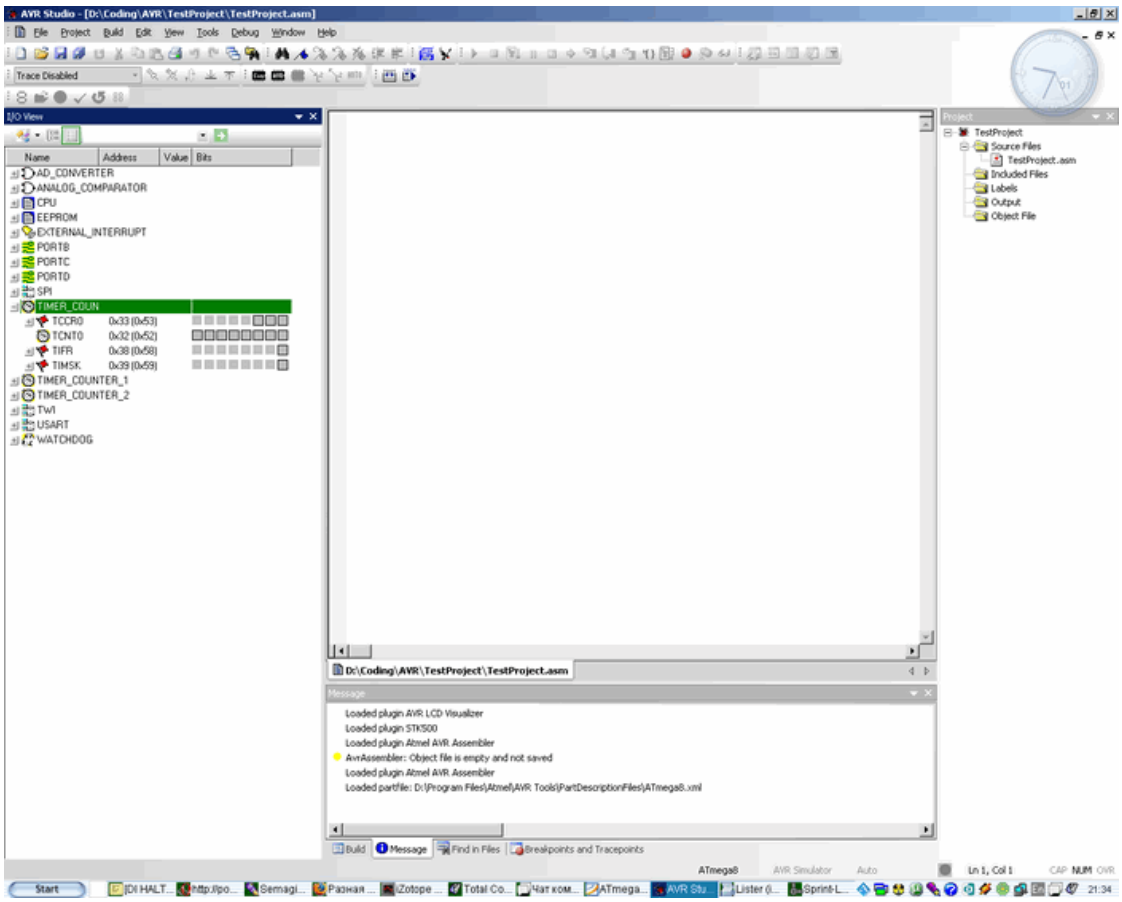


Рисунок П4.4 – Внешний вид программы AVRStudio

Редактор служит для написания программного кода, он полнофункционален, имеет подсветку синтаксиса, которая может быть изменена и дополнена пользователем. Окно редактора также используется при отладке, при этом точки возможного программного останова могут быть размещены на левой границе поля.

Рабочее пространство разделено на несколько областей, расположение и комбинации которых можно изменять. Основная часть рабочего пространства отведена для написания кода, а все остальные элементы для отображения состояния микроконтроллера в режиме пошаговой отладки. Таким образом, пока не будет запущена пошаговая отладка, эти элементы не активны.

Наиболее важными и полезными рабочими областями являются: «*Processor*», «*I/OView*», «*Memory*».

