

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Направление подготовки 150306 «Мехатроника и робототехника»
Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока

УДК 62.83.523:621.63.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E21	Бологов Андрей Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИКСУ	Каранкевич А. Г.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры МЕН	Хаперская Алена Васильевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Лиепиньш Андрей Вилнисович	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем
P3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы
Универсальные компетенции	
P6	Интегрировать знания в области анализа, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем со знаниями из смежных областей
P7	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в международной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности
P12	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Направление подготовки 150306 «Мехатроника и робототехника»
Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ИКСУ

(Подпись) (Дата) Лиепиньш А.В.
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8E21	Бологов Андрей Александрович

Тема работы:

Проектирование системы вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования и проектирования является система, позволяющая поддерживать необходимую температуру в помещении. Готовое устройство должно визуально отображать информацию о температуре в помещении и изменять скорость вращения вентилятора.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; соблюдение процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести обзор литературы. 2. Используя материал литературных и интернет источников, разработать структурную, функциональную, принципиальную электрическую схемы проектируемой системы калибровки магнитометра. 3. Произвести выбор необходимых элементов проектируемой системы. 4. Написать алгоритм для контроля работы системы.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна

Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
----------------------------	----------------------------

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.03.2016 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИКСУ	Каранкевич А. Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E21	Бологов Андрей Александрович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Направление подготовки 150306 «Мехатроника и робототехника»
Кафедра интегрированных компьютерных систем управления
Уровень образования – бакалавр
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2014/2015 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2016 г.
--	---------------

Дата контро-ля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2016 г.	Основная часть	75
25.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
01.06.2016 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИКСУ	Каранкевич А. Г.			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
ИКСУ	Лиепиньш А.В.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 89 с., 18 рис., 25 табл., 31 источника, 4 приложения.

Ключевые слова: СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, АТМЕГА.

Объектом исследования является проектирование вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока, который будет использоваться для вентиляции помещений без окон.

Цель работы – разработка вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока.

Результатом работы стал проект вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока для вентиляции помещений без окон.

Спроектированная система может применяться в различных отраслях, где необходимо поддерживать благоприятную температуру для человека.

Для работы над дипломным проектом использовались следующие программные приложения: Microsoft Office Word 2013, Splan 7, Atmel studio.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В работе используются следующие обозначения и сокращения:

ПО – программное обеспечение;

АД - асинхронный двигатель

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

МК – микроконтроллер;

НР – научный руководитель;

С – студент.

Содержание

Введение	12
1. Техническое задание	13
2. Проектирование вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока	17
2.1. Разработка структурной схемы проектируемого устройства	17
2.2. Разработка функциональной схемы системы	19
2.3. Выбор элементов для принципиально электрической схемы	20
2.3.1. Выбор микроконтроллера	20
2.3.2. Выбор устройство индикации	22
2.3.3. Выбор вентилятора	23
2.3.4. Выбор транзисторного мостового широтно-импульсного преобразователя	24
2.3.5. Расчет и выбор драйверов силовых ключей	25
2.3.6. Расчет трехфазного мостового выпрямителя	27
2.3.7. Тепловой расчет полупроводниковых приборов	28
2.3.8. Расчет фильтра	31
2.3.9. Выбор инфракрасного датчика	32
2.3.10. Выбор датчика тока	32
2.4. Разработка алгоритма работы программы микроконтроллера	33
2.5. Конструкторская документация	38
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	39
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
3.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	40
3.2. Исследование целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект	40
3.3. SWOT-анализ	42

3.4. Определение возможных альтернатив проведения исследований	43
3.5. Планирование научно-исследовательских работ	47
3.5.1 Структура работ в рамках научного исследования	47
3.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ	48
3.5.3. Составление календарного план-графика работ	53
3.5.4. Сетевой план-график выполнения проекта	55
3.5.5. Бюджет научно-технического исследования	57
3.5.5.1 Расчет материальных затрат НИИ	57
3.5.5.2 Расчет основной и дополнительной заработной платы	59
3.5.5.3 Расчет отчислений во внебюджетные фонды	61
3.5.5.4 Расчет накладных расходов	61
3.5.5.5. Формирование бюджета НИИ	62
3.6. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования	63
4. Социальная ответственность	68
4.1 Производственная безопасность	70
4.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	70
4.1.1.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света	70
4.1.1.2. Повышенный уровень шума	72
4.1.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряжённость электрического поля	73
4.1.1.4. Повышенная или пониженная влажность воздуха	74
4.1.1.5. Вредные вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания	75
4.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	76
4.2.1. Электрический ток (источник: ПК)	76

4.2.2. Термическая опасность (источником является паяльная станция)	77
4.3. Экологическая безопасность	77
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
4.4.1. Пожарная безопасность	78
4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
Заключение	82
Список литературы	83
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	

Введение

Свежий воздух – одно из неперенных условий нашей жизни. Человек ежедневно вдыхает 20 000 литров воздуха. Для нормального самочувствия и работоспособности нам нужен природный воздух[1].

К сожалению, предусмотренная в учебных аудиториях система не обеспечивает необходимый для нормальной жизнедеятельности воздухообмен. А после того как в строительстве начали широко применять герметичные стеклопакеты и монолитный бетон, современные дома стали походить на герметичные сосуды, не пропускающие внутрь себя ни глотка свежего воздуха.

Следствием плохой вентиляции являются чрезмерная влажность и конденсация влаги, затхлый воздух. Все это в той или иной мере ухудшает микроклимат помещений, в которых человеку приходится проводить большую часть своего времени.

С целью эффективного воздухообмена в помещениях без окон рекомендуется установка вентиляционного оборудования. Вентиляция помогает создавать и контролировать благоприятные условия для эффективной и здоровой жизнедеятельности человека (поддержание постоянной температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха). Применение автоматизированных решений обеспечивает более экономный расход электроэнергии, улучшает безопасность и эффективность работы вентиляции. Поэтому **целью выпускной квалификационной работы** является проектирование системы вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока для помещений без окон.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- составить структурную, функциональную и электрическую принципиальную схемы системы для автоматизации калибровки;
- произвести выбор компонентов для экспериментального макета системы;
- составить алгоритм.

1. Техническое задание

Назначение устройства.

Устройство предназначено для проветривания и поддержания температуры, благоприятной для работы и жизнедеятельности людей, находящихся в помещении без окон

Цели создания системы.

Целью создания является реализация в прототипе и отработки алгоритма работы устройства.

Описание устройства

Устройство представляет собой систему, в которую входит: микроконтроллер, преобразователь частоты с управлением от микроконтроллера, асинхронный электродвигатель, дисплей, вентилятор, инфракрасный датчик и датчики температуры (приложение А).

Наиболее эффективные возможности управления АД обеспечиваются одновременным использованием в качестве управляющего воздействия в канале регулирования скорости – частоты f_1 , а в канале регулирования потока – напряжения U_1 .

Широкое распространение получили способы частотного управления, основанные на законе поддержания постоянства соотношения между U_1 и f_1 . На рисунке представлены варианты интерпретаций различных законов управления [2]:

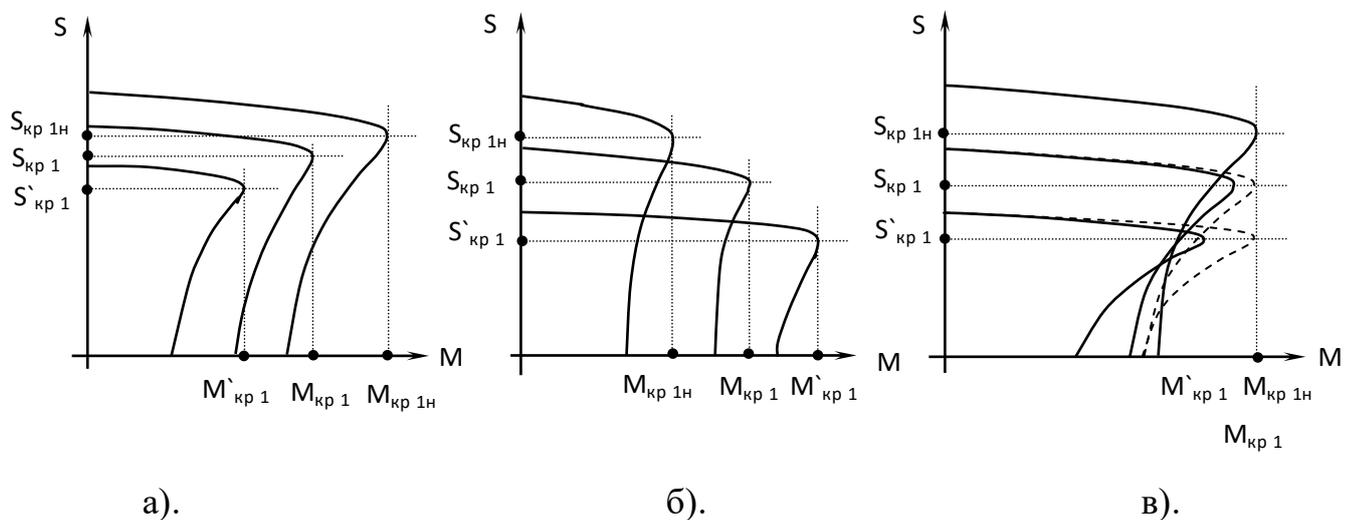


Рисунок 1 – Законы частотного управления скоростью АД

Закон регулирования $U_1/f_1 = \text{const}$ теоретически предполагает получение семейство характеристик с постоянным моментом, рис. 1 в, пунктирные линии. В реальных условиях активное сопротивление статора R_1 вызывает падение напряжения и происходит нарушение оптимальности регулирования. Для обеспечения требуемой точности следует компенсировать падение напряжения в статорной цепи.

Для быстродействующих регулируемых электроприводов с широким диапазоном регулирования, высокой точностью и хорошими энергетическими показателями весьма важно, чтобы преобразователь, питающий асинхронный двигатель, обладал малой инерционностью, двусторонней проводимостью и малым внутренним сопротивлением. Этим требованиям в полной мере отвечают реверсивные транзисторные преобразователи с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения, выполненные по мостовой схеме. Использование транзисторных преобразователей с широтно-импульсной модуляцией позволяет значительно улучшить характеристики электроприводов переменного тока.

В состав преобразователя входит:

- управляемый выпрямитель;
- фильтр;
- преобразователь выходного напряжения.

Преобразователя частоты состоит из двух основных блоков: управляемого выпрямителя и управляемого инвертора с блоками управления. Напряжение сети U_1 стандартной частоты f_1 подаётся на вход управляемого выпрямителя, преобразующего переменное напряжение U_1 в постоянное E_0 , величина которого регулируется выпрямителем.

Выпрямленное напряжение E_0 подаётся на вход инвертора, который преобразует его в трёхфазное регулируемое напряжение регулируемой частоты, поступающее на двигатель. Величина и частота выходного напряжения инвертора

регулируется блоком управления (микроконтроллером) в функции сигнала управления.

Инвертор состоит из шести транзисторов, работающих в ключевом режиме с условием, если верхний транзистор открыт, то нижний закрыт, и одного тормозного транзистора. Для исключения токов ЭДС самоиндукции в моменты коммутации и устранения обратных напряжений, параллельно IGBT транзисторам включаются быстродействующие диоды.

Силовыми ключами управляет микроконтроллер. Здесь используется широтно-импульсное регулирование, когда выходное напряжение формируется в виде импульсов переменной за период длительности, модулируемых по заданному закону, что позволяет снизить содержание высших гармоник. При нормальной работе инвертора происходит поочередное включение и выключение транзисторов VT2-VT7, а транзистор VT1 постоянно закрыт. Если же производим динамическое торможение, то все ключи закрываем, а на VT1 подаем управляющие напряжение, которое его открывает и через него на двигатель поступает постоянное напряжение. Когда двигатель остановится, микроконтроллер, который в свою очередь закроет ключ VT7. На рисунках 2 и 3 показаны сигналы управления силовыми ключами.

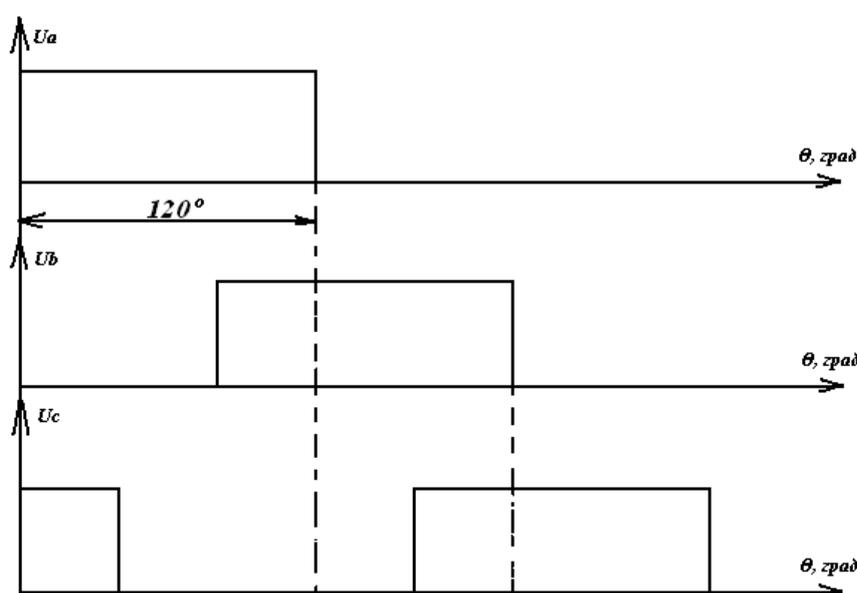


Рисунок 2. Управление транзисторами при вращении вперед.

