

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

*Кафедра компьютерной физики и метаматериалов  
на базе Саратовского филиала  
Института радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН*

**РАЗРАБОТКА ПЕРИФЕРИЙНЫХ АКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ  
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ  
ДЛЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА.  
СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 2 курса 252 группы  
направления 03.04.02 «Физика» физического факультета  
**Явчуновского Виктора Сергеевича**

Научный руководитель  
технический директор НПФ «Этна»

В. М. Носачёв

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н. профессор

В. М. Аникин

Саратов

2017

## **Введение**

**Актуализация работы.** Современный трамвайный вагон - сложное комплексное устройство, в котором обеспечивается выполнение огромного количества функций. Основной функцией является обеспечение параметров движения вагона, реализуемого с помощью комплексного устройства - электропривода трамвая. Нельзя оставлять без внимания требования безопасности, обеспечиваемых многократно дублированной системой торможения (электродинамическое и механическое торможение, аварийный выброс песка между колесами и рельсами). Параметры комфорта пассажиров - в том числе климатического комфорта, реализуемого с помощью системы обеспечения микроклимата пассажирского салона и кабины водителя – так же важны.

В настоящей ВКР описываются исследования и разработка систем управления устройствами для самого современного отечественного сочлененного (3-секционного) трамвайного вагона модели 71-931М, разработанного в конце 2016 г. предприятием ПК «Транспортные системы» (г. Москва). В настоящее время по контракту с ООО «Мосгортранс» ПК «Транспортные системы» изготавливает и поставляет в Москву 300 таких трамваев.

**Целью работы** является создание двух распределённых систем управления.

### **Задачи работы:**

1. Разработка схемотехнического решения системы кондиционирования воздуха для городского транспорта.
2. Разработка блока управления аварийным торможением.

### **Структура ВКР:**

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и трёх приложений. Объём, исключая приложения – 75 страниц.

Первая глава раскрывает характеристики периферийных устройств, системе управления которыми посвящена работа. Во второй описывается процесс разработки принципиальных электрических схем. В третьей и четвёртой – разработка программного обеспечения для систем кондиционирования воздуха и пескоподачи соответственно. Пятая глава – об отладке и тестировании разработанных систем.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Описание периферийных устройств трамвайного вагона - системы кондиционирования воздуха и аварийной системы торможения и общих подходов к управлению этими системами**

В настоящей главе дается полное описание конфигурации системы кондиционирования воздуха и основных принципов обеспечения комфортного микроклимата трамвайного вагона, а также конфигурации аварийной системы безопасности - системы пескоподачи трамвая и основных предъявляемых к ней требований.

### **Глава 2. Разработка принципиальной электрической схемы аварийной системы торможения и системы автоматического управления системы кондиционирования воздуха**

Обосновывается выбор микроконтроллера Atmel AT90CAN в качестве основного контроллера разрабатываемых систем, описываются его основные модули. Приводятся разработанные в ходе работы схемы (рис. 1, 2). Подбор остальных ключевых элементов – блока питания Mornsun WRB2405CS-3W, оптронов Toshiba TLP521 и CAN драйвера Texas instruments SN65HVD252D – объясняется ближе к концу этой главы.