Рабочая область *Processor* отображает указатель команд, указатель вершины стека, частоту процессора, регистр SREG, а также 32 РОН во вкладке *Registers*. Регистры X, Y, Z, входящие в число 32-х регистров общего назначения, для удобства вынесены отдельно. Параметр StopWatch отображает время после включение питания контроллера (в данном случае это начало пошаговой отладки). С его помощью можно быстро определить сколько времени занимает та или иная команда, цикл и т.д.

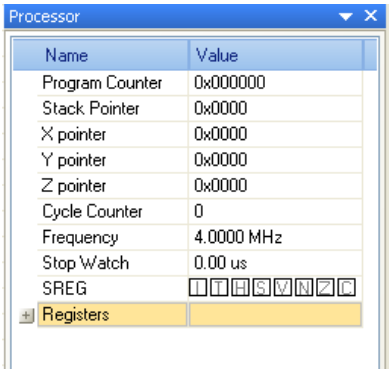


Рисунок П4.5 - Рабочая область Processor

Рабочая область *I/OView* отображает состояние всех регистров, отвечающих за управление периферийными устройствами контроллера. По каждому из устройств можно получить подробную информацию, если раскрыть соответствующую вкладку. Для примера рассмотрим вкладку TIMER_COUNTER_1 (вкладка была открыта во время пошаговой отладки).

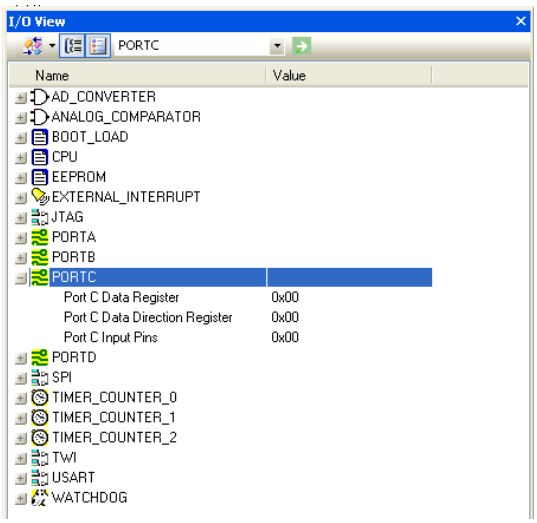


Рисунок П4.6 - Информация о периферийных устройствах микроконтроллера

При раскрытии списка TIMER_COUNTER_1 отображаются все регистры, имеющие отношению к данному таймеру, их адреса (относительные и абсолютные) и значения (в шестнадцатеричном и побитовом представлении). Значения этих регистров доступны для изменения во время отладки программы.

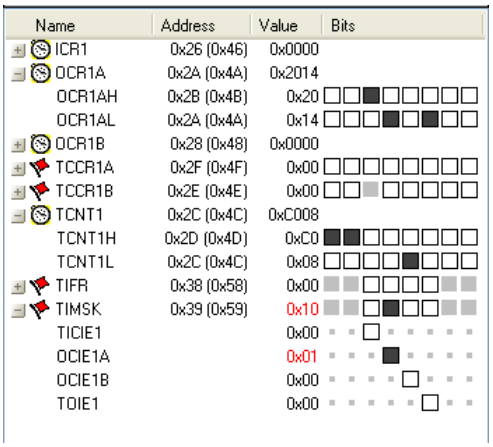


Рисунок П4.7 - Состояние таймера TIMER_COUNTER_1

Рабочая область *Memory*отображает содержимое памяти контроллера. На рисунке показано, что можно выбрать память данных (*Data*), память программ (*Program)б* EEPROM, регистров ввода/вывода (*I/O*), остальных регистров (*Register*).

В графе *Address* можно ввести адрес интересуемого сегмента памяти в шестнадцатеричном виде, чтобы быстро перейти к отображению его содержимого, что является весьма удобным средством при отладке программ.

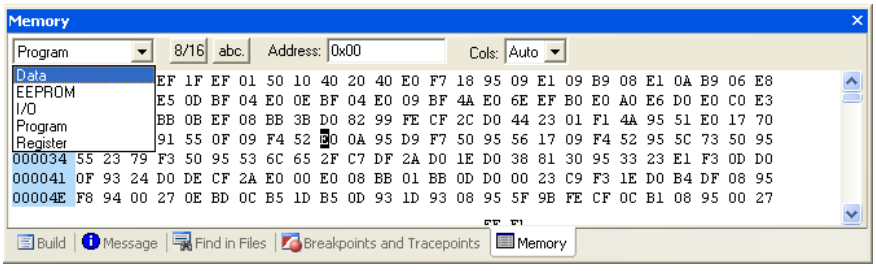


Рисунок П4.8 - Окно Memory

Далее рассмотрим некоторые функции, представленные на панели управления.