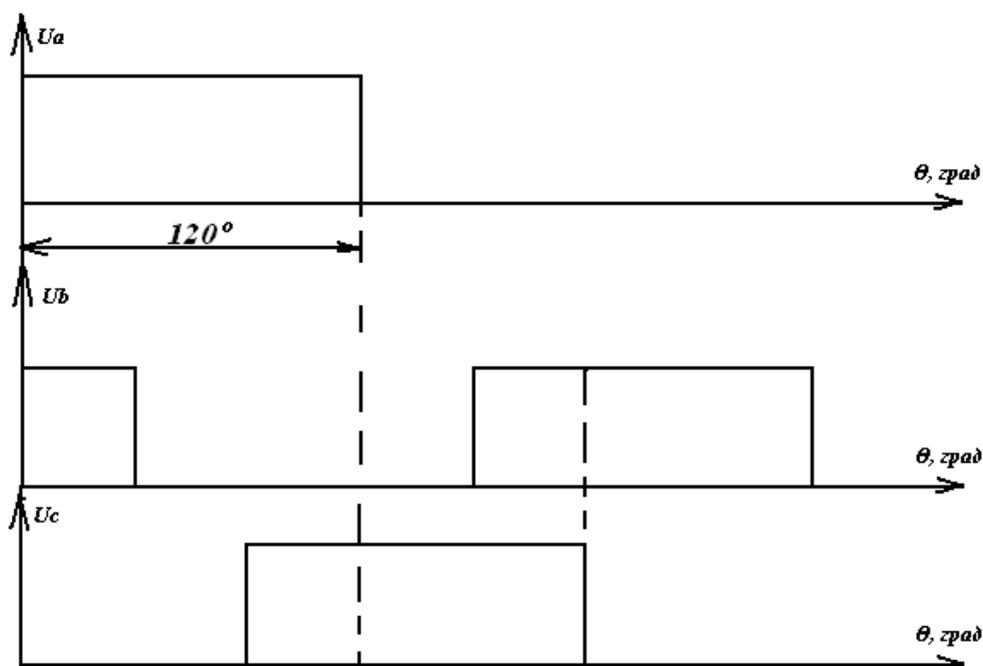


Рисунок 3. Управление транзисторами при вращении назад.

Для нормальной работы инвертора необходимо постоянно отслеживать ток звена постоянного тока, с этой целью ставится датчик тока, сигнал от которого поступает на микроконтроллер. И в случае аварии нижние транзисторы откроются и ток будет протекать по кратчайшему пути.

При возникновении режима генераторного торможения избыточная энергия идет на заряд конденсатора.

Включение и выключение происходит дистанционно за счет пульта. Настройка температуры, которую необходимо поддерживать в помещении, происходит также при помощи пульта

Описание алгоритма работы

Алгоритм должен обеспечить обработку полученной информации (комнатную температуру, ток на обмотках двигателя, сигналы с инфракрасного датчика) и обеспечить работу двигателя (частотно - амплитудное управление).

Исходные данные

Исходными данными являются размеры помещения.

2. Проектирование вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока

2.1. Разработка структурной схемы проектируемого устройства

Определим основные функциональные части элементов системы, их назначение и взаимосвязи. Составим структурную схему проектируемой системы [3].

Графически данная схема показана на рисунке 4.

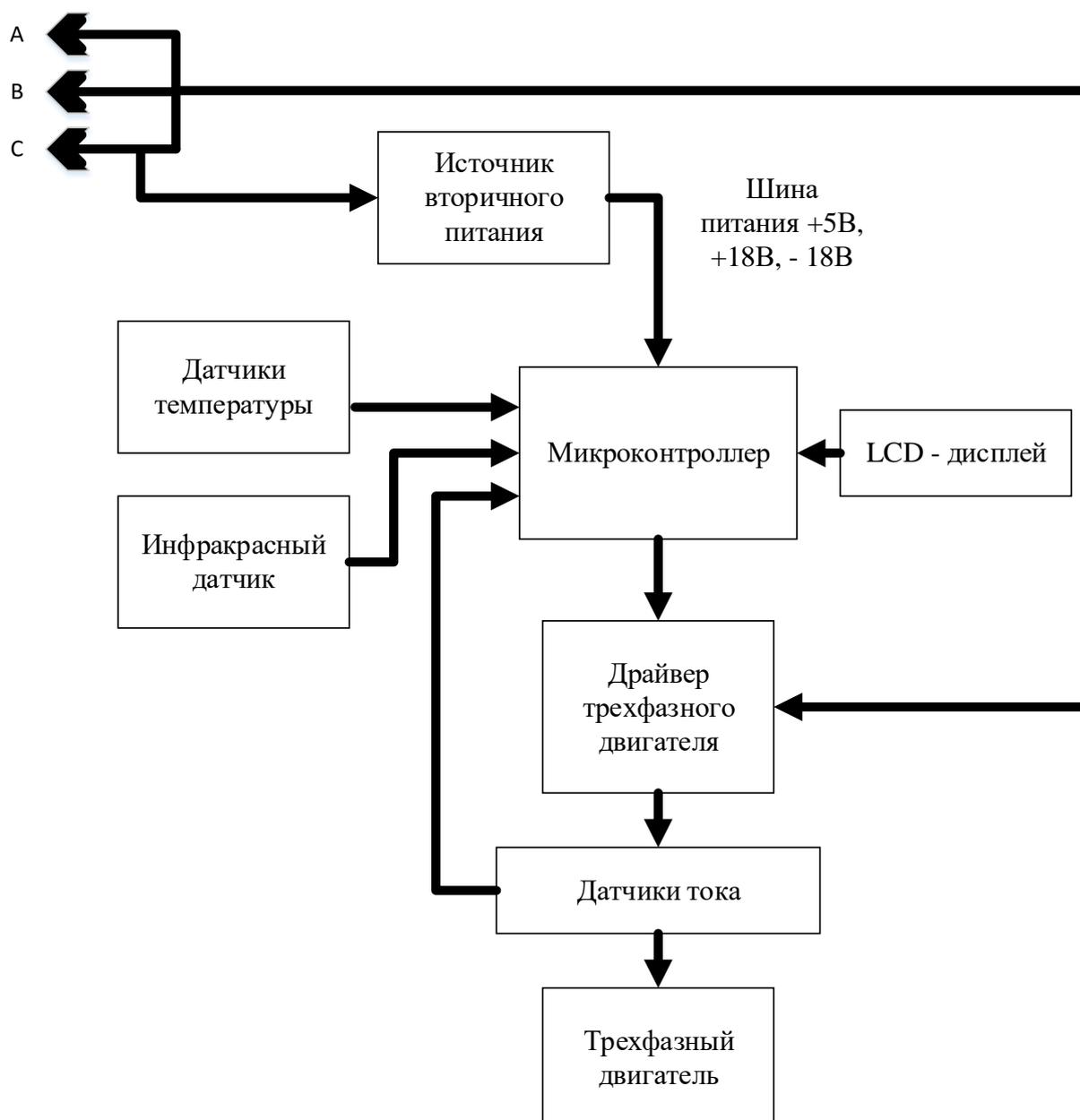


Рисунок 4. Структурная схема системы

Для большего понимания устройства работы схемы, необходимо пояснить принцип работы каждого блока, его назначение, чтобы ориентироваться на дальнейший выбор конкретных типов устройств и их параметров.

Блок источника вторичного электропитания.

Блок устройства, предназначенного для обеспечения питания электроприборов электрической энергией путём преобразования энергии других источников питания. В качестве другого источника выступает сеть переменного напряжения 220В.

Блок микроконтроллера.

Специальная микросхема, предназначенная для управления различными типами электронных устройств. Микроконтроллер имеет в своём составе процессор, память, ПЗУ и периферию внутри одного корпуса. В создаваемой системе предполагается использовать микроконтроллер как устройство управления асинхронным двигателем. Управление будет происходить следующим образом: в системе установлен инфракрасный датчик, который может принимать сигналы с пульта управления: включение/выключение, увеличение/уменьшение заданного значения температуры. При помощи АЦП микроконтроллера измеряются показания с датчиков температуры, которые сравниваются с заданным значением температуры. После математических операций в микроконтроллере над значениями, происходит регулирование частоты вращения асинхронного двигателя.

Блок драйвера трехфазного двигателя.

Драйвер трехфазного двигателя представляет собой мощную схему питания обмоток двигателя, регулирующей действующее напряжение на них.

Блок трехфазного двигателя.

Асинхронный электродвигатель осуществляет вращение вентилятора по/против часовой стрелки с определенной частотой вращения, в зависимости от управляющего сигнала с микроконтроллера.

Блок датчиков температуры.

Электрический аппарат, служащий для снятия показаний температуры в помещении.

Блок LCD - дисплея

Блок устройства, предназначенного для индикации и визуальной настройки температуры.

Блок датчика тока

Блок устройства, предназначенного для организации защиты от сквозных и недопустимых токов перегрузки через IGBT с обратным диодным мостом.

Блок инфракрасного датчика

Блок устройства, предназначенного для приема управляющего сигнала с пульта. Пульт предназначен для включения/выключения системы и задания поддерживаемой температуры.

2.2. Разработка функциональной схемы системы

Функциональная схема работы представлена на рисунке 5.



Рисунок 5. Функциональная схема

Для того, чтобы составить функциональную схему системы, необходимо выполнить анализ, заключающийся во взаимосвязи составных частей, используемых для конечного устройства. Все составляющие функциональной схемы выбираются на основе полученной структурной схемы в пункте 2.1.

2.3. Выбор элементов для принципиально электрической схемы

2.3.1. Выбор микроконтроллера

При работе вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока используется АЦП микроконтроллера, который считывает показания датчиков температуры в помещении. Устройство, имеющее в своём составе АЦП, а также необходимое количество входов-выходов (24 ножки подключения) для управления остальными устройствами системы – это микроконтроллер [4].

Контроллер должен иметь тактовую частоту, не ниже чем 8 МГц, RAM-память, не менее, чем 5 Кбайта, объём EEPROM должен составлять 512 байт.

Составим сравнительный анализ микроконтроллеров и сведём его в таблицу 1.

Таблица 1 – Выбор микроконтроллера для проектируемой системы.

	Микроконтроллеры серии Atmega	Микроконтроллеры серии PIC	Микроконтроллеры серии Arduino
Язык программирования	C++	Assembler	C
Среда программирования	Atmel Studio	MPLab	Visualmicro, Fritzing
Совместимость с периферией	+	+	+

Основным критерием при выборе микроконтроллера для создаваемой системы является простота использования для решения поставленных задач (с точки зрения быстродействия, объема памяти, энергопотребления и др. критериев можно использовать практически любой современный микроконтроллер). Из практических соображений стоит выбрать микроконтроллер серии Atmel, т.к. работа с подобными микроконтроллерами уже осуществлялась, есть навыки работы в среде AtmelStudioV6.2 на языке C++. Более того, микроконтроллеры AVR фирмы

Atmel наиболее просты в обращении и программировании не только для человека с опытом программирования, но и для начинающего.

Составим сравнительный анализ микроконтроллеров фирмы Atmel и выберем один из них, который будет использован для проектирования системы.

Таблица 2 – Сравнительный анализ микроконтроллеров фирмы Atmel

	Atmega 8	Atmega 16A	Atmega 32
Разрядность (бит)	8	8	8
Максимальная тактовая частота, МГц	4	16	16
Количество портов ввода-вывода	28	40	40
Объём RAM-памяти (Кбайт)	1	16	32
Объём EEPROM-памяти (байт)	512	512	1024

Для проектируемой системы подходит микроконтроллер Atmega 16A (для ПЧ)[5] и Atmega 8 (для пульта управления)[6], так как он удовлетворяет необходимым техническим требованиям. Также, для прошивки микроконтроллеров Atmega не требуется сложного специализированного оборудования: данная задача решается программаторами для Atmega, благодаря которым можно записать/считать информацию в постоянное запоминающее устройство микроконтроллера. Отладку работы микроконтроллера удобнее производить с помощью специальной отладочной платы PinboardII, используемую многими радиолюбителями и профессионалами и являющуюся разработкой команды сайта *easyelectronics.ru*.