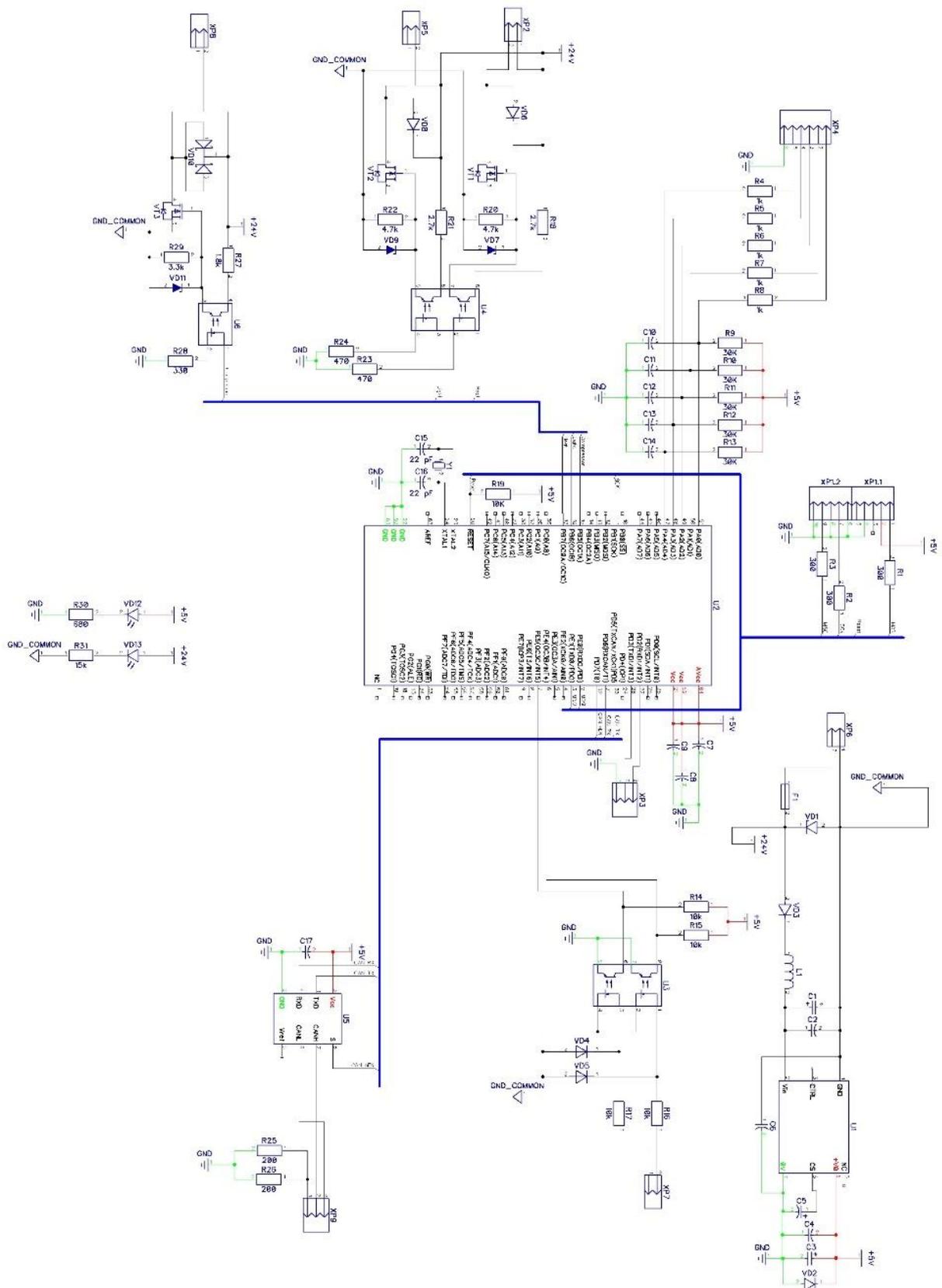


Рисунок 1 - принципиальная электрическая схема платы управления УПП

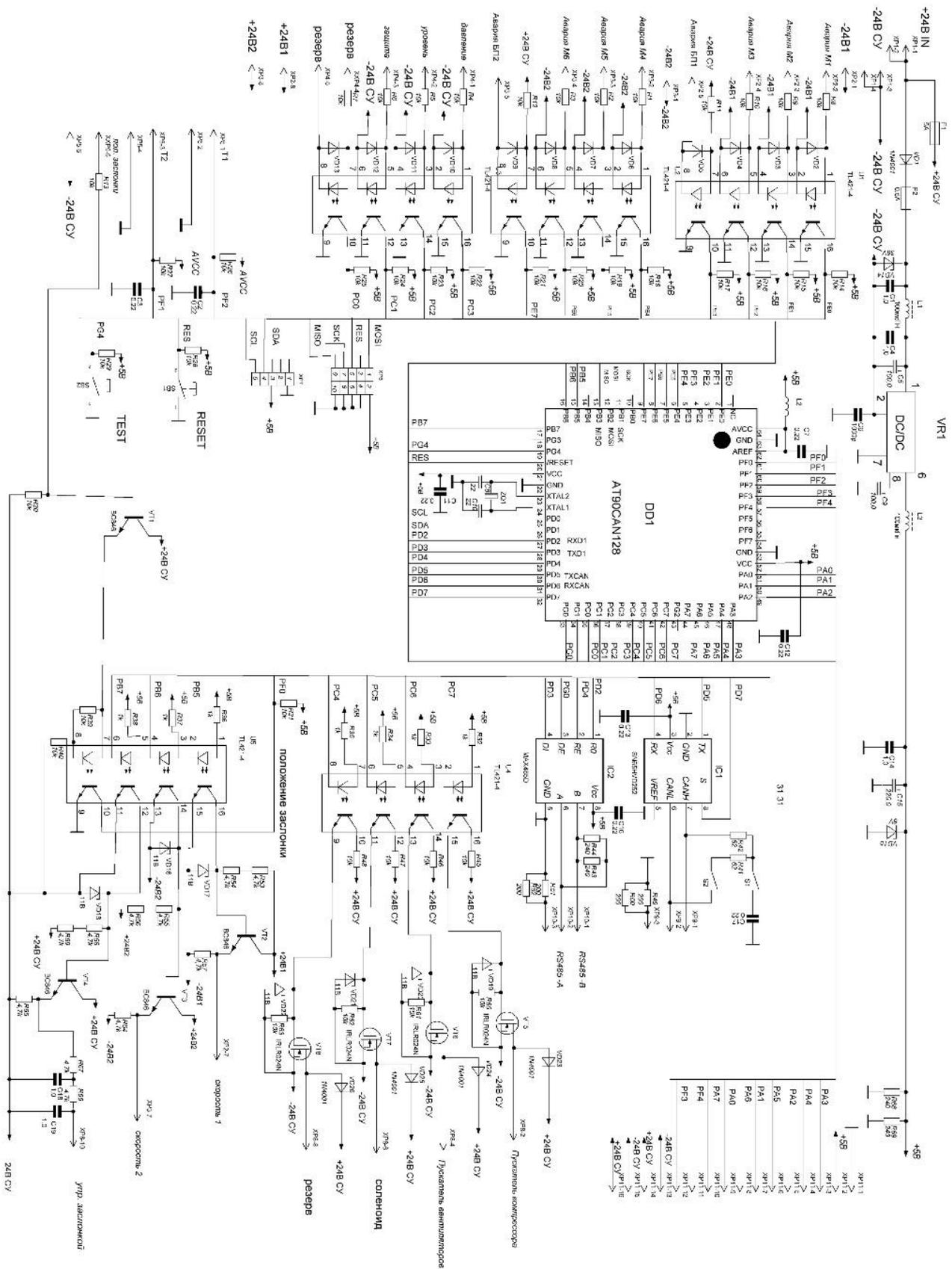
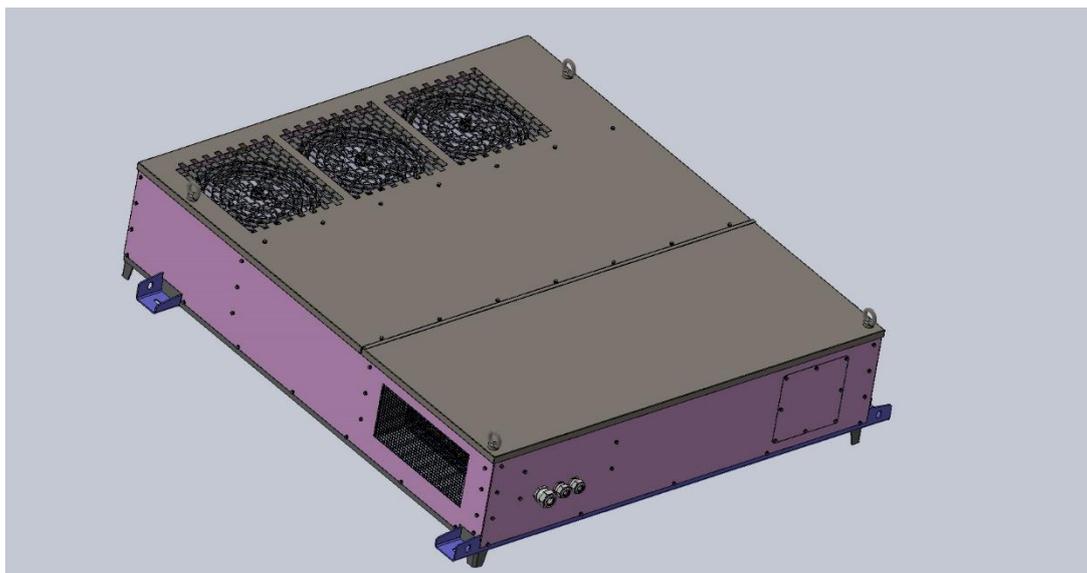


