

УДК 629.4.053.3

А. М. Костроминов, Т. В. КрючковаПетербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I**М. Ю. Королев**

Петербургский метрополитен

**АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДВИЖЕНИЕМ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА В МЕТРОПОЛИТЕНЕ
НА БАЗЕ RFID-ТЕХНОЛОГИИ**

Рассматриваются вопросы применения RFID-технологии в системе бесконтактной привязки к пути головных вагонов поездов (СБПП), которая является составной частью системы автоматического управления движением поездов. Разработана структура СБПП, определены ее функции. Разработан алгоритм функционирования системы автоматического управления движением поездов. Внедрение СБПП на базе технологии радиочастотной идентификации направлено на повышение эффективности, надежности и безопасности функционирования систем автоматического управления движением поездов.

Заявленная система управления движением электроподвижного состава успешно прошла отладочные испытания и введена в опытную эксплуатацию в Санкт-Петербургском метрополитене.

RFID-технология, радиометка, ридер, система бесконтактной привязки к пути головных вагонов поездов.

Введение

Совершенствование систем управления с высокой степенью автоматизации направлено на уменьшение затрат по их техническому обслуживанию, а также на уменьшение влияния человеческого фактора и тем самым на повышение безопасности при эксплуатации. Этому способствует внедрение RFID (Radio Frequency Identification) – технологии с применением соответствующих программно-аппаратных средств.

В метрополитене на базе радиочастотной технологии разработана система бесконтактной привязки к пути (СБПП) головных вагонов поездов, которая является составной частью комплекса автоматического управления движением поездов [1].

СБПП является многофункциональной и предназначена для:

– жесткого программного автоведения поездов, для формирования управляющих ко-

манд с помощью напольных RFID-элементов поездным устройствам автоведения (ПУАВ), заменяя технологию ведения по «доскам», а также устройствам поездного оповещения пассажиров (УПО) и бортовым устройствам регистрации событий (БУР), обеспечивая их автоматическую работу;

– коррекции графиков движения поездов с использованием радиомодемной связи бортовой части СБПП с центральным постом комплексной автоматизированной системы диспетчерского управления (ЦП КАС ДУ) через станционные устройства сопряжения;

– осуществления привязки к точкам пути подвижных единиц метрополитена;

– синхронизации бортовых часов с часами Центра автоматизированной системы управления движением поездов;

– осуществления информационной поддержки машинистов поездов;

– решения многочисленных перспективных задач создания Единого комплекса авто-

матризированной системы адаптивного управления движением поездов в Петербургском метрополитене.

В соответствии со спецификой метрополитена при разработке системы СБПП были учтены следующие факторы: значительный диапазон колебаний питающего напряжения источника вагонного питания; значительный диапазон колебаний температуры окружающей среды; несовместимость подплатформенных поверхностей и поверхностей тоннелей в отдельных расчетных точках пути с условиями закрепления носителей постоянной информации (RFID-средств).

В последнем случае задача решается с помощью регрессионной модели радиовидимости меток [2].

1 Структурно-функциональное построение СБПП

Вариант обобщенной структурно-функциональной схемы СБПП и связей с ПУАВ, УПО, ЦП КАС ДУ представлен на рис. 1.

Метки, контроллер, ридер с антенной, бортовой и станционный радиомодемы с антеннами и элементы питания образуют систему бесконтактной привязки к пути СБПП. СБПП включает в себя две части: вагонную и станционную.

Для выполнения задачи бесконтактной привязки к пути головных вагонов вдоль пути движения поездов на станциях и перегонах в определенных фиксированных точках установлены пассивные радиометки, в память которых занесена необходимая для автоведения поездов информация. Для получения информации из радиометок на борту головных вагонов поездов имеются ридеры, реализующие RFID протокол. Работа метки осуществляется за счет «накачивания» ее энергией от ридера, в результате чего устанавливается двухсторонняя связь между ридером и меткой.

Ридер постоянно находится в режиме поиска радиометки и по ее нахождению передает закодированное в ней сообщение контроллеру. Для управления ридером, а также

для обработки информации, полученной из радиометки, контроллер формирует предусмотренные алгоритмом команды и реализующий интерфейс связи с бортовым оборудованием автоведения.

Жестко запрограммированная в метках информация обеспечивает режим автоведения поездов по усредненному графику, однако возможны непреднамеренные отклонения от него. Для коррекции характеристик движения поездов в таких случаях контроллер имеет связь с ЦП КАС ДУ с помощью радиомодемов.

2 Алгоритм работы системы управления движением электроподвижного состава в метрополитене на базе RFID-технологии

Работа системы осуществляется следующим образом. По прибытии поезда под управлением машиниста из депо на станцию оборота в заданное время, согласно расписанию, в момент вхождения головного вагона поезда в зону взаимной радиовидимости поездного и станционного радиомодемов вагонный контроллер (ВК) посылает запрос ЦП КАС ДУ через проводной канал и станционный контроллер (СК) станционной аппаратуры КАС ДУ на нитку графика. Диспетчерский центр передает информацию о нитке графика движения данного поезда с указанием расчетного времени отправления со всех станций пути его следования, одновременно осуществляется синхронизация часов диспетчерского центра с часами в вагонном контроллере.

Затем поезд останавливается в зоне радиометки ОПВ («Остановка первого вагона»), где записана информация о стороне открытия дверей, времени их открытого состояния для посадки пассажиров, режиме включения электродвигателей (Х2 или Х3) и времени их включенного состояния для разгона при отправлении поезда с данной станции.

При полной остановке вагонный контроллер вычисляет время открытого состояния