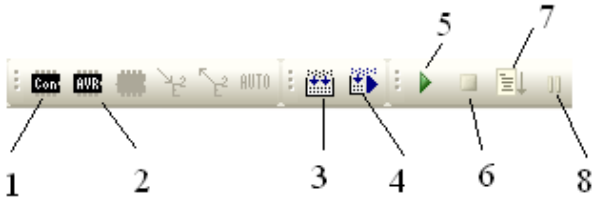


Рисунок П4.9 - Панель управления

1 – соединиться со стендом (в данном случае, STK500) через указанный COM-порт;

2 – запуск программатора;

3 – запуск компиляции приложения;

4 – сборка приложения и запуск пошаговой отладки;

5 – запуск работы приложения;

6 – останов исполняемой программы;

7 – исполнение программы до контрольной точки;

8 – пауза в исполнении программы.

Установка ПО

Для поддержки STK500 требуется AVRStudio версии П4.2 и выше. В приложении приведен загрузочный файл для версии П4.16.

Для инсталляции AVRStudio вставьте компакт-диск приложения в компьютер и скопируйте файл «AvrStudio416Setup.exe» в любую свободную папку на жестком диске, запустите.

В ходе инсталляции будем предложено ввести директорию, в которую будет устанавливаться AVRStudio. Для стабильной работы приложения, этот путь должен быть максимально простым, например, «C:\AVR\», и не должен содержать кириллические символы.

После установки AVRStudio создадим проект. Для этого нужно открыть вкладку «Project» и выбрать «NewProject». После этого откроется окно с выбором свойств проекта. Тип проекта определяет на каком языке будет написано приложение. В данной работе приведены приложения созданные только с использованием AtmelAVRAssembler. Для использования AVRGCC требуется дополнительно установить приложение WinAVR перед установкой AVRStudio. Также указывается имя проекта, имя исходного файла и расположение проекта.

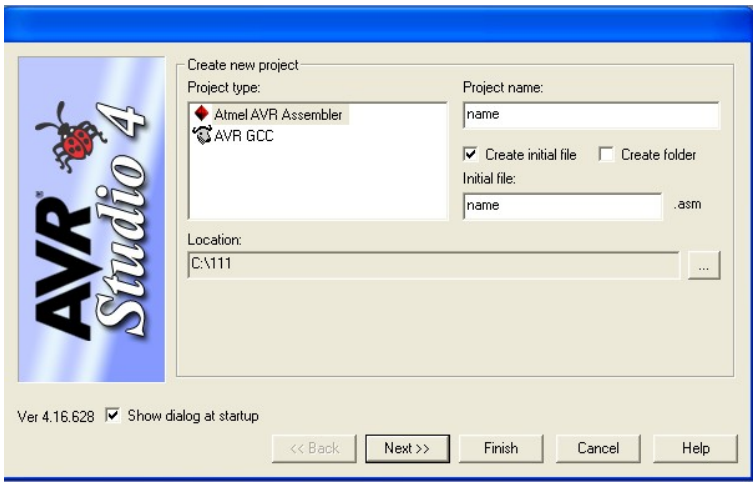


Рисунок П.1 - Окно «Создание проекта», а

После указания основных свойств проекта можно перейти далее и указать свойства проекта более подробно. В частности, предлагается указать отладочную платформу и наименование микроконтроллера. В данной работе использовался программный симулятор AVRSimulator и микроконтроллер ATmega16.