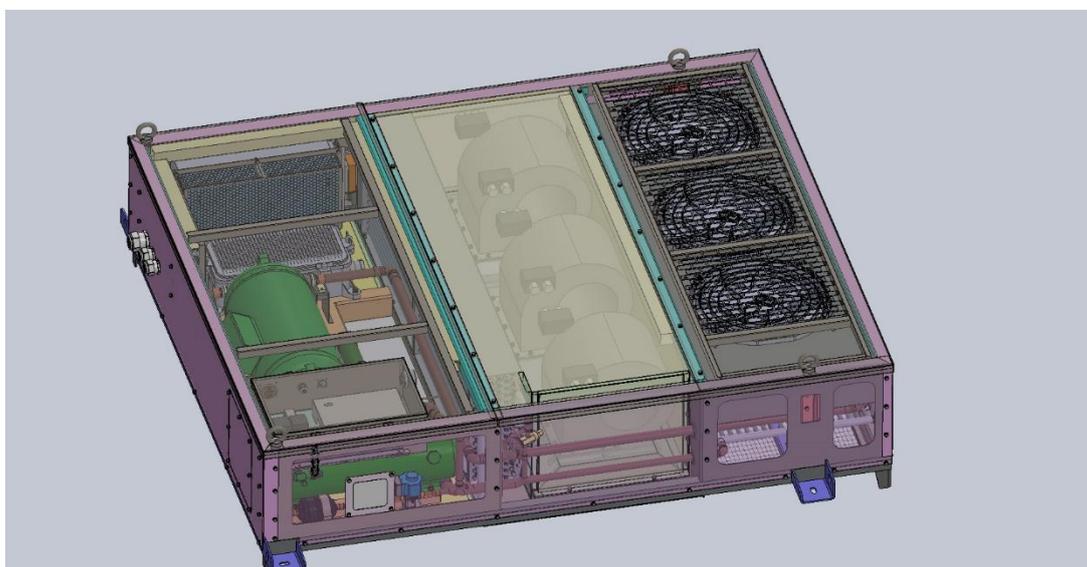
Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема платы управления системы кондиционирования воздуха СКВ-СТ-24000

### Глава 3. Разработка программного обеспечения системы автоматического управления системы кондиционирования воздуха

Приводятся тепловые расчёты для уточнения параметров системы кондиционирования воздуха, описываются основные узлы, для наглядности демонстрируются 3D-модели устройства (рис. 3) и гидравлическая схема (рис. 4).