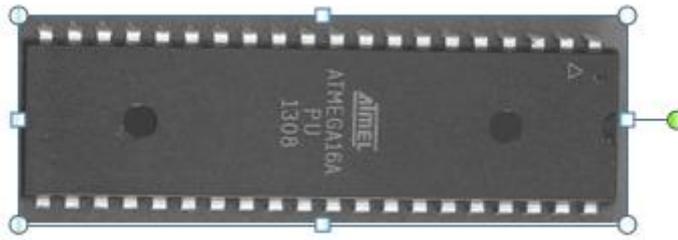


Рисунок 6. Микроконтроллер Atmega16A

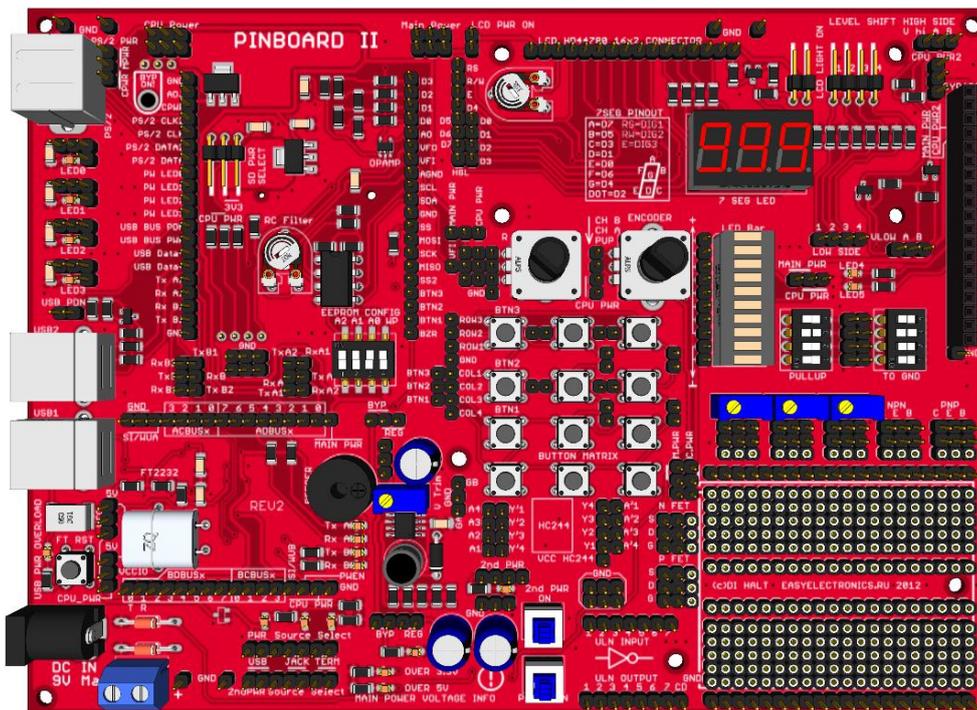


Рисунок 7. Отладочная плата Pinboard II

2.3.2. Выбор устройство индикации

Данное устройство должно осуществлять функцию вывода информации на экран в виде цифр и букв. Устройство индикации должно отображать 26 символов.

Применительно к проектируемой схеме, в роли устройства отображения информации может выступать одно из следующих устройств:

- семисегментный индикатор;
- жидкокристаллический дисплей;
- информационное табло;

Проанализируем и составим таблицу сравнения для выбора одного из элементов вышеперечисленных классов устройств.

Таблица 3 – Сравнительный анализ устройств отображения информации

	7- сегментный индикатор	Жидкокри- сталлический дисплей	LCD - дисплей
Цена, руб.	200	700...900	100
Тип отображаемой информации	Цифробук- венная	Цифробук- венная	Цифробу- квенная
Требуемое количество входов для передачи информации	14	16	8
Количество отображаемых символов	3	16	32
Возможность подстройки яркости	–	+	–

Для отображения температуры в помещении достаточно трех символов, поэтому мы используем LCD - дисплей - LCD1602 [7].

2.3.3. Выбор вентилятора

Мы используем вентилятор на асинхронном двигателе, простотой в обслуживании, эксплуатации, простотой конструкции, низкой стоимостью (по сравнению с ДТП и синхронным двигателем) и высокой надежностью.

Помещение объемом 80 м^3 нам необходимо проветривать за 20 минут, следовательно нам необходим вентилятор с производительностью не меньше $240 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Составим сравнительный анализ вентиляторов и сведём его в таблицу 4.

Таблица 4 – Выбор вентилятора для проектируемой системы.

	VENT 100L	КВКр-125	КВКр-100
Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$.	290	360	248
Мощность двигателя, Вт.	80	90	88
Цена, руб.	3200	2900	2300

Выбираем вентилятор КВКр-100, так как удовлетворяет нужной производительности и по самой низкой цене [8].

2.3.4. Выбор транзисторного мостового широтно-импульсного преобразователя

В настоящее время в системах управления двигателями наиболее широко применяются мощные полностью управляемые транзисторные ключи: биполярные с изолированным затвором (IGBT), а также силовые модули на их основе. IGBT лишены основных недостатков биполярных (BJT) транзисторов [9]:

- IGBT управляются напряжением, а не током, в связи с чем снижается потребление энергии по цепи управления;
- IGBT обладают лучшими частотными характеристиками по сравнению с биполярными (BJT) транзисторами, допускается работа на частотах переключения до 15 кГц .

Силовые модули обычно используются в цепях преобразователей переменного напряжения в постоянные (конвертеры) и постоянного напряжения в переменное (инверторы).

Максимальный ток через IGBT ключи [10]:

$$I_{c \max} = \frac{P_{\text{дв.н.}} * k_1 * k_2 * \sqrt{2}}{n_{\text{дв.н.}} * \cos(\varphi) * \sqrt{3} * U_{\text{дв.н.}}}$$
$$I_{c \max} = \frac{88 * 1.2 * 1.15 * \sqrt{2}}{0.97 * \cos(60) * \sqrt{3} * 380} = 0.3 \text{ A.}$$

где $P_{\text{ном}}=88$ – номинальная мощность двигателя, Вт; $k_1=1,2-1,5$ – коэффициент допустимой кратковременной перегрузки по току, необходимой для обеспечения динамики ЭП. Принимаем $k_1=1,2$; $k_2=1,1-1,2$ – коэффициент допустимой мгновенной пульсации тока. Принимаем $k_2=1,15$; $\eta_{\text{ном}}=0.97$ – номинальный КПД двигателя.

Ключи IGBT выбираются с постоянным (номинальным) током коллектора $I_c \geq I_{c \max}$.

В качестве силового модуля выбираем интеллектуальный силовой IGBT-модуль BSP 280, рассчитанный на ток 0,5 А. и напряжение до 1000В= В [11]. Обратный диод выбираем BAX 280 основываясь на datasheet IGBT BSP 280 [12].

2.3.5. Расчет и выбор драйверов силовых ключей

Драйверы ИР являются наиболее быстродействующими по сравнению с аналогичными устройствами известных фирм-производителей.

Представляет интерес "интеллектуальный" опторазвязанный драйвер HCPL-3150 (рисунок 8)[13], предназначенный для управления модулями IGBT 0.5 А, 1000 В. Устройство оснащено системой защиты от недонасыщения ключа, блокировкой выключения при выходе напряжения питания за допустимые пределы и каналом опторазвязанной обратной связи для выставления флага останова.



Рисунок 8. HCPL 3150

Драйвер имеет двухступенчатую структуру: первая ступень является сигнальной и через нее осуществляется обмен данными, вторая - силовой и предназначена для управления затвором и считывания сигнала защиты (недонасыщения и снижения напряжения питания) силового ключа. Триггер останова осуществляет запрет прохождения импульсов управления во вторую ступень драйвера. Сигнал с выхода фотоприемника поступает на вход парафазной схемы управления выходным двухтактным каскадом, имеющим биполярно-полевую конфигурацию. При такой схеме построения выходного каскада достигается высокий коэффициент передачи по току при отпирании и режим Soft Turn-Off при запираии. За счет одновременного срабатывания MOSFET их суммарное сопротивление в открытом состоянии неодинаково, что дает возможность изменения постоянной времени разряда входной емкости IGBT. Монитор напряжения питания осуществляет перевод цепи затвора в состояние низкого уровня выходного напряжения. Монитор напряжения насыщения силового ключа дает команду на выключение за счет одновременного отпирания MOSFET выходного каскада и передает через оптопару сигнал останова в первую ступень и во внешние устройства (каскад с открытым коллектором).

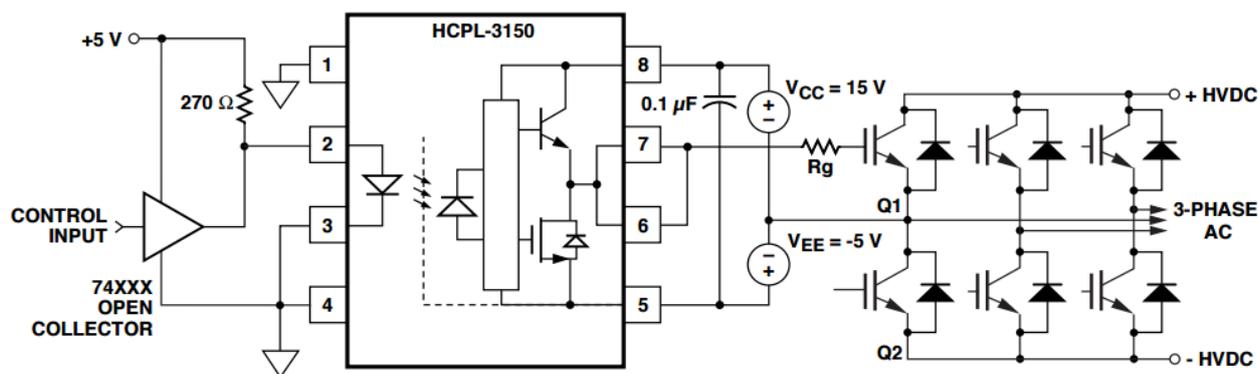


Рисунок 9. Электрическая схема HCPL-3150

2.3.6. Расчет трехфазного мостового выпрямителя

Максимальное значение среднего выпрямленного тока [4]:

$$I_{dm} = \frac{\frac{\sqrt{3} * I_{c.max} * U * \cos\varphi}{\sqrt{2}} + n * P_T}{U_{cc}}$$

$$I_{dm} = \frac{\frac{\sqrt{3} * 0.25 * 380 * 0.86}{\sqrt{2}} + 6 * 0.346}{513} = 0.236 \text{ A}$$

где $n = 6$ – количество пар транзисторов и диодов в преобразователе;

Максимальный рабочий ток тиристора [4]:

$$I_{vm} = k_{cc} * I_{dm} = 1.045 * 0.236 = 0.247 \text{ A.}$$

где $k_{cc} = 1,045$ – коэффициент для мостовой трехфазной схемы.

Максимальное обратное напряжение тиристора для мостовой схемы:

$$U_{vm} = k_{з.н} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{дв.н} \cdot k_{с.н} \cdot k_c + \Delta U_{\Pi} = 1.2 \cdot \sqrt{2} \cdot 380 \cdot 1.35 \cdot 1.2 + 120 = 1165 \text{ В,}$$

где $k_{з.н} = 1.2$ – коэффициент запаса по напряжению;

$k_c = 1.2$ – коэффициент допустимого повышения напряжения;

$\Delta U_{\Pi} = 120 \text{ В}$ – запас на коммутационные выбросы напряжения в звене постоянного тока.

Тиристоры выбираются по постоянному рабочему току и по классу напряжения. Выбираем тиристор Ву329-1200, управляющий напряжением до 1200В [14].

2.3.7. Тепловой расчет полупроводниковых приборов

Тепловой расчет полупроводниковых приборов заключается в расчете теплового сопротивления радиатора, необходимого для охлаждения прибора. Неизбежные потери от протекания тока приводят к нагреванию силовых полупроводниковых ключей. Для предотвращения перегрева и выхода из строя их закрепляют на охладителе или радиаторе с развитой поверхностью.

Схематично эта конструкция показана на рисунке 10. Источником тепловой энергии выступает кристалл полупроводникового ключа.

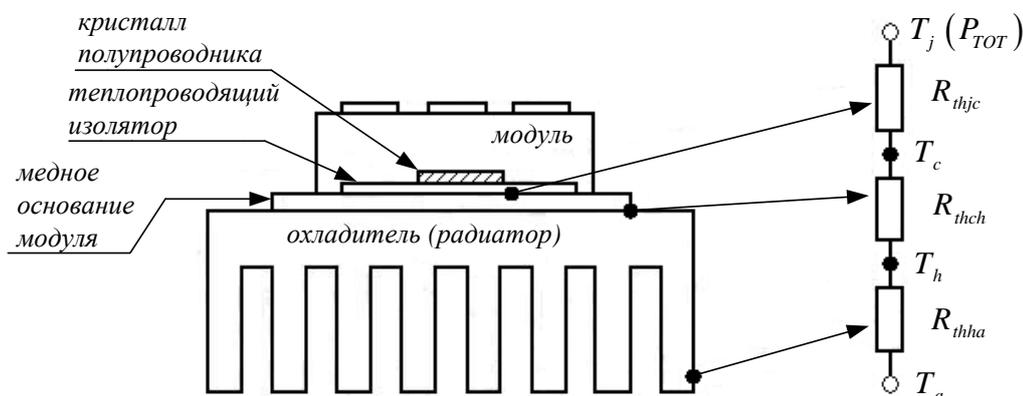


Рисунок 10. Электрическая модель системы охлаждения транзисторного модуля

Под воздействием разности температур разогретого кристалла и окружающей среды тепловая энергия двигается от кристалла к корпусу прибора, затем от корпуса поступает в охладитель и оттуда в окружающую среду. Этот процесс моделируют с помощью электрической схемы замещения.

Для расчетов параметра радиатора найдем потери на тиристоре выпрямителе, транзисторе и обратном диоде.

