

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**РАЗРАБОТКА БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТАМИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА  
СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ПРОГРАММНОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 5 курса 521 группы  
направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
факультета компьютерных наук и информационных технологий  
Каргина Михаила Сергеевича

Научный руководитель

к. ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Л.Б. Тяпаев

подпись, дата

Зав. кафедрой

к. ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Л.Б. Тяпаев

подпись, дата

Саратов 2019

## Введение

**Актуальность темы.** Ситуация на современном мировом рынке обязует производителей не только выпускать продукцию, соответствующую местным и международным стандартам, но и привносить, реализовывать и продвигать свои необычные идеи, которые вначале становятся «изюминкой» именно этого производителя, а далее, если оказались действительно стоящими, перенимаются конкурентами и начинают окружать нас повсюду. Подобная ситуация коснулась не только потребительской продукции, но и абсолютно всех сфер общественной жизни, в том числе и городского транспорта.

Современный трамвайный вагон – это больше не просто железный короб с двигателем, окнами, дверями и пантографом. Это сложный автоматизированный комплекс, в котором обеспечивается выполнение огромного количества разнородных основных и вспомогательных функций.

К самой основной функции, безусловно, относится обеспечение параметров движения трамвайного вагона, реализуемого с помощью комплексного устройства - электропривода трамвая. Однако нельзя оставлять без внимания также и требования безопасности, обеспечиваемых, в частности, многократно дублированной системой торможения (электродинамическое и механическое торможение, и аварийный выброс песка между колесами и рельсами).

В работе описываются исследования и разработка устройств (а точнее - систем управления ими) для самого современного отечественного сочлененного (3х-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 трамваев «Витязь-м».

Полный комплект электрооборудования для этого трамвайного вагона, включая систему электропривода, разработала и поставляет ЗАО «Канопус» (г.Миасс, Челябинской обл.).

А ряд устройств, предназначенных для обеспечения микроклимата - система кондиционирования воздуха, отопители салона и кабины, тепловые завесы, а также для обеспечения системы торможения трамвая - блоки тормозных резисторов (для электродинамического торможения) и устройства подачи песка между колесами и рельсами (для аварийного торможения) - разрабатывает и выпускает саратовское предприятие НПФ «ЭТНА», на котором и выполнялись описанные в работе исследования и разработка.

В рамках работы были сформулированы основные принципы управления системой аварийного торможения для вагона, разработана принципиальная электрическая схема платы управления, разработан алгоритм её работы и реализовано программное обеспечение (ПО). Важным этапом работы является реализация связи изделия по CAN-шине с общей системой управления трамвая и обеспечение двустороннего обмена информацией с этой системой.

По итогам разработки упомянутой выше платы управления и программного обеспечения для реализации алгоритма управления, его отладки в составе трамвая были созданы серийные устройства, входящие в настоящее время в серийно поставляемое оборудование для трамвайных вагонов модели 71-931М, уже более 270 штук из которых уже сегодня ходят по московским трамвайным маршрутам.

**Цель бакалаврской работы** - разработка системы управления шестью устройствами подачи песка, связанная по CAN-шине с общей системой управления трамвая.

Поставленная цель определила **следующие задачи**:

- 1) изучить требования к устройствам пескоподдачи;
- 2) изучить интерфейс CAN;
- 3) разработать аппаратную часть платы;
- 4) разработать программную часть платы;
- 5) испытать и отладить плату в сборе.

**Теоретическая значимость бакалаврской работы** заключается в детальном изучении всех этапов проектирования и разработки электронных изделий на базе микроконтроллеров.

**Практическая значимость бакалаврской работы:** разработано устройство пескоподачи для аварийного режима торможения вагона, уже более 1000 устройств произведено и установлено в вагоны, поставляемые по контракту с ООО «Мосгортранс».

**Структура и объем работы.** Бакалаврская работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем работы – 60 страниц, из них 47 страниц – основное содержание, включая 18 рисунков и 3 таблицы, цифровой носитель в качестве приложения, список использованных источников информации – 20 наименований.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Первая глава "Описание периферийного устройства трамвайного вагона - аварийной системы торможения и подходу к управлению этой системой"** приводит полное описание конфигурации аварийной системы безопасности - системы пескоподачи трамвая и основных предъявляемых к ней требований. В ней описаны устройства, управление которыми необходимо обеспечить путем создания соответствующей системы управления. Также в ней определены функции изделия, реализованные при выполнении дальнейшей разработки.

**Вторая глава "Интерфейс передачи данных CAN"** посвящена детальному изучению интерфейса передачи CAN.

Автоматизированная система управления трамвайным вагоном использует интерфейс передачи данных CAN (Controller Area Network) для внутренней взаимосвязи подсистем, входящих в неё. В том числе это касается и рассматриваемого изделия – устройства пескоподачи.

В этой главе описывается история, структура пакетов и характеристики сетей, построенных на интерфейсе CAN.

**Третья глава "Разработка аппаратной части платы управления аварийной системой торможения"** посвящена проектированию электронной схемы и печатной платы для рассматриваемой системы.