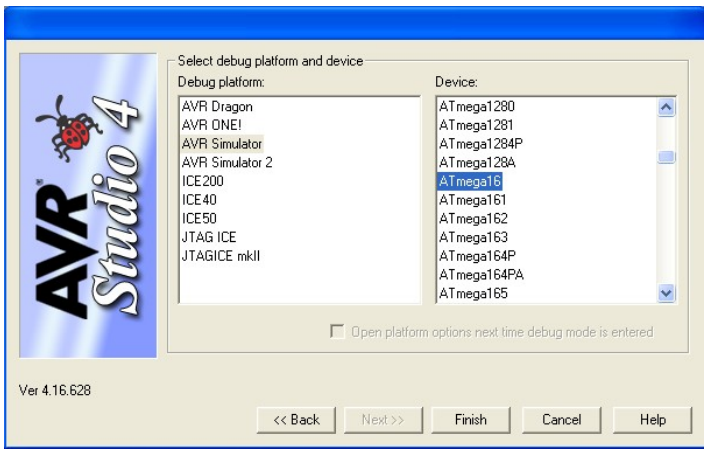


Рисунок П.2 - Окно «Создание проекта», б

Создание проекта завершено и можно переходить непосредственно к написанию и отладке программы.

Для того чтобы загрузить программу в микроконтроллер необходимо вызвать компиляцию программы на панели управления. Если в программе имеются ошибки, то их нужно устранить, в противном случае исполняемый файл не будет создан. Желательно, чтобы работы программы была предварительно проверена с помощью программного симулятора, так как количество числа стираний/записи в Flash-память микроконтроллера ограничено.

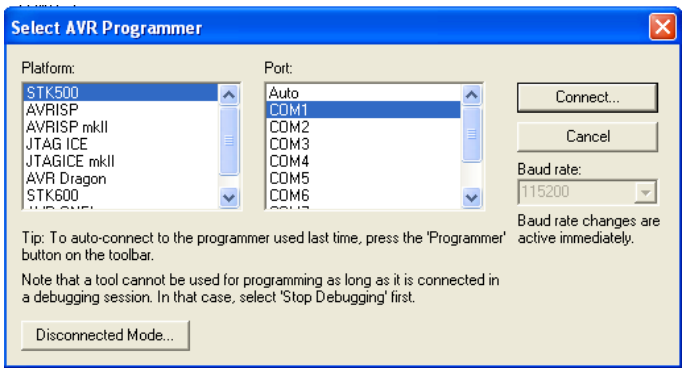


Рисунок П.3- Выбор используемых аппаратных средств

Далее нужно выбрать элемент «Connection» на панели управления. В раскрывшемся окне необходимо указать имеющуюся в наличии платформу (программатор) и номер COM-порта, к которому он подключен, после чего

нажать «Connect». Стоит отметить, что питание у стенда STK500 должно быть включено, иначе соединение не произойдет.

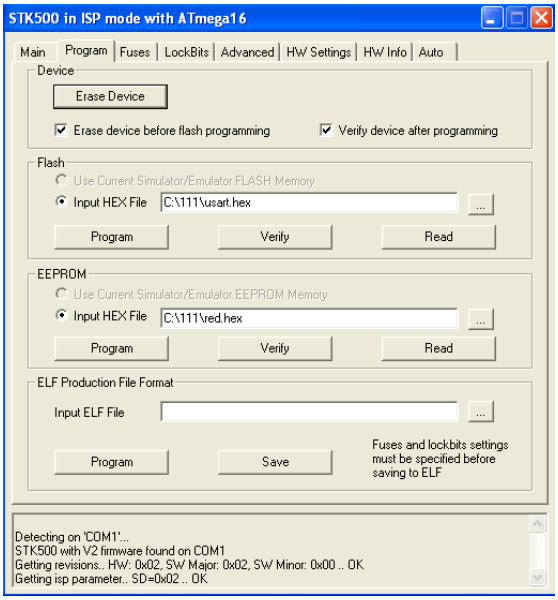


Рисунок П.4 - Настройки программатора

После соединения AVRStudio с платформой STK500 откроется окно программатора. Чтобы записать программу в микроконтроллер во вкладке Flash нужно выбрать исполняемый файл с расширением .hex. Важно отметить, что при смене проектов имена загружаемых файлов не меняются автоматически в строке адреса, а потому стоит внимательно проверять их при каждом запуске программатора.

Функция Verify позволяет проверить сохранность файла (выполняется проверка контрольной суммы). Функция Read позволяет считать файл, записанный в микроконтроллер ранее.

Для записи данных в EEPROM используется аналогичный набор функций.