Потери в IGBT в проводящем состоянии [15]:

$$P_{SS} = I_{cp} * U_{ce(sat)} * \left(\frac{1}{8} + \frac{D}{3\pi} \right) = 0.25 * 2.1 * \left(\frac{1}{8} + \frac{0.95}{3\pi} \right) = 0.12 \text{ Вт.}$$

где $I_{cp} = \frac{I_{c.max}}{1.2} = \frac{0.3}{1.2} = 0.25$ – максимальная амплитуда тока на входе;

$$D = \frac{t_p}{T} \approx 0,95 \text{ – максимальная скважность;}$$

$U_{ce(sat)} = 2,1 \text{ В}$ – прямое падение напряжения на IGBT в насыщенном состоянии.

Потери IGBT при коммутации [15]:

$$P_{SW} = \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \frac{I_{cp} * U_{cc} * (t_{c.on} + t_{c.off}) * f_{sw}}{2} =$$

$$\frac{1}{\pi\sqrt{2}} * \frac{0.25 * 513 * (20 + 120) * 10^{-9} * 5000}{2} = 0.1 \text{ Вт.}$$

где $t_{c.on} = 10 \text{ нс.}$ – продолжительность переходных процессов по цепи коллектора IGBT на открывание транзистора;

$t_{c.off} = 120 \text{ нс.}$ – продолжительность переходных процессов по цепи коллектора IGBT на закрывание транзистора;

$U_{cc} = k_{c.н.} * U = 1.35 * 380 = 513 \text{ В.}$ – напряжение на коллекторе IGBT;

$k_{c.н.} = 1,35$ – коэффициент схемы для номинальной нагрузки;

f_{sw} – частота коммутаций ключей, Гц (частота ШИМ), обычно от 5000 до 15 000 Гц;

$f_{sw} = 5000 \text{ Гц}$ – частота коммутации ключей.

Суммарные потери в IGBT:

$$P_Q = P_{SS} + P_{SW} = 0.12 + 0.1 = 0.22 \text{ Вт.}$$

Потери обратного диода в проводящем состоянии [15]:

$$P_{DS} = I_{ed} * U_{ec} * \left(\frac{1}{8} + \frac{D}{3\pi} \right) = 0.25 * 1.7 * \left(\frac{1}{8} + \frac{0.95}{3\pi} \right) = 0.11 \text{ Вт.}$$

где $I_{cp} = I_{ed}$ – максимальная амплитуда тока через обратный диод, А;

$U_{ec} = 1.7 \text{ В}$. – прямое падение напряжения на диоде в проводящем состоянии при I_{ep} , В.

Потери при восстановлении запирающих свойств обратного диода:

$$P_{DR} = \frac{1}{8} * I_{ed} * U_{cc} * t_{rr} * f_{sw} = \frac{1}{8} * 0.25 * 513 * 0.2 * 10^{-6} * 5000 = 0.016 \text{ Вт}.$$

где I_{rr} – амплитуда обратного тока через диод, А; t_{rr} – продолжительность импульса обратного тока, с, принимаем $t_{rr} = 0,2 \text{ мкс}$.

Суммарные потери обратного диода:

$$P_D = P_{DS} + P_{DR} = 0.11 + 0.016 = 0.126 \text{ Вт}.$$

Результирующие потери IGBT с обратными диодами:

$$P_T = (P_D + P_Q) * 7 = (0.126 + 0.22) * 7 = 2.422 \text{ Вт}.$$

Потери в выпрямителе при установившемся режиме работы [15]:

$$P_{DV} = m_v * k_{cs} * \frac{I_{dm}}{k_c} = 6 * 0.577 * \frac{0.236}{1.2} = 0.68 \text{ Вт}.$$

где $k_{cs} = 0,577$ – для мостовой трехфазной схемы;

$m_v = 6$ – число полупроводниковых приборов в схеме.

Результирующие потери:

$$P_{резльтирующее} = P_{DV} + P_T = 2.422 + 0.68 = 3.102 \text{ Вт}.$$

Найденные результирующие потери являются основой для теплового расчета инвертора, в ходе которого определяются тип и геометрические размеры необходимого охладителя, а также проверяется тепловой режим работы кристаллов IGBT и обратного диода.

Выделяемая мощность потерь незначительная, поэтому мы не используем радиатор для охлаждения приборов.

2.3.8. Расчет фильтра

При переключения транзисторных ключей выходного каскада импульсного усилителя разрывается цепь источника питания, обладающая некоторой индуктивностью. Это вызывает кратковременные перенапряжения на коллекторе запирающего транзистора. Для нейтрализации индуктивности источника питания последний должен шунтироваться конденсатором, емкость которого достаточна для снятия этих перенапряжений.

Найдем активную мощность потребляемую нагрузкой [4]:

$$P = I_d * U_{cc} = 0.236 * 513 = 121.1 \text{ Вт.}$$

Из курса теоретических основ электротехники известно, что колебания напряжения на выходе трехфазного выпрямителя с С-фильтром определяются по выражению:

$$\Delta U = \frac{0.17 * P}{f * W_c}$$

где ΔU – колебания напряжения на выходе трехфазного выпрямителя с С-фильтром, %;

f – частота питающей сети, Гц;

W_c – энергия, запасенная в конденсаторе, Дж.

Из данного выражения найдем:

$$W_c = \frac{0.17 * P}{f * \Delta U} = \frac{0.17 * 121.1}{5000 * 1.4} = 3 * 10^{-3} \text{ Дж.}$$

Известно, что энергия, запасенная в конденсаторе, определяется $W_c = \frac{C \cdot U_d^2}{2}$.

Найдем требуемую емкость конденсатора:

$$C = \frac{2 * W_c}{U_{cc}^2} = \frac{2 * 3 * 10^{-3}}{513^2} = 23 * 10^{-9} \text{ Ф.}$$

Согласно полученному значению выбираем следующий конденсатор [16]: К30-5-1600 В-30 нФ.

2.3.9. Выбор инфракрасного датчика

Для разрабатываемой системы выбираем датчик VS1838В на 38 кГц [17].



Рисунок 11. Инфракрасный датчик VS1838В

2.3.10. Выбор датчика тока

Для разрабатываемой системы выбираем датчик по току пульсации IGBT транзистора BSP280 равному 3 А [18].

Выбираем датчик тока ACS712 на 3А. (рисунок 12)

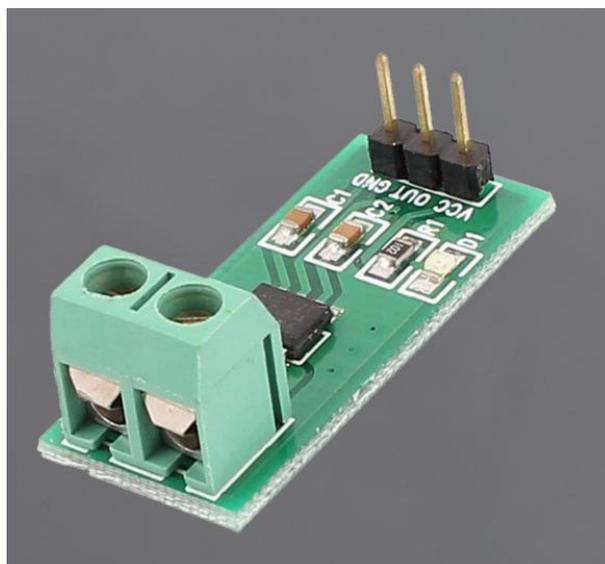


Рисунок 12. Датчик тока BSP280

2.4. Разработка алгоритма работы программы микроконтроллера

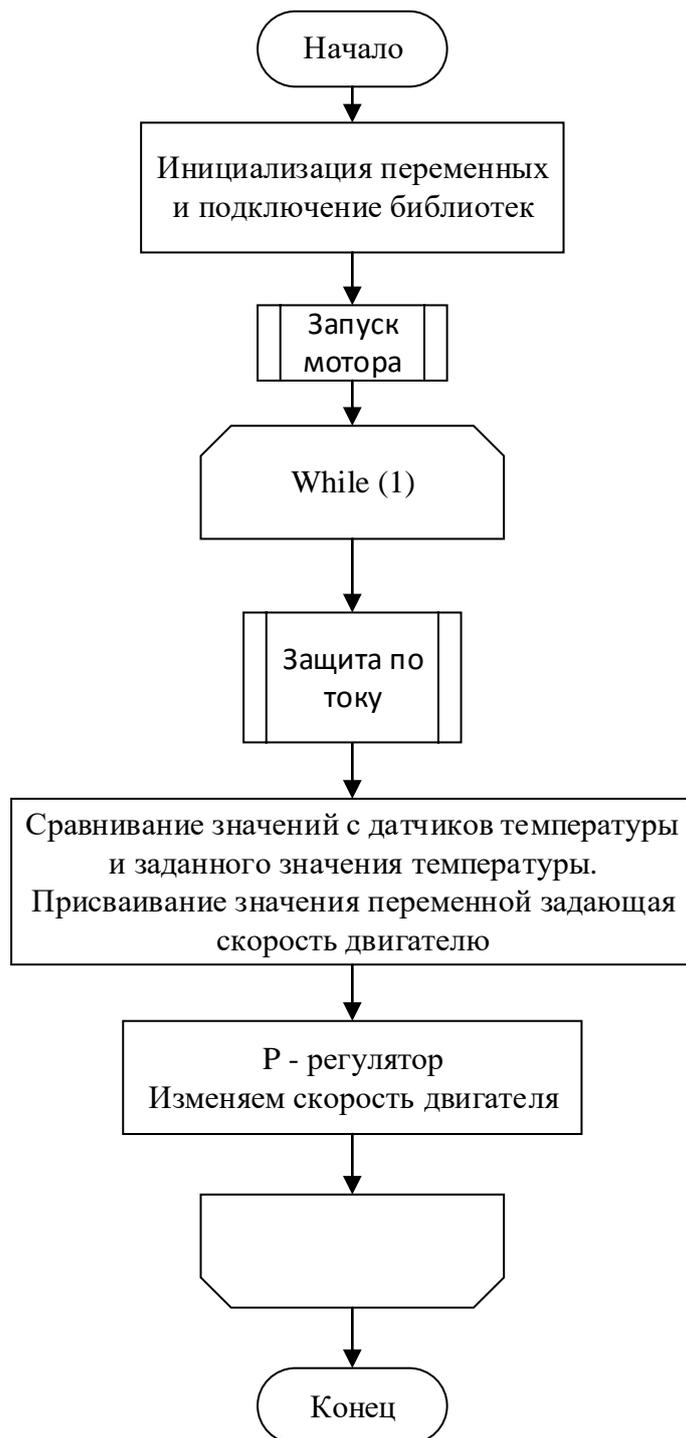


Рисунок 13. Алгоритм работы контроллера двигателя.

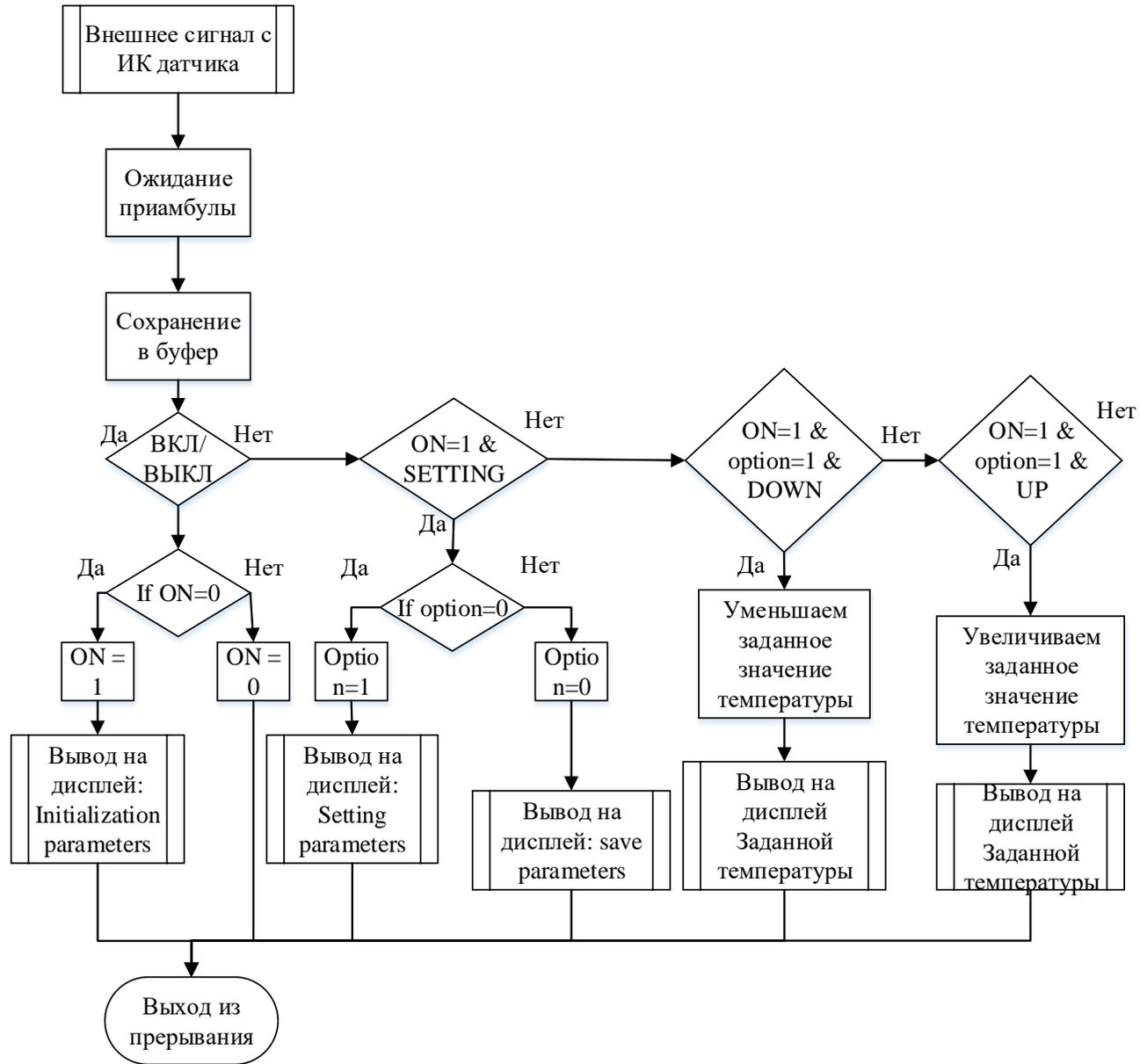


Рисунок 14. Алгоритм работы контроллера двигателя на прием данных с пульта.