*а*



*б*

Рисунок 3: а – 3D-модель, б – гидравлическая схема

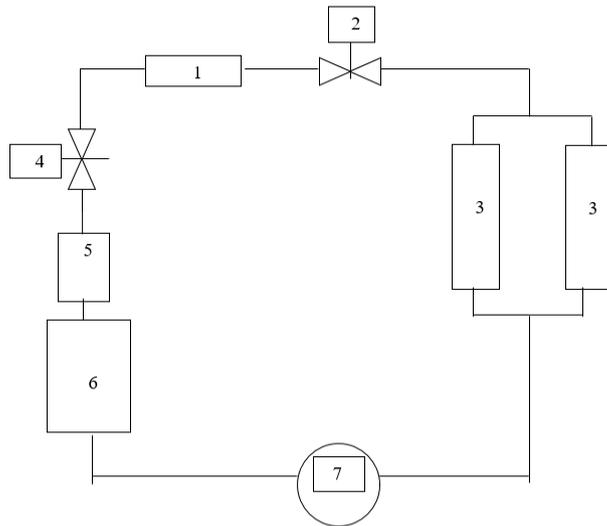


Рисунок 4 - гидравлическая схема системы кондиционирования воздуха: 1 - осушитель; 2 - терморегулирующий вентиль (ТРВ); 3 - испарители; 4 - соленоидный клапан; 5 - ресивер; 6 - конденсатор; 7 - компрессор

Описываются требования к алгоритму управления всеми описанными выше исполнительными устройствами и приводится сам алгоритм (рис. 5, 6).