В этой главе описывается выбор основного микроконтроллера, приводится информация о его функционале. Разрабатывается принципиальная электрическая схема с пояснениями причин выбора той или иной обвязки. В конце главы приводится внешний вид получившейся платы - блока управления устройством пескоподачи.

**Четвертая глава "Разработка программного обеспечения системы автоматического управления аварийной системы торможения"** посвящена реализации программной части рассматриваемой системы.

Устройства пескоподачи (УПП) трамвайного вагона предназначены для подачи песка между колесами подвижного состава 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 трамвая в аварийных ситуациях вбрасывается песок от, соответственно, шести устройств подачи песка.

В данной главе приводятся характеристики узлов системы, излагаются требования к алгоритму работы и разрабатывается сам алгоритм работы системы.

**Пятая глава "Отладка, запуск и тестирование систем управления"** посвящена отладке, запуску и тестированию разработанной системы устройств подачи песка (УПП).

Важнейшим этапом разработки любых систем управления является их отладка и тестирование. Зачастую этот этап занимает более 50% от общего времени разработки этих устройств.

В этой главе произведена корректировка прошивки основного микроконтроллера, устранены схемотехнические недочёты. Также разработано ПО на ПК для тестирования системы в лабораторных условиях и на вагоне.

## **Заключение**

Представленная работа была посвящена созданию периферийных активных устройств распределенной автоматизированной системы управления трамвайным вагоном. Целью работы являлась разработка сложной системы управления шестью устройствами подачи песка, связанной по CAN-шине с общей системой управления трамвая. В ходе работы были решены задачи:

- 1) Изучены требования к устройствам пескоподачи;
- 2) Изучен интерфейс CAN;
- 3) Разработана схема электронной платы и подобраны компоненты;
- 4) Разработано ПО (прошивка) для электронной платы;
- 5) Система пескоподачи была собрана, испытана и отлажена на вагоне.

Блок управления – разработан, проверен и в лабораторных условиях, и в эксплуатации, разработка доведена до стадии освоения в серийном производстве. Так блоки управления устройствами подачи песка (УПП) изготовлены в серийном производстве в количестве уже более 1000 штук и успешно эксплуатируются в составе устройств подачи песка в новых трамвайных вагонах модели 71-931М («Витязь-М») разработки и производства ПК «Транспортные системы» (г. Москва).

Работа по созданию этих устройств выполнялась в течение 2-х лет в НПФ «ЭТНА» (г. Саратов).

В процессе выполнения этой работы были пройдены все стадии исследования от ручного изготовления и тестирования электронных плат блоков управления до освоения их в серийном производстве, разработки программного обеспечения, отладки функционирования комплексных устройств, в состав которых они входят. В том числе - и непосредственно на объекте - трамвайных вагонах модели 71-931М («Витязь-М») уже поступивших в эксплуатацию в трамвайное депо им. Н. Э. Баумана г. Москвы.

Таким образом, поставленные цель и задачи выполнены полностью.

## **Основные источники информации:**

1. Controller Area Network (CAN). Описание протокола [Электронный ресурс] / Википедия [Электронный ресурс] : Свободная энциклопедия . -URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller\\_Area\\_Network](https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network) (дата обращения 20.05.2019). - Загл. с экрана. -Яз. рус.
2. Краткий обзор протокола CAN. Часть I [Электронный ресурс] / MicroMax [Электронный ресурс] : Надежные решения для жестких условий эксплуатации . -URL: <http://www.micromax.ru/solution/theory-practice/articles/2160/> (дата обращения 20.05.2019). - Загл. с экрана. -Яз. рус.
3. Краткий обзор протокола CAN. Часть II [Электронный ресурс] / MicroMax [Электронный ресурс] : Надежные решения для жестких условий эксплуатации . -URL: <http://www.micromax.ru/solution/theory-practice/articles/2161/> (дата обращения 20.05.2019). - Загл. с экрана. -Яз. рус.
4. CAN [Электронный ресурс] / BookASUTP [Электронный ресурс] : Энциклопедия АСУ ТП. -URL: [https://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_6.aspx](https://www.bookasutp.ru/Chapter2_6.aspx) (дата обращения 20.03.2019). - Загл. с экрана. -Яз. рус.
5. Atmel AT90CAN128 [Электронный ресурс] / Microchip [Электронный ресурс] : Device overview. -URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/AT90CAN128> (дата обращения 20.05.2019). - Загл. с экрана. -Яз. англ.
6. Atmel AT90CAN128 [Электронный ресурс] / Microchip [Электронный ресурс] : Datasheet. -URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc7679.pdf> (дата обращения 20.05.2019). - Загл. с экрана. -Яз. англ.
7. DeviceNet CAN Transceivers [Электронный ресурс] / Texas Instruments [Электронный ресурс] : Datasheet. -URL: <http://www.ti.com/lit/ds/sllse37/sllse37.pdf> (дата обращения 20.05.2019). - Загл. с экрана. -Яз. англ.