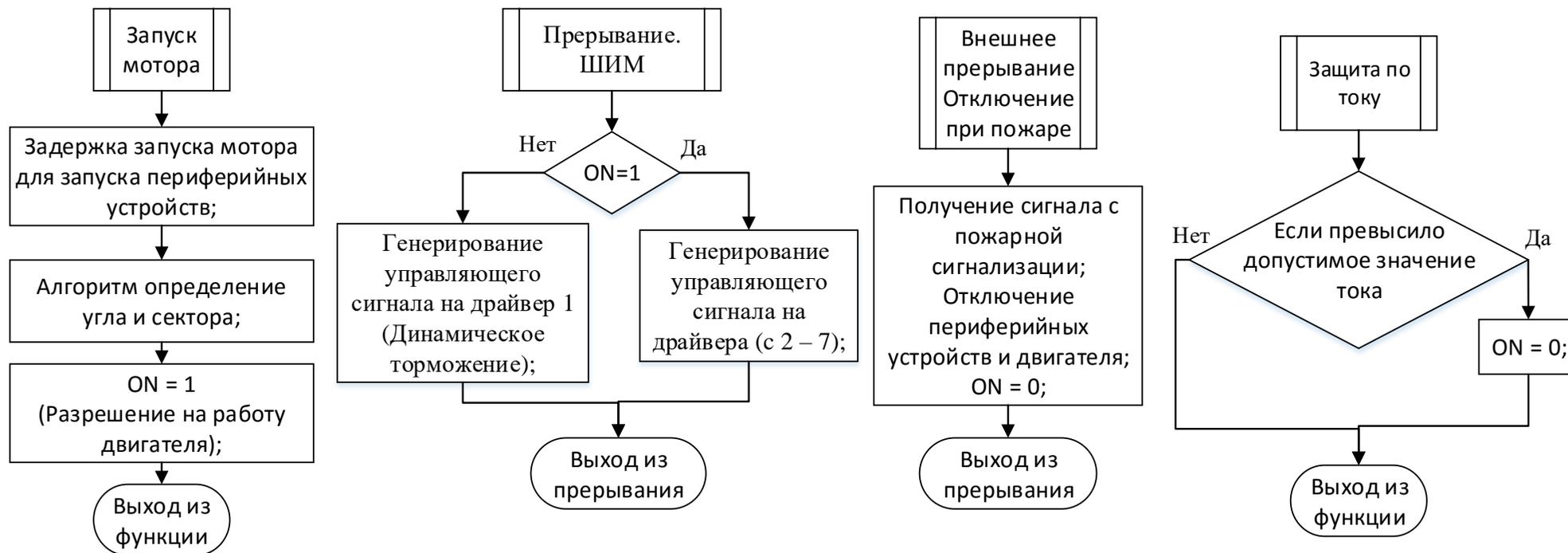


Рисунок 15. Алгоритм работы контроллера двигателя.

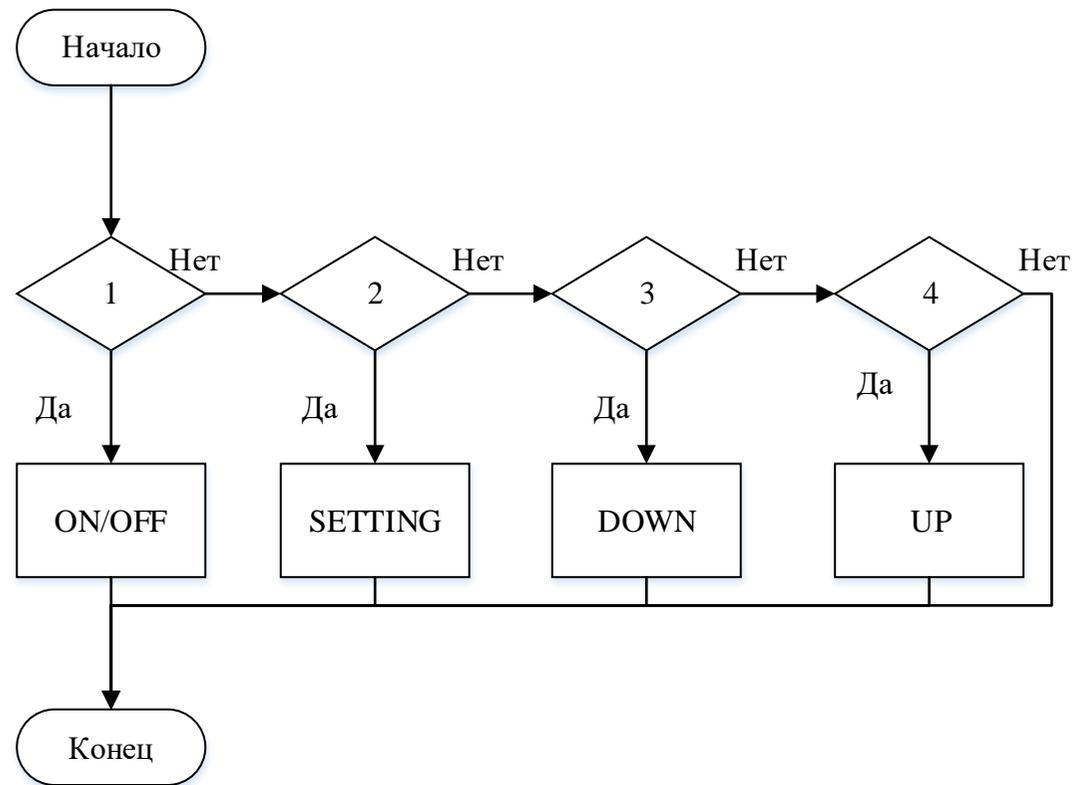


Рисунок 16. Алгоритм работы контроллера пульта.

Описание алгоритма работы микроконтроллера двигателя.

Первоначально, контроллер находится в режиме ожидания. При получении сигнала с пульта на включение происходит включение всех элементов электрической подсистемы проектируемой системы. Происходит инициализация всех глобальных переменных, портов таймеров, таблиц. После этого происходит присваивание переменной $ON_motor = 1$ (разрешение работы двигателя) [19].

Следующим шагом является работа микроконтроллера в бесконечном цикле. Первоначально он производит проверку по току (если превышает допустимое значение тока, то $ON_motor = 0$), затем считывает значение температуры с АЦП (с датчиков температуры) и сравнивает его с заданным значением температуры.

Заданное значение температуры задается при помощи пульта (устанавливается температура, которую необходимо поддерживать в помещении), который посылает сигнал на инфракрасный датчик. Полученный сигнал микроконтроллер обрабатывает: выделяя необходимую информацию (отсеивание приамбулы) и сохраняя полученный сигнал в буфер.

В ходе математических операций в микроконтроллере вычисляется управляющий сигнал (увеличивающий/уменьшающий скорость оборотов двигателя). Далее подаётся разрешающий импульс на драйвер трехфазного двигателя, который приводит во вращение сам двигатель. Контроль скорости вращения двигателя осуществляется за счет П-регулятора.

Описание алгоритма работы микроконтроллера пульта.

Первоначально, контроллер находится в режиме ожидания. При получении сигнала с кнопки пульта, вырабатывает сигнал, который передается инфракрасного светодиода на контроллер двигателя. На пульте имеется четыре кнопки, следовательно, вырабатывается 4 вида сигнала:

1) включение/выключение 2) настройка/сохранение параметров 3) увеличить поддерживающую температуру 4) уменьшить поддерживающую температуру

2.5. Конструкторская документация

Электрическая принципиальная схема электрической части вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока представлена в приложении А, пульта управления - приложение Б.

Перечень элементов, в соответствии с ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем, представлен в приложении В и Г.

На принципиальной схеме преобразователя частоты изображён микроконтроллер Atmega 16А, драйвера HCPL3150, LCD-дисплей, асинхронный двигатель, транзисторные ключи BSP280, тиристоры, оптроны МОС3041, инфракрасный датчик TL1838, датчики тока ACS712.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа 8E21	ФИО Бологову Андрею Александровичу
-----------------------	--

Институт	ИК	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	4. <i>Определение трудоёмкости выполняемых работ</i>
<i>Проведение анализа НИ с помощью метода стратегического планирования</i>	5. <i>Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования</i>
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

*Исследование целесообразности вложения денежных средств в НИ.
Матрица SWOT.
Альтернативы проведения НИ
График проведения (сетевой и календарный план-графики) и бюджет НИ
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.02.2016г.
---	---------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры МЕН	Хаперская Алена Викторовна	Старший преподаватель		23.02.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E21	Бологов Андрей Александрович		23.02.2016г.

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Научные исследования, проведенные в ходе выполнения ВКР, направлены на предприятия, занимающиеся производством вентиляционных систем.

Конечным потребителем результатов исследований являются коммерческие организации и физические лица, для помещений, которым необходим воздухообмен и поддержания необходимой температуры.

3.2. Исследование целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект

Воспользуемся технологией QuaD (QualityAdvisor) для определения целесообразности вложения денег в реализацию проведенных исследований. Для анализа результатов, выделим ряд наиболее важных характеристик проектов такого рода и их показателей. Результаты проведенного сравнения выбранных показателей представлены в таблице 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \times B_i,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя. Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если

от 59 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5 (3/4)	(5x2)
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,03	80	100	0,8	2,4
2. Помехоустойчивость	0,15	40	100	0,4	6
3. Надежность	0,15	70	100	0,7	10,5
4. Унифицированность	0,01	50	100	0,5	0,5
5. Уровень материалоемкости разработки	0,04	60	100	0,6	2,4
6. Уровень шума	0,09	100	100	1	9
7. Безопасность	0,005	100	100	1	0,5
8. Потребность в ресурсах памяти	0,005	95	100	0,95	0,475
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	60	100	0,6	1,2
10. Простота эксплуатации	0,03	95	100	0,95	2,85
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	45	100	0,45	1,35
12. Ремонтопригодность	0,04	90	100	0,9	3,6

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,1	55	100	0,55	5,5
14. Уровень проникновения на рынки	0,04	10	100	0,1	0,4
15. Перспективность рынка	0,05	50	100	0,5	2,5
16. Цена	0,15	75	100	0,75	11,25
17. Послепродажное обслуживание	0,01	60	100	0,6	0,6
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,01	50	100	0,5	0,5
19. Срок выхода на рынок	0,03	50	100	0,5	1,5
20. Наличие сертификации разработки	0,01	5	100	0,05	0,05
Итого	1	1240	2000	12,4	63,075

Таким образом, по результатам применения технологии QuaD, созданную в рамках выполнения ВКР систему автоматической вентиляции можно считать перспективной выше среднего разработкой, так как значение средневзвешенной оценки оказалось больше 60%.

3.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ заключается в выявлении сильных и слабых сторон проекта, возможностей для дальнейшего развития и угроз существованию и развитию; направлен на исследование внутренней и внешней среды проекта.

Составим итоговую матрицу SWOT-анализа, представленную в таблице 6.

Таблица 6. Матрица SWOT-анализа.

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1.. Низкая стоимость по сравнению с нынешними аналогами.</p> <p>С2. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С3. Высококвалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Конструкция не является достаточно надёжной для эксплуатации в агрессивных средах.</p> <p>Сл2. Задержка поставки комплектующих.</p> <p>Сл3. Отсутствие своевременного финансирования.</p> <p>Сл4. База комплектующих не является новейшей.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Снижение себестоимости проекта.</p> <p>В3. Использование результатов проекта в области робототехники.</p> <p>В4. Внедрение результатов проекта в масштабное производство.</p> <p>В5. Расширения функционала</p>	<p>Низкая себестоимость, в будущем развитие функционала и снижение себестоимости. Данные перспективы отражаются не только в снижении денежных ресурсов за счёт использования бюджетного финансирования, но и в возможности внедрения устройства в массовое производство.</p>	<p>Отсутствие своевременного финансирования, а также задержка поставки комплектующих могут помешать продвижению разработки и привлечению дополнительных средств с других источников для развития проекта. Данное «торможение» может привести к сдвигу начала нового проекта, или же к отсутствию его реализации.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Ограничения на экспорт устройства в связи с внешней политикой (санкциями).</p> <p>У2. Отсутствие квали-</p>	<p>При отсутствии должного количества квалифицированного персонала, разработка проекта может занять большее время, а, сле-</p>	<p>При недостаточном финансировании разработки могут занять большее время, что приведёт к снижению спросу и возможному появлению новых конкурентов. При появлении конкурентов</p>

<p>фицированного персонала, способного обслуживать готовое устройство.</p> <p>УЗ. Снижение спроса в связи с повышением уровня конкуренции в данной отрасли.</p>	<p>довательно, и большие финансовые ресурсы. В условиях нынешней политической ситуации, возможны трудности с продвижением продукта на зарубежный рынок.</p>	<p>проект может потерпеть вытеснение с рынка, при этом бюджетные средства необходимо будет вернуть. Помимо этого, разработки конкурентов могут стать более привлекательными для покупателя, что приведёт к снижению спроса и потере доверия потребителя.</p>
---	---	--

3.4. Определение возможных альтернатив проведения исследований

Воспользуемся морфологическим подходом для определения возможных альтернатив проведения исследования.