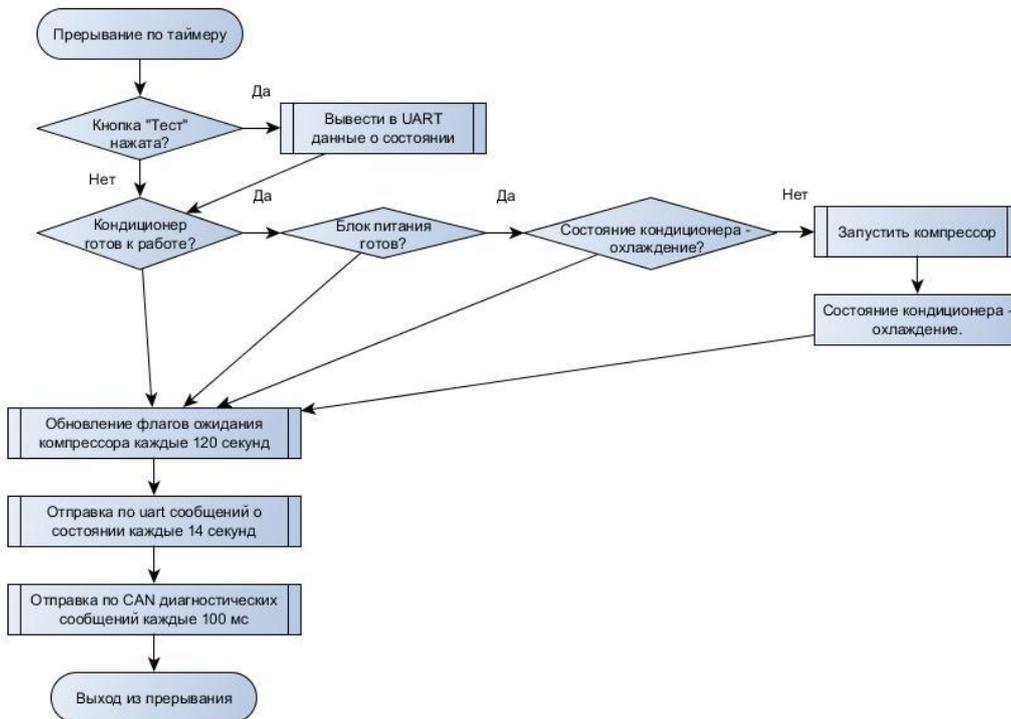


Рисунок 5 - блок-схема прерывания по таймеру

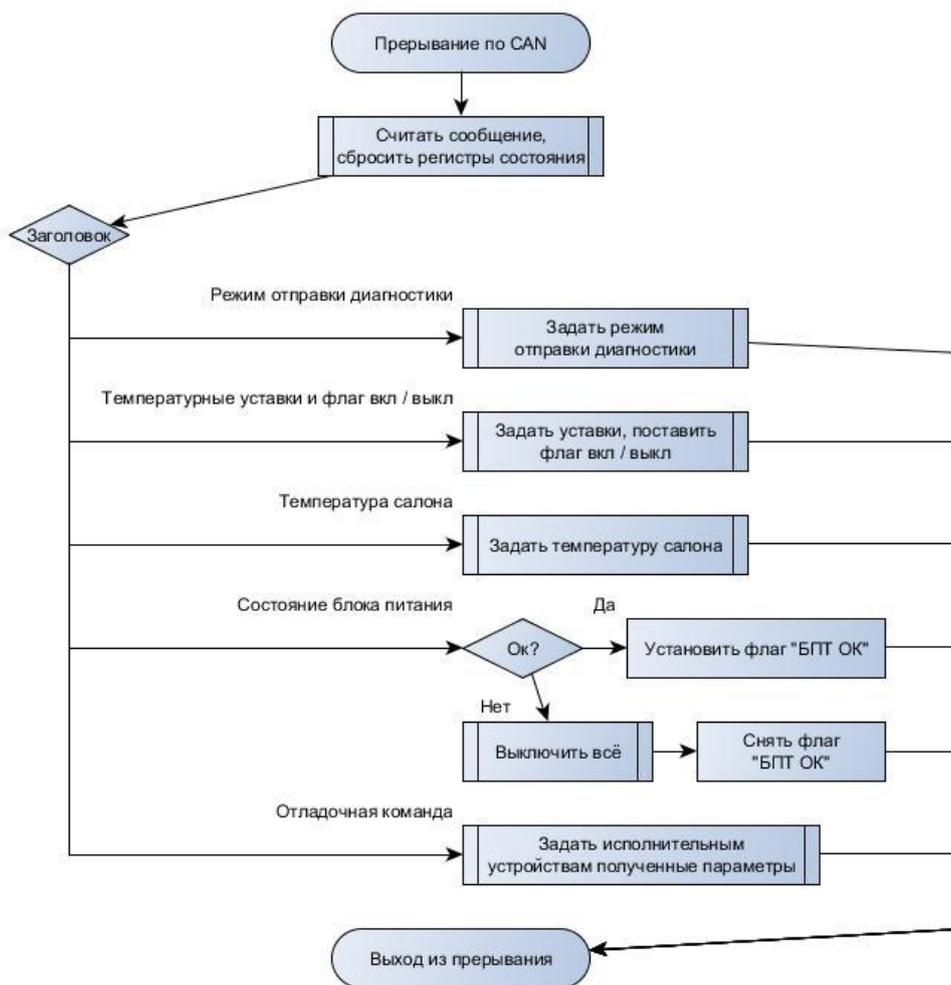


Рисунок 6 . Блок-схема прерывания по событию CAN

## Глава 4. Разработка программного обеспечения системы автоматического управления аварийной системы торможения

Устройства пескоподачи (УПП) предназначены для подачи песка между колесами и рельсами. Это реализуется в режимах аварийного торможения, когда основные системы торможения не способны обеспечить требуемую длину тормозного пути. В конструкцию описываемого трамвайного вагона модели 7-931 М входят 3 моторные тележки, под их передние колеса с левой и правой стороны в аварийных ситуациях вбрасывается песок из шести устройств подачи песка.

В данной главе приведены основные характеристики устройств, перечислены их основные узлы, изложены требования к алгоритму системы управления и представлен алгоритм разработанной прошивки (рис. 7, 8, 9).