Упомянутый подход предполагает точную формулировку проблемы исследования, раскрытие важных морфологических характеристик объекта исследования и раскрытие вариантов по каждой характеристике.

Проблема исследования, проводимого в рамках ВКР, заключается в разработке системы автоматической системы вентиляции. Данная задача может быть решена в несколько этапов:

- построение структурной схемы устройства;
- выбор элементов;
- формирование алгоритма работы;
- программная реализация алгоритма;
- сборка устройства;
- проверка работоспособности устройства.

Проанализируем возможные варианты прохождения через эту последовательность шагов. Полученные результаты сведем в таблицу 7.

Таблица 7 – Альтернативные варианты проведения исследований

	1	2	3
А. Выбор элементов (микроконтроллер)	ATmega	PIC	Arduino
Б. Вывод информации пользователю	Использование 7-сегментных индикаторов	Использование ЖК дисплея	
В. Выбор датчиков	Аналоговые	Цифровые	
Г. Выбор двигателя	Шаговый двигатель	Двигатель постоянного тока	Асинхронный двигатель
Д. Язык программирования	C++	C	Assembler
Е. Среда программирования	VisualStudio	AtmelStudio	MPLab
Ж. Сборка устройства	Использование обычной монтажной платы и проводов малого сечения	Создание собственной печатной платы средствами ТПУ	Заказ печатной платы в штучном исполнении на специализированном производстве
З. Проверка работоспособности устройства	Проверка работы устройства в программе Proteus по построенной модели	Натурный эксперимент работы устройства	

Среди всех возможных, согласно таблице 7, вариантов выберем наиболее рациональный и подходящий вариант проведения исследований и создания экспериментальной модели устройства:

– А1Б2В1Г3Д1Е2Ж1З2 – использование микроконтроллера серии ATmega обусловлено простотой их программирования, объёмом памяти и стоимостью; ЖК-дисплей может выводить любую информацию, заложенную в программном коде, имея возможность выводить 32 символа, в то время как с использование 7-сегментных индикаторов ограничивает вывод определённого числа символов количеством установленных индикаторов; при использовании аналоговых датчиков появляется возможность передавать информацию на порты микроконтроллера без использования преобразователей различного типа; асинхронный двигатель простотой в обслуживании, эксплуатации, простотой конструкции, низкой стоимостью и высокой надёжностью; программное обеспечение, разработанное на C++ в AtmelStudio наиболее просто для восприятия и понимания программистам, в отличии от ПУ, написанного на Assembler; использование монтажной платы позволяет производить доработку как во время сборки устройства, так и после, путем добавления новых элементов; а также проводить сборку и проверку системы в нестандартных условиях; проведение эксперимента на реальном объекте даёт более конкретные результаты работы системы, с учётом внешних факторов, в отличии от моделирования системы в программе Proteus.

3.5. Планирование научно-исследовательских работ

3.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика научных исследований.

Рабочая группа, выполняющая научные исследования, состоит из двух человек: научного руководителя, непосредственного исполнителя – студента.

Таблица 8 – Перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение патентных исследований	Студент
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	6	Разработка алгоритма программы и написание ПО	Студент
	7	Построение модели устройства,	Студент

		проведение эксперимента	
	8	Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями	Студент
Оценка результатов исследований	9	Оценка полученных результатов исследований	Студент
	10	Определение целесообразности проведения исследований	Руководитель, студент
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схемы, структурной, функциональной и принципиальной схем	Студент
	12	Выбор элементов принципиальной схемы, расчёт конструкции	Студент
Изготовление и испытание опытного образца	13	Создание прототипа устройства, проведение эксперимента	Студент
	14	Лабораторные испытания прототипа устройства	Студент
Оформление результатов исследований	15	Составление отчета по НИР	Студент

3.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от

множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{\text{ож}i}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2015 году 365 дней; из них 118 выходных и праздничных дней. Коэффициент календарности рассчитаем следующим образом.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,478 \approx 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Результаты расчетов сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчет трудоемкости выполняемых работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ожид}}$, чел-дни			T_{pi}		T_{ki}	
	НР	С	НР	С	НР	С		НР	С	НР	С
1. Составление и утверждение технического задания	1	2	2	4	1,4	2,8	НР, С	1,4	2,8	2	4
2. Подбор и изучение материалов по теме	–	10	–	20	–	14	С	–	14	–	20
3. Проведение патентных исследований	1	2	2	3	1,4	2,4	НР, С	1,4	2,4	2	4
4. Выбор направления исследований	–	7	–	10	–	8,2	С	–	8,2	–	12
5. Проведение теоретических расчетов и обоснований	–	3	–	5	–	3,8	С	–	3,8	–	6
6. Разработка алгоритма программы и написание ПО	–	2	–	3	–	2,4	С	–	2,4	–	4

7. Построение модели устройства, проведение эксперимента	1	5	2	7	1,4	5,8	НР, С	1,4	5,8	2	9
8. Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями	3	5	5	7	3,8	5,8	НР, С	3,8	5,8	6	9
9. Оценка полученных результатов исследований	–	5	–	7	–	5,8	С	–	5,8	–	9
10. Определение целесообразности проведения исследований	–	1	–	2	–	1,4	С	–	1,4	–	2
11. Разработка блок-схемы, структурной, функциональной и принципиальной схем	–	5	–	7	–	5,8	С	–	5,8	–	9
12. Выбор элементов принципиальной схемы, расчёт конструкции	–	3	–	4	–	3,4	С	–	3,4	–	5
13. Создание прототипа устройства, проведение эксперимента	–	10	–	20	–	14	С	–	14	–	20
14. Лабораторные испытания прототипа устройства	1	2	2	3	1,4	2,4	НР, С	1,4	2,4	2	4
15. Составление отчета по НИР	–	1	–	2	–	1,4	С	–	1,4	–	2
Итого								9.4	79.4	14	119

3.5.4 Сетевой план-график выполнения проекта

Для достижения поставленной цели, а именно, для оптимизации плановых заданий, для внесения изменений и т.п. необходимо построить сетевой план-график. Он поможет нам корректно распределить время и рабочие ресурсы. Для его построения, определимся с событиями, которые будут включены в процесс получения конечного требуемого результата.

Таблица 11 – Пояснения к сетевому план-графику.

События	Пояснения
А	Составление и утверждение технического задания
В	Подбор и изучение материалов по теме
С	Проведение патентных исследований
Д	Выбор направления исследований
Е	Проведение теоретических расчетов и обоснований
Ф	Разработка алгоритма программы и написание ПО
Г	Построение модели устройства, проведение эксперимента
Н	Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями
І	Оценка полученных результатов исследований
Ј	Определение целесообразности проведения исследований
К	Разработка блок-схемы, структурной, функциональной и принципиальной схем
Л	Выбор элементов принципиальной схемы, расчёт конструкции
М	Создание прототипа устройства, проведение эксперимента
N	Лабораторные испытания прототипа устройства
О	Составление отчета по НИР

Определив все события, перейдем к построению организационно-технологической последовательности выполнения работ и установим взаимосвязи между ними. Также, стоит отметить, что некоторые события можно выстраивать не в прямую цепь последовательности, а распараллеливать, что даёт выигрыш во временном ресурсе. Таким образом, при распараллеливании событий выполнение всего проекта затратит не 119, а 109 дней. Также в сетевом план-графике, приведённом на рис.17, рассчитаны ранние и поздние сроки начала и окончания событий, представленных в таблице 11.

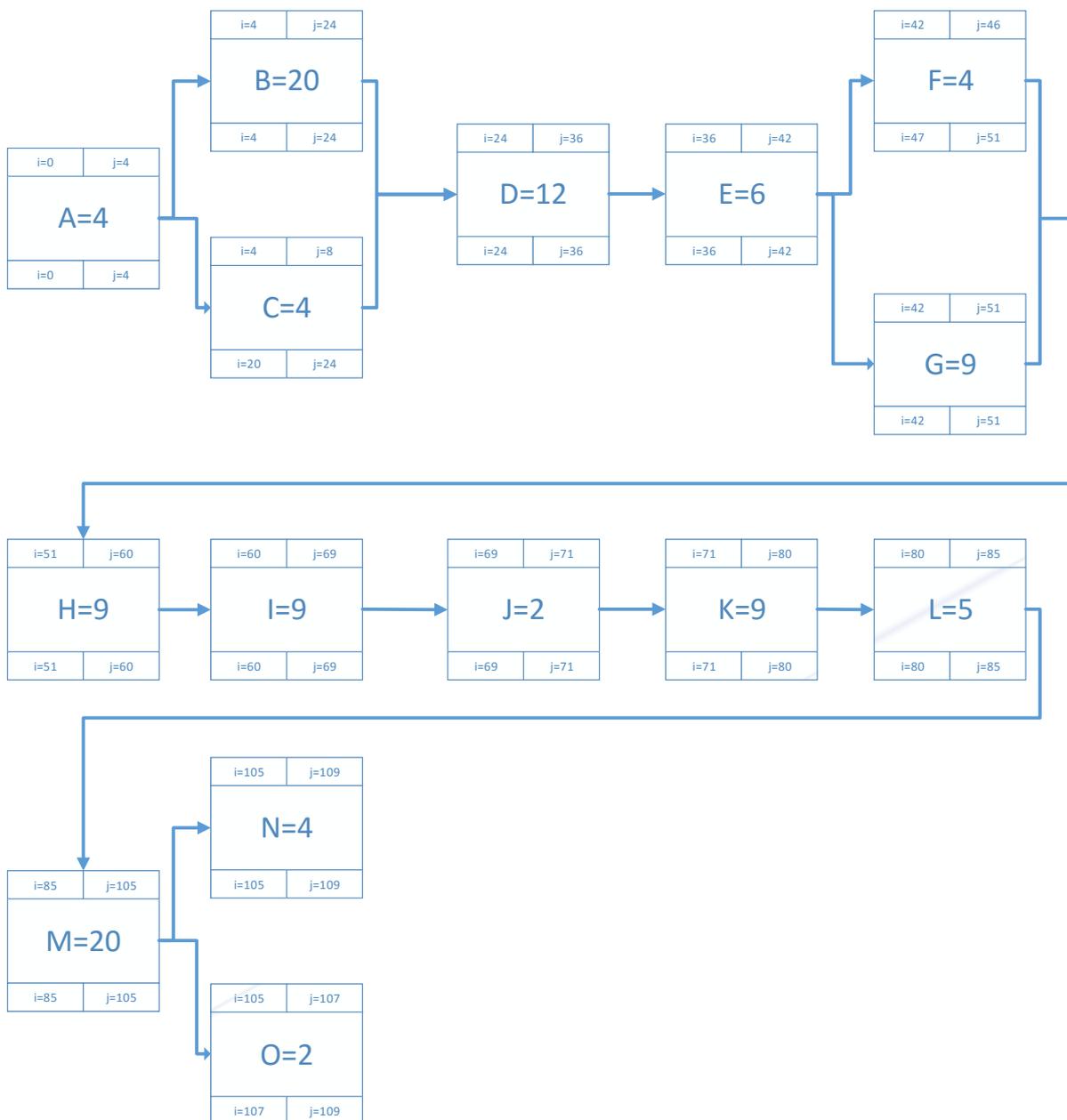


Рис. 17. Сетевой план-график проведения работ

Таким образом, построение сетевого план-графика позволило нам установить правильную последовательность событий, улучшить структуру системы управления путем чёткого выявления и распределения задач, определить минимальное и максимальное время, необходимое для реализации выпускной квалификационной работы.