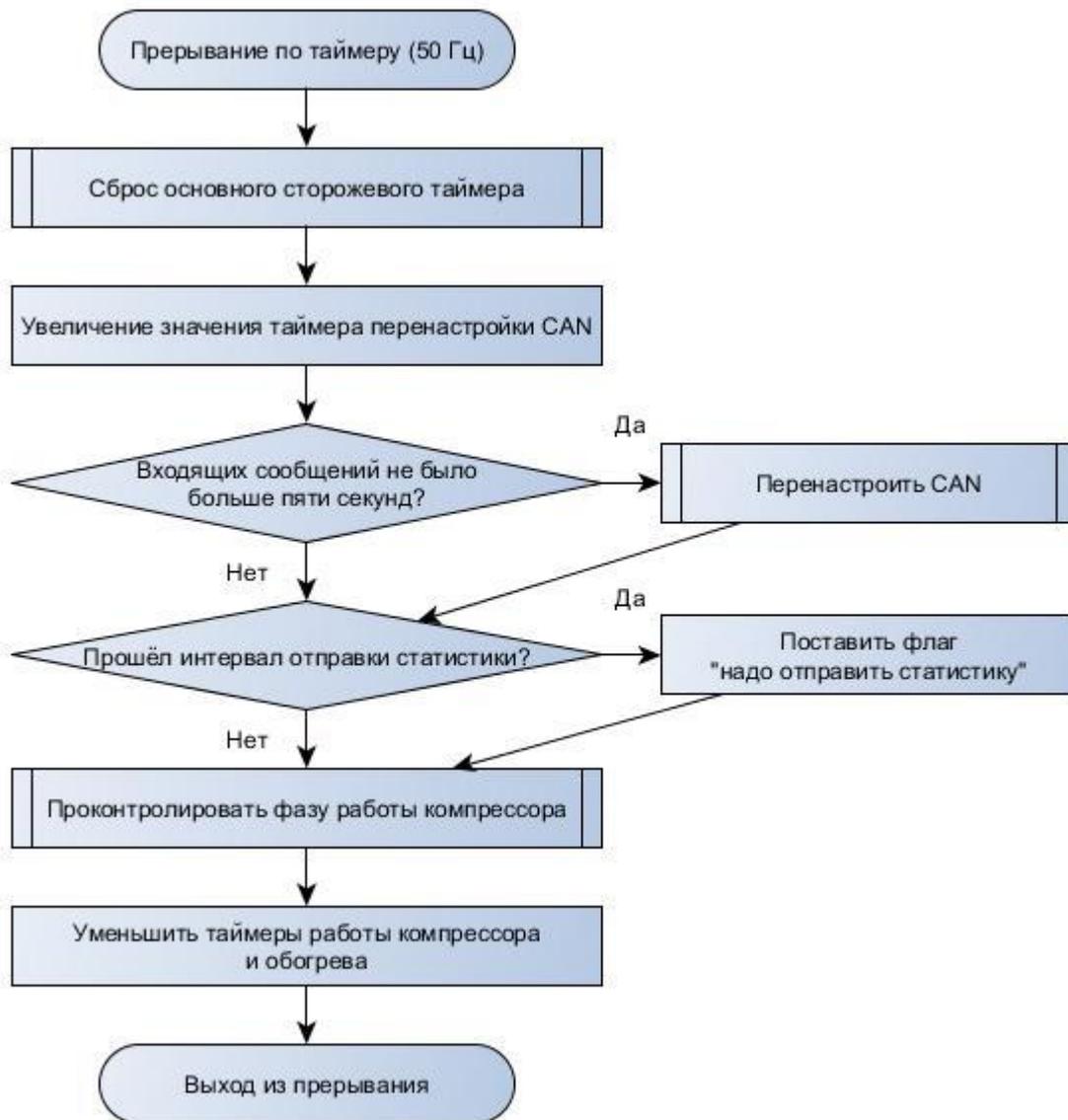


Рисунок 7 - блок-схема прерывания по таймеру

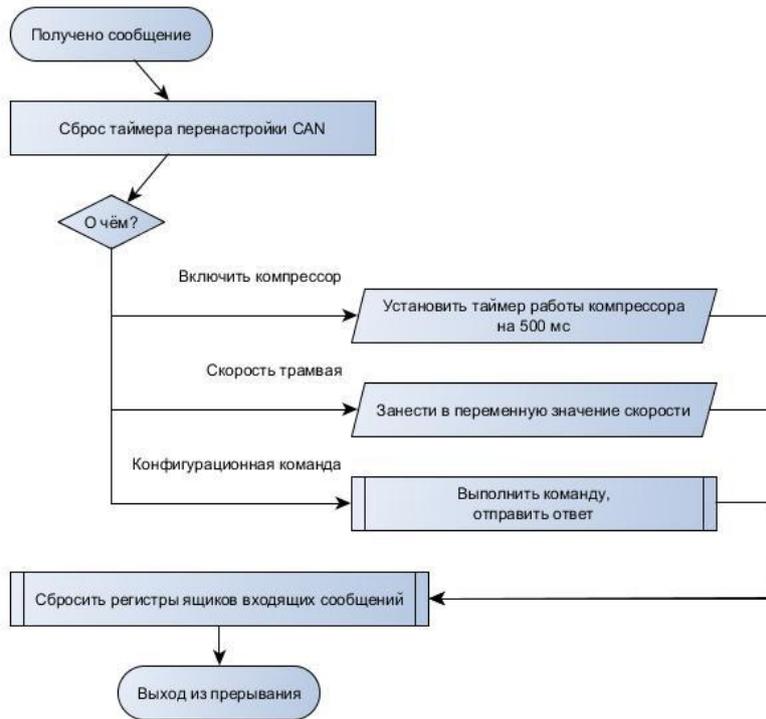


Рисунок 8 - блок-схема прерывания по приёму сообщения

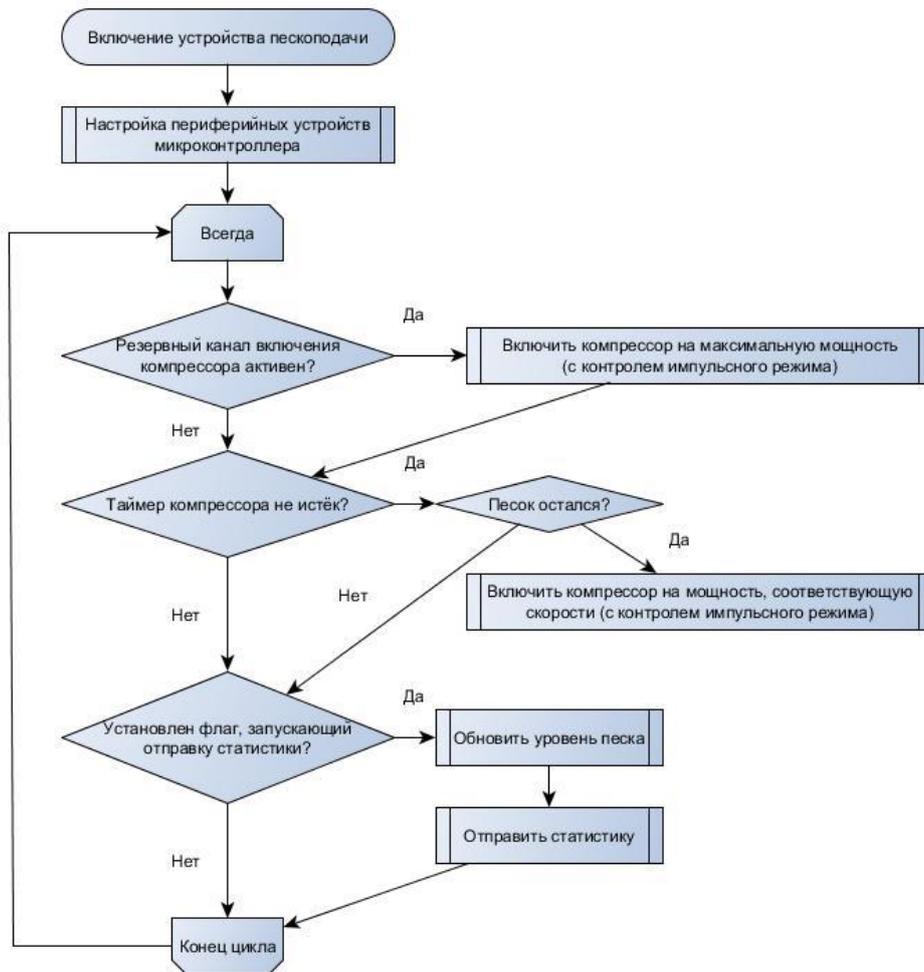


Рисунок 9 - блок-схема основного процесса

## **Глава 5. Отладка, запуск и тестирование систем управления**

Важнейшим этапом разработки систем управления является их отладка и тестирование. Зачастую этот этап занимает более 50% от общего времени разработки. Отладке, запуску и тестированию разработанных систем управления кондиционером и системой устройств подачи песка посвящена настоящая глава.

Краткое содержание главы: разработаны прошивки для основного контроллера обеих систем и тестирующие программы для ПК.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основной задачей являлась разработка двух сложных электронных блоков: блока управления кондиционером и блока управления устройствами подачи песка (УПП). По итогам проведенной работы задачи были успешно решены. Блоки управления – разработаны, проверены и в лабораторных условиях, и в эксплуатации; разработка доведена до стадии освоения в серийном производстве. Блоки управления устройствами подачи песка (УПП) изготовлены в серийном производстве в количестве уже более 300 штук, блоки управления кондиционером – 18 штук; устройства успешно эксплуатируются в составе устройств новых трамвайных вагонов модели 71-931М («Витязь-М») разработки и производства ПК «Транспортные системы» (г. Москва).