3.5.5. Бюджет научно-технического исследования

При проектировании бюджета научно-технического исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает в себя стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, в том числе затраты на канцелярские принадлежности, картриджи, диски и прочее.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Припой, флюс	шт.	1	1	1	386	386	386	386	386	386
Резисторы	шт.	7	7	7	13	13	13	91	91	91
Конденсаторы	шт.	41	41	41	4	4	4	164	164	164
Диоды	шт.	13	13	13	3	3	3	39	39	39
Тиристоры	шт.	6	6	6	40	40	40	240	240	240
Монтажная плата	шт.	1	1	1	325	325	325	325	325	325
Провода	метр	3	3	3	10	10	10	30	30	30
Микроконтроллер	шт.	1	1	1	185	185	185	185	185	185
Драйвер	шт.	7	7	7	35	35	35	399	399	399
Двигатель	шт.	1	1	1	2300	2300	2300	2300	2300	2300
Датчик температуры	шт.	4	4	4	41	41	41	164	164	164
LCD - дисплей	шт.	1	1	1	159	159	159	159	159	159
Транзистор	шт.	7	7	7	60	60	60	420	420	420
Энкодер	шт.	1	1	1	430	430	430	430	430	430
Датчик тока	шт.	2	2	2	138	138	138	276	276	276
Инфракрасный датчик	шт.	2	2	2	9	9	9	18	18	18
Паяльная станция	шт.	1	1	1	1550	1550	1550	1550	1550	1550
Отладочная плата	шт.	1	1	1	4820	4820	4820	4820	4820	4820
Итого								11996	11996	11996

3.5.5.2 Расчет основной и дополнительной заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 13.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{Месячный оклад}}{20,58 \text{ дней}}$$

$$\text{Дневная з/плата}_{\text{Н.Р.}} = \frac{4000}{20,58 \text{ дней}}$$

$$\text{Дневная з/плата}_{\text{Ин.}} = \frac{2500}{20,58 \text{ дней}}$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 9. При расчете учитывалось, что в году 247 рабочих дней и, следовательно, в месяце 20,58 рабочих дней. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 5, 6, 7. Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{\text{ПР}} = 0,3$ и районный коэффициент $K_{\text{РК}} = 0,3$ ($K = 1,3 * 1,3 = 1,69$).

$$\text{Основная з/п} = \text{Дневная з/плата} * \text{трудоемкость} * K$$

$$\text{Основная з/п}_{\text{Н.Р.}} = 194.36 * 8 * 1.69 = 2627.75$$

$$\text{Основная з/п}_{\text{Ин.Исп.1}} = 121.48 * 28 * 1.69 = 5748.43$$

$$\text{Основная з/п}_{\text{Ин.Исп.2}} = 121.48 * 39.8 * 1.69 = 8172.99$$

$$\text{Основная з/п}_{\text{Ин.Исп.3}} = 121.48 * 46.6 * 1.69 = 9567.04$$

Таблица 13 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад (руб.)	Зарботная плата за день (руб./дн.)	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата (руб.)		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Научный Руководитель	4000	194,36	8	8	8	2627,75	2627,75	2627,75
2. Инженер	2500	121,48	28	39,8	46,6	5748,43	8172,99	9567,04
Итого:						8376,18	10800,74	12194,78

Дополнительная заработная плата рассчитывается как произведение основной заработной платы на коэффициент дополнительной заработной платы, принимаемый на стадии проектирования равным 0,15.

$$\text{Дополнительная з/п} = \text{Основная з/п} * 0.15$$

$$\text{Дополнительная з/п}_{\text{Н.Р.}} = 2627.75 * 0.15 = 394.16$$

$$\text{Дополнительная з/п}_{\text{Ин.Исп.1}} = 5748.43 * 0.15 = 755.34$$

$$\text{Дополнительная з/п}_{\text{Ин.Исп.2}} = 8172.99 * 0.15 = 1225.95$$

$$\text{Дополнительная з/п}_{\text{Ин.Исп.3}} = 9567.04 * 0.15 = 1435.06$$

Таблица 14 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата (руб.)			Дополнительная заработная плата (руб.)		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Научный руководитель	2627,75	2627,75	2627,75	394,16	394,16	394,16
Инженер	5748,43	8172,99	9567,04	755,34	1225,95	1435,06
Итого				1149,50	1620,11	1829,22

3.5.5.3 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

$$\text{Отчисления} = (\text{Основная з/п} + \text{Дополнительная з/п}) * 0.271$$

$$\text{Отчисления}_{\text{Исп.1}} = (8376.18 + 1149.50) * 0.271 = 2581.46$$

$$\text{Отчисления}_{\text{Исп.2}} = (10800.74 + 1620.11) * 0.271 = 3366.05$$

$$\text{Отчисления}_{\text{Исп.3}} = (12194.78 + 1829.22) * 0.271 = 3800.50$$

Таблица 15 – Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Зарплата	Исполнения		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Основная	8376,18	10800,74	12194,78
Дополнительная	1149,50	1620,11	1829,22
Коэффициент	0,271		
Итого	2581,46	3366,05	3800,50

3.5.5.4 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

¹ Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{Накл.Исп.1} = (11996 + 8376.18 + 1149.50 + 2581.46) * 0.16 = 3856.50$$

$$З_{Накл.Исп.2} = (11996 + 10800.74 + 1620.11 + 3366.05) * 0.271 = 4445.26$$

$$З_{Накл.Исп.3} = (11996 + 12194.78 + 1829.22 + 3800.50) * 0.271 = 4771.28$$

Таблица 16 – Расчет накладных расходов

Статья расходов	Исполнение		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Материальные затраты НИИ	11996	11996	11996
Основная зарплата	8376,18	10800,74	12194,78
Дополнительная зарплата	1149,50	1620,11	1829,22
Отчисления во внебюджетные фонды	2581,46	3366,05	3800,50
Коэффициент накладных расходов	0,16		
Накладные расходы	3856,50	4445,26	4771,28

3.5.5.5. Формирование бюджета НИИ

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17

Таблица 17 – Формирование бюджета НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	11996	11996	11996	Пункт 3.4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	8376,18	10800,74	12194,78	Пункт 3.4.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1149,50	1620,11	1829,22	Пункт 3.4.2
4. Отчисления во внебюджетные фонды	2581,46	3366,05	3800,50	Пункт 3.4.3
5. Накладные расходы	3856,50	4445,26	4771,28	16 % от суммы ст. 1-7
6. Бюджет затрат НТИ	27959,64	32228,16	34591,78	Сумма ст. 1- 8

3.6. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 18). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{27959.64}{34591.78} = 0.81$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{32228.16}{34591.78} = 0.93$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{34591.78}{34591.78} = 1$$

Таблица 18– Расчет интегрального финансового показателя

Исполнение	Бюджет НИИ, руб.	Интегральный финансовый показатель
Исполнение 1	27959,64	0,81
Исполнение 2	32228,16	0,93
Исполнение 3	34591,78	1

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

$$I_{финр}^{исп.1} = 0.2 * 5 + 0.2 * 5 + 0.3 * 5 + 0.3 * 5 = 5$$

$$I_{финр}^{исп.2} = 0.2 * 5 + 0.2 * 4 + 0.3 * 3 + 0.3 * 4 = 3.9$$

$$I_{финр}^{исп.3} = 0.2 * 5 + 0.2 * 5 + 0.3 * 5 + 0.3 * 2 = 4.1$$

Таблица 19 – Сравнительная характеристика вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Способствует увеличению производительности труда пользователя	0,2	5	5	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	5
Точность моделирования	0,3	5	3	5
Легкость проводимых экспериментов	0,3	5	4	2
Итого	1	5	3,9	4,1

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.}$$

$$I_{исп.1} = \frac{5}{0.81} = 6.17$$

$$I_{исп.2} = \frac{3.9}{0.93} = 4.19$$

$$I_{исп.3} = \frac{4.1}{1} = 4.1$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.19) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

$$\mathcal{E}_{исп.1-1} = \frac{6.17}{6.17} = 1; \quad \mathcal{E}_{исп.1-2} = \frac{4.19}{6.17} = 0.68; \quad \mathcal{E}_{исп.1-3} = \frac{4.1}{6.17} = 0.66$$

$$\mathcal{E}_{исп.2-1} = \frac{6.17}{4.19} = 1.47; \quad \mathcal{E}_{исп.2-2} = \frac{4.19}{4.19} = 1; \quad \mathcal{E}_{исп.2-3} = \frac{4.1}{4.19} = 0.98$$

$$\mathcal{E}_{исп.3-1} = \frac{6.17}{4.1} = 1.50; \quad \mathcal{E}_{исп.3-2} = \frac{4.19}{4.1} = 1.02; \quad \mathcal{E}_{исп.3-3} = \frac{4.1}{4.1} = 1$$

Таблица 20 – Расчет сравнительной эффективности вариантов исполнения

Исполнение	$I_{p-исп}$	$I_{финр}^{исп.}$	$I_{исп.}$	\mathcal{E}_{cp}		
				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Исполнение 1	5	0,81	6,17	1	0,68	0,66
Исполнение 2	3,9	0,93	4,19	1,47	1	0,98
Исполнение 3	4,1	1	4,1	1,50	1,02	1

Проанализировав показатели эффективности вариантов исполнения проекта можно сделать вывод, что наиболее эффективно исполнение №1: эффективнее исполнения №2 в 1,47 раза; эффективнее исполнения №3 в 1,50 раза.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8Е21	ФИО Бологову Андрею Александровичу
----------------	---------------------------------------

Институт	Институт Кибернетики	Кафедра	ИКСУ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом является аудитория №106 10 корпуса Гомского политехнического университета. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером, отведённое студенту для выполнения работы. Технологический процесс представляет собой написание программного кода для создаваемого прототипа системы автоматизированной вентиляции помещения. Данный технологический процесс относится к числу единичных. Основным оборудованием, на котором производится работа, является персональный компьютер с периферийными устройствами.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Анализ выявленных вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> • недостаточная освещённость рабочей зоны; • отсутствие или недостаток естественного света; • повышенный уровень шума; • повышенный уровень электромагнитных излучений; • повышенная напряжённость электрического поля; • повышенная или пониженная влажность воздуха, • вредные вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания.
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> • электрический ток (источником является ПК); • термическая опасность (источником является паяльная станция).
2. Экологическая безопасность:	Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит. В работе проведён анализ воздействия на литосферу (образование отходов при поломке ПК, отходов при пайке).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.02.2016г.
---	---------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Мезенцева Ирина Леонидовна			23.02.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E21	Бологов Андрей Александрович		23.02.2016г.

Введение

В данном разделе рассматриваются особенности организации рабочего места и рабочей среды специалиста, осуществляющего разработку вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока, предназначенной для поддержания температуры в помещении. Конечная система представляет собой совокупность электрической и механической частей, а также разработанного программного обеспечения.

Проектирование механической, электрической частей системы, а также разработка программного обеспечения осуществляется в закрытом, отапливаемом и вентилируемом помещении, на рабочем месте, оснащённом персональным компьютером и паяльной станцией со средствами, предназначенными для пайки.

Далее будут рассмотрены факторы рабочей зоны и рабочего места, влияющие на состояние сотрудника, а также влияние проектной деятельности на состояние окружающей среды.

4.1 Производственная безопасность

4.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения:

4.1.1.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, вызывает усталость центральной нервной системы.

Освещение рабочего места специалиста по проектированию и разработке САУ складывается из естественного и искусственного освещения. Естественное освещение достигается установкой оконных проемов с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны.

Работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений [20]. Столбцы таблицы 1 содержат следующие сведения:

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК[21]

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

Работа за паяльной станцией относится к зрительным работам при пайке материалов толщиной 0.5 – 1.5 мм, что определяет разряд зрительной работы: ШБ [22].

Таблица 22 – Рекомендуемые показатели освещения при пайке [22]

Освещенность, лк		Показатель ослепленности	Коэффициент пульсации, %, не более
комбинированное освещение	общее освещение		
1250	400	40	10/15

4.1.1.2. Повышенный уровень шума

Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний (тугоухость) и может явиться причиной несчастного случая.

При выполнении работ, описанных выше, специалист может оказаться под шумовым воздействием со стороны оборудования, находящегося в рабочем помещении: персональные компьютеры, печатающие устройства и прочее.

Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, следовательно эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50дБА [23].

Наиболее эффективная защита от производственного шума создается с помощью специальных архитектурно-строительных решений на этапе проектирования здания, планировки офиса. В качестве дополнительных мер по защите от шума можно применять различные звукоизолирующие кожухи, звукопоглощающие отделочные материалы. На рисунке 18 показан пример использования акустических экранов в вычислительных центрах.

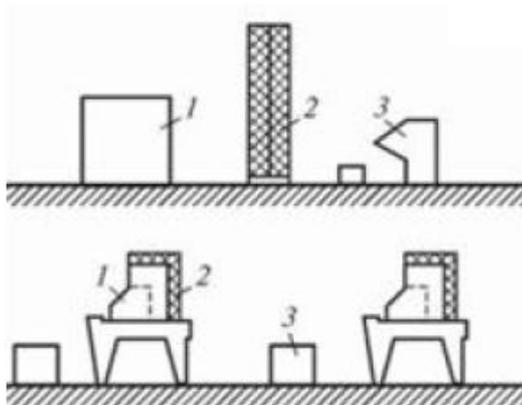


Рисунок 18 – Пример защиты от производственного шума в вычислительных центрах
(1 – шумное оборудование, 2 – защитный экран, 3 – рабочее место)

4.1.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряжённость электрического поля

При длительном воздействии ЭМП возникает расстройство центральной нервной системы, происходят сдвиги эндокринно-обменных процессов, изменения состава крови. Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика.