### **Список использованных источников**

1. Мирошник А.В., Явчуновский В.Я. Климат-контроль как наиболее эффективный подход к энергосбережению на городском электротранспорте. Ч. 1. Экспериментальные данные и предварительные расчеты. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та. Вып. 18. 2011. С. 3-16.
2. Мирошник А.В., Явчуновский В.Я., Козлов А.В. Климат-контроль как наиболее эффективный подход к энергосбережению на городском электротранспорте. Ч. 2. Теоретическая оценка энергопотребления // Вопросы прикладной физики. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та. Вып. 18. 2011. С. 16-22.
3. Устройство нагрева воздуха: пат. на изобретение №2557875 Рос. Федерация/ Безрукавный С. В., Корнев И. А., Тимофеев А. И.; патентообладатель НПФ «ЭТНА», заявл. 29.04.14, выд. 30.06.15 г., опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21.
4. Устройство для создания воздушно - тепловой завесы вагона электротранспорта: пат. на полезную модель №ПМ143153 Рос. Федерация/ Безрукавный С. В., Корнев И. А., Тимофеев А. И.; патентообладатель НПФ «ЭТНА», заявл. 29.04.14, выд. 29.06.2014, опубл. 20.07.2014 г., Бюл. № 20.
5. Блок нагнетания и нагрева воздуха: пат. на полезную модель №ПМ143310 Рос. Федерация/ Безрукавный С. В., Корнев И. А., Тимофеев А. И.; патентообладатель НПФ «ЭТНА», заявл. 29.04.14, выд. 29.06.2014, опубл. 20.07.2014 г., Бюл. № 20.
6. Безрукавный С. В., Явчуновский В. Я. Физические основы модернизации системы вентиляции салонов вагонов электропоездов. Вопросы прикладной физики. Вып.19, 2012 г. С. 3-13.

7. Безрукавный С. В., Явчуновский В. Я.. Проблемы стабилизации температуры воздуха в вагонах электропоездов в режиме стационарного обогрева. Ч. 1. Анализ источников неустойчивости теплового режима и разработка подходов к решению проблемы. // Вопросы прикладной физики. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. Вып.19. 2012. С. 14-25.
8. Безрукавный С. В., Явчуновский В. Я., Козлов А. В.. Проблемы стабилизации температуры воздуха в вагонах электропоездов в режиме стационарного обогрева. Ч. 2. Анализ переходных процессов, возникающих при переключении режимов стационарного обогрева. // Вопросы прикладной физики. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. Вып.19. 2012. С. 26-33.
9. Безрукавный С. В., Явчуновский В. Я., Козлов А. В., Шатунов Д. А.. Проблемы стабилизации температуры воздуха в вагонах электропоездов в режиме стационарного обогрева. Ч. 3. Экспериментальное исследование переходных процессов, возникающих при переключении режимов стационарного обогрева. // Вопросы прикладной физики. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. Вып.19. 2012. С. 34-43.
10. Гольдштейн С.Б., Носачев В.М., Кобец А.К., Явчуновский В.С. Система автоматического управления микроклиматом троллейбуса. Ч. 1. Режимы работы и экономические аспекты задачи энергосбережения // Вопросы прикладной физики: Межвуз. науч. сб. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2014. – Вып.21 – С. 27-33.
11. Носачев В.М., Кобец А.К., Явчуновский В.С. Система автоматического управления микроклиматом троллейбуса. Ч. 2. Схематическое решение и конструкция блока управления системы // Вопросы прикладной физики: Межвуз. науч. сб. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2014. – Вып.21 – С. 34-38.
12. Буланов Д.В., Корнев И.А., Кобец А.К.. Сравнительный анализ различных конфигураций и режимов работы тепловых завес для электрических транспортных средств. Ч. 1. Общие подходы к проектированию воздушных завес// Вопросы прикладной физики. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. Вып. 22. 2015. С. 76-80.
13. Буланов Д.В., Корнев И.А., Кобец А.К.. Сравнительный анализ различных конфигураций и режимов работы тепловых завес для электрических транспортных средств. Ч. 2. Проектирование системы воздушнотепловых завес для вагона пригородного электропоезда// Вопросы прикладной физики. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. Вып. 22. 2015. С. 81-85.
14. Григорьян С.В., Козлов А.В., Тимофеев А.И., Явчуновский В. Я.. Теплофизические проблемы функционирования блоков тормозных резисторов.// Вопросы прикладной физики. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. Вып.22. 2015. С. 34-43.
15. Блок самовентилируемых резисторов для электрического общественного транспорта: пат. на полезную модель №ПМ143153 Рос. Федерация/ В. Я. Явчуновский, С.В. Григорьян, А.В. Козлов, А.И. Тимофеев; патентообладатель ООО НПФ «Этна», №2008500244, заявл. 29.01.2013; опубл. 21.08.2014.
16. Блок резисторов для общественного электротранспорта: пат. на изобретение №2557875 Рос. Федерация/ В. Я. Явчуновский, С.В. Григорьян, А.В. Козлов, А.И. Тимофеев; патентообладатель ООО НПФ «Этна», №2008500244, заявл. 29.01.2013; опубл. 18.11.2015.
17. Отопитель электротранспортный: пат. на изобретение 2343365 Рос. Федерация: МПК F24H 3/04/Явчуновский В.В., Пресняков И.И., Хомутов П.К.; патентообладатель ООО НПФ «Этна», - № 2006144137/06, заявл. 14.12.2006; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1.
18. Обогреватель воздуха салона электротранспорта: пат. на изобретение 2343364 Рос. Федерация: МПК F24H 3/04/Явчуновский В.В., Пресняков И.И., Хомутов П.К.; патентообладатель ООО НПФ «Этна», № 2006144138/06, заявл. 14.12.2006; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1.
19. Отопитель электротранспортный: пат. на промышленный образец 67299 Рос. Федерация: МПКО 23/03/Явчуновский В.В., Пресняков И.И., Хомутов П.К.; патентообладатель ООО НПФ «Этна», № 2006504061, заявл. 14.12.2006; опубл. 16.07.2008.
20. Устройство для подогрева воздуха электротранспорта: пат. на полезную модель 73058 Рос. Федерация: МПК F24H 3/04/Явчуновский В.Я., Явчуновский В.В., Козлов А.В.; патентообладатель ООО НПФ «Этна», № 2008102714/11, заявл. 29.01.2008; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 13.

21. Отопитель электротранспортный: пат. на промышленный образец 68448 Рос. Федерация: МКПО 23-03/Явчуновский В.Я., Явчуновский В.В., Козлов А.В.; патентообладатель ООО НПФ «Этна», №2008500244, заявл. 29.01.2008; опубл. 16.11.2008.
22. Статья о CAN на википедии. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller\\_Area\\_Network](https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network)
23. Краткий обзор протокола CAN. Часть I. URL: <http://www.micromax.ru/solution/theory-practice/articles/2160/>
24. Краткий обзор протокола CAN. Часть II. URL: <http://www.micromax.ru/solution/theory-practice/articles/2161/>
25. Описание микроконтроллера Atmel AT90CAN128 / 64 / 32. URL: <http://www.atmel.com/ru/ru/devices/AT90CAN128.aspx>
26. Документация к микроконтроллерам Atmel AT90CAN128 / 64 / 32. URL: <http://www.atmel.com/images/doc7679.pdf>