Источником электромагнитного поля и электромагнитных излучений на рабочем месте является компьютер, в частности экран монитора компьютера. Электромагнитное поле, создаваемое ПК, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0Гц до 1000 МГц, и в том числе мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана при любых положениях ПК не должна превышать 100 мкР/час [24]. Время работы на персональном компьютере по санитарным нормам не должно превышать 4 часа. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений [24]

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: – для взрослых пользователей – для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20 кВ/м 15 кВ/м

Предельно-допустимые нормы ЭМП представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Предельно допустимые нормы ЭМП [25]

Напряжённость электрического поля	
в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц	25 В/м
в диапазоне частот 2 кГц–400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	
в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц	250 нТл
в диапазоне частот 2 кГц–400 кГц	25 нТл

Ряд мероприятий, позволяющих уменьшить влияние вредных факторов на работника при работе за ПК: каждый час необходимо делать перерыв, для выполнения гимнастики для глаз, а также выполнять несколько упражнений на расслабление, которые могут уменьшить напряжение, накапливающееся в мышцах при длительной работе за компьютером.

4.1.1.4. Повышенная или пониженная влажность воздуха

Повышенная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

Выполняемые работы по интенсивности энергозатрат попадают в категорию Ia, так как выполняются сидя и без значительных физических напряжений. Таким образом, оптимальными нужно считать параметры микроклимата, соответствующие категории Ia в таблице 25.

Таблица 25 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [25]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	40-60	0,1
Тёплый	Ia (до 139)	23-25		0,1

Для поддержания оптимальных параметров микроклимата необходимо применять системы отопления, вентиляции и кондиционирования, увлажнители воздуха, в рабочих помещениях с ПЭВМ необходимо ежедневно проводить влажную уборку и каждый час проветривать помещение.

4.1.1.5. Вредные вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания

Выделением вредных газов, паров вследствие чего воздух в помещении претерпевает некоторые изменения, которые могут вредно отражаться на здоровье человека. Действие вредных веществ определяется как свойствами самого вещества (химическая структура, физико-химические свойства, количество попавшего в организм вещества, сочетание вредных веществ), так и особенностями организма человека (индивидуальная чувствительность к химическому веществу, общее состояние здоровья, возраст, условия труда).

При пайке происходит выделение паров свинца (при температуре свыше 500°С) и олова (при температуре свыше 232°С) из припоя.

Предельно-допустимые концентрации веществ указаны в таблице 26.

Таблица 26 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны[26]

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м³	Класс опасности	Особенности действия на организм
Свинцово-оловянный припой	0.05	1	Возникновение болезней органов дыхания, системы кровообращения, мочеполовой системы, кожи и подкожной клетчатки.

Чтобы избежать образования паров олова в помещении, необходимо подвергать его постоянному проветриванию, либо же использовать вентилятор. Специалисту, занимающемуся пайкой, необходимо пить ежедневно стакан сливового сока, а через час любой кисломолочный продукт (кефир) [27].

4.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения:

4.2.1. Электрический ток (источник: ПК)

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий, а также средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока, клавиатуры, а также при работе за паяльной станцией, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя выше описанного оборудования.

На рабочем месте пользователя размещены дисплей, клавиатура и системный блок. Использование паяльной станции со всеми необходимыми принадлежностями предполагается отдельно, когда на рабочем месте могут присутствовать все элементы ПК, но они находятся на расстоянии не менее вытянутой руки сидящего работника.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления при экранного фильтра.

Методы защиты от воздействия статического электричества: влажная уборка, чтобы уменьшить количество пылинок в воздухе и на предметах офиса; использование увлажнителей воздуха; защитное заземление; применение средств индивидуальной защиты, таких как антистатические спреи и браслеты.

Допустимый ток частотой 50 Гц при длительности воздействия более 10 секунд составляет 2 мА, а при длительности 10 секунд и менее – 6 мА. Для переменного тока эта величина соответственно равна 10 и 15 мА.

Методы защиты от опасности поражения электрическим током: электрическая изоляция токоведущих частей (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм); ограждение токоведущих частей, которые работают под напряжением; использование малых напряжений, например, не более 50 В; электрическое разделение сетей на отдельные короткие участки; защитное заземление и зануление; применение средств индивидуальной защиты, таких как плакаты и знаки безопасности, изолирующие подставки.

4.2.2. Термическая опасность (источником является паяльная станция)

Работы, связанные с пайкой и лужением, относятся к огневым работам и выполняются в соответствии с требованиями пожарной безопасности.

Один из основных опасных факторов, возникающих при паяльных и лудильных работах – ожоги брызгами расплавленного металла и флюса.

Основным условием при пайке и лужении является проведение их в ваннах с расплавленным припоем. Рабочий должен снабжаться защитными очками, рукавицами и фартуком, что является основной мерой безопасности и предотвращения термических и химических ожогов при попадании расплавленного металла или флюса на кожу [28].

4.3. Экологическая безопасность

При использовании ПК могут возникнуть следующие виды негативного воздействия на окружающую среду:

- выбросы в атмосферу углекислого газа и образование тепла при пожаре;
- загрязнение почвы при утилизации старого ПК.

ПК после завершения использования (срока эксплуатации) можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка такого рода отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования: кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы.

Пластмассовые части ПК утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха. ПК может содержать: тяжелые металлы, печатные платы с замедлителями горения, которые при горении могут выделять опасные диоксиды. Для опасных отходов используют теплоту сжигания, такой способ не исключает образования токсичных выбросов.

Отходы, которые не подлежат переработке, утилизации и вторичному использованию, подлежат захоронению на полигонах или в почве. Большое значение имеют нормативы предельно допустимых концентраций токсичных веществ в почве (ПДКп, мг/кг) в соответствии с [29].

При пайке могут возникнуть следующее негативное воздействие на окружающую среду – при перегреве припоя выше температуры плавления металла происходит образование паров.

Для избежания перегрева паяльника следует ознакомиться с его техническими характеристиками и необходимым напряжением питания для него. Обычно ситуации перегревания паяльника возникает при подключении к сети питания с напряжением, значительно выше номинального. В таких случаях необходимо использовать понижающие трансформаторы, чтобы добиться необходимого напряжения. Менее безопасным является способ периодического включения/отключения паяльника.

Наиболее безопасным способом избегания перегревания является использование паяльных станций, которые имеют возможность нагрева до определённой температуры. При использовании таких паяльных станций выделение паров свинца из припоя сводится к нулю.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1. Пожарная безопасность

Компьютерный класс по пожарной безопасности относится к категории В, в нём находятся горючие материалы и вещества в холодном состоянии [30]. По степени огнестойкости данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости [31]. Возможные причины пожара: перегрузка в электросети, короткое замыкание, разрушение изоляции проводников.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения: огнетушащие вещества (вода, песок, земля); огнетушащие материалы (грубошерстные куски материи – кошмы, асбестовые полотна, металлические сетки с малыми ячейками ит. п.); пожарный инвентарь (бочки и чаны с водой, пожарные ведра, ящики и песочницы с песком); пожарные краны на внутреннем водопроводе противопожарного водоснабжения в сборе с пожарным стволом и пожарным рукавом; огнетушители [31].

Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

Углекислотные огнетушители ОУ-3, ОУ-5 предназначены для тушения загораний веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000В, жидких и газообразных веществ (класс В, С).

Огнетушители не предназначены для тушения загорания веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий), такими огнетушителями нельзя тушить дерево.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Предъявляемые требования к расположению и компоновке рабочего места:

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах (680÷800) мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм [21].

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПК, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм [21].

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм [21].

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах (400÷550) мм и углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки (300±20) мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости –400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах ±30 градусов;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной –(50÷70) мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах(230±30) мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах (350÷500) мм [21].

Рабочее место пользователя ПК следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм [21].

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии (100÷300) мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы [21].

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600÷700 мм), но не ближе 500 мм [21].

Паяльную станцию следует располагать по правую сторону на поверхности стола на расстоянии (300÷500) мм от края, обращенного к рабочему. Все материалы для пайки должны располагаться на противоположной части рабочего места на расстоянии, не превышающем длину руки рабочего.

Рекомендуется работать в помещении, где окна выходят на север или северо-восток. Местное освещение не должно создавать блики на поверхности экрана дисплея. Недопустим яркий не рассеянный верхний свет (с потолка). Сдерживать поток избыточного света от окон следует с помощью жалюзи (или тканевых штор); чистота обязательна при работе за компьютером. Влажную уборку помещения следует проводить ежедневно. Недопустима запыленность воздуха, пола, рабочей поверхности стола и техники. Помещение должно быть оборудовано системами вентиляции, кондиционирования и отопления. Запрещается работа на компьютере и за паяльной станцией в подвальных помещениях.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были достигнуты результаты, перечисленные ниже.

- Проведён аналитический обзор литературы управлению асинхронными двигателями.
- Разработана структурная, функциональная и электрическая принципиальная схемы вытяжной системы на базе частотно-регулируемого электропривода переменного тока.
- На основе анализа и сравнения проведён выбор элементов системы.
- Составлен алгоритм работы микроконтроллера для управления драйверами асинхронного двигателя, выводом информации на дисплей, считывания данных с инфракрасного датчика и отсылка на него. По составленному алгоритму написано программное обеспечение в среде Atmel Studio.

Благодаря написанному программному обеспечению в соответствии с разработанным алгоритмом, системой решаются следующие задачи:

- приём сигналов (импульсов) с инфракрасного датчика;
- прием сигналов (импульсов) с датчиков температуры;
- приём сигналов (импульсов) с датчика тока;
- преобразование приходящих импульсов в двоичном коде для дальнейших операций;
- вывод информации на LCD дисплей с указанием операции;
- управление драйверами асинхронного двигателя и, как следствие, самим асинхронным двигателем.

В перспективе предполагается использовать данную систему для поддержания благоприятной температуры в непроветриваемых помещениях.

Список литературы

1. Вентиляционные системы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.climattex.ru/section163/13/>
2. Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства: В 5 кн.: Практическое пособие / под редакцией Веникова В.А. Книга 2. Энергосбережение в электроприводе / Ильинский Н.Ф., Рожанковский Ю.В., Горнов А.О. – М.: Высшая школа, 1989. – 127 с.: ил.
3. «Контроллер асинхронного двигателя». [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://kazu.ru/shemes/showpage/0/843>
4. Что такое микроконтроллеры (назначение, устройство, софт). [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://elektrik.info/main/automation/549-что-такое-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html>
5. Микроконтроллер ATmega16A (назначение, устройство, софт). [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://www.atmel.com/images/atmel-8154-8-bit-avr-atmega16a_datasheet.pdf
6. Микроконтроллер ATmega8 (назначение, устройство, софт). [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://www.atmel.com/images/atmel-8154-8-bit-avr-atmega8_datasheet.pdf
7. Дисплей - LCD1602. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.elecrow.com/download/LCD1602.pdf>
8. КВКр-100 Вентилятор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка доступа: <http://ventorg.com/ventilation-equipment/round-duct-fans-kvkr/kanalnyj-ventilyator-kruglyj-kvkr-100>
9. IGBT транзистор [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.igbt.ru>
10. Чернышев А.Ю., Кояин Н.В. Проектирование электрических приводов: Учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 120 с.

11. IGBT транзистор BSP 280 [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/siemens/BSP280.pdf>
12. Диод BAX 280 [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/siemens/BAX280.pdf>
13. HCPL-3150. Драйвер трехфазного двигателя. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка доступа: http://catalog.gaw.ru/index.php?id=549&page=component_detail
14. Электротехнический справочник: В 4т. Т.4. Использование электрической энергии / под общей редакцией профессора МЭИ Герасимова В.Г. и др. (гл. ред. Попов А.И.). – 8-е изд., испр. и доп. – М.: издательство МЭИ, 2002. – 696 с.
15. Тиристорный модуль. Ву329-1200 [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка доступа: <http://www.kontest.ru/datasheet/mitsubishi/rm75tc24.pdf>
16. Каталог конденсаторов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://catalog.gaw.ru/index.php?page=components>
17. Инфракрасный датчик. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: https://www.openimpulse.com/blog/document-viewer/?pdf_file=TL1838-Infrared-Receiver-datasheet.pdf
18. Датчик тока. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://pdf.datasheetcatalog.com/ACS712-Datasheet.pdf>
19. «Контроллер асинхронного двигателя». Каталог принципиальных схем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://www.radioradar.net/articles/scientific_technical/index.html
20. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-

вычислительным машинам и организации работы». – М.:Госкомсанэпиднадзор, 2003.

22. ПОТ Р М-020-2001 «Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах», СПб: ЦОТПБСП, 2002.

23. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.:Госкомсанэпиднадзор, 2003.

25. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

26. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

27. ГН 2.2.6 – 709 – 98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов – продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны.

28. ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950-86) Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое контрольное оборудование.

29. Безопасность при пайке. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://electrik.info/main/school/570-что-такое-пайка-безопасность-при-пайке.html>

30. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

31. Технический регламент «о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]: Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». – Режим доступа: свободный. Ссылка доступа: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2065/docs/>

Приложение В

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
		<u>Перечень</u>					
		<u>элементов</u>					
	TR1 - TR7	BSP280	7				
	driver	HCPL-3150	7				
	Atmega 16	Микроконтроллер	1				
	D1 - D13	Диод	7				
	R1 - R9	Резистор 11 Ом	11				
	R10-R11	Резистор 30 Ом	2				
	R12	Переменный резистор 10 КОм	1				
КП.ХХХХХ.001 ПЭ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Бологов А. А.		7.05.16г.			
Провер.		Каранкевич					
Утвердил							
		Перечень элементов электрической принципиальной схемы			Лит.	Лист	Листов
					У	1	2
					ТПУ ИК Группа 8Е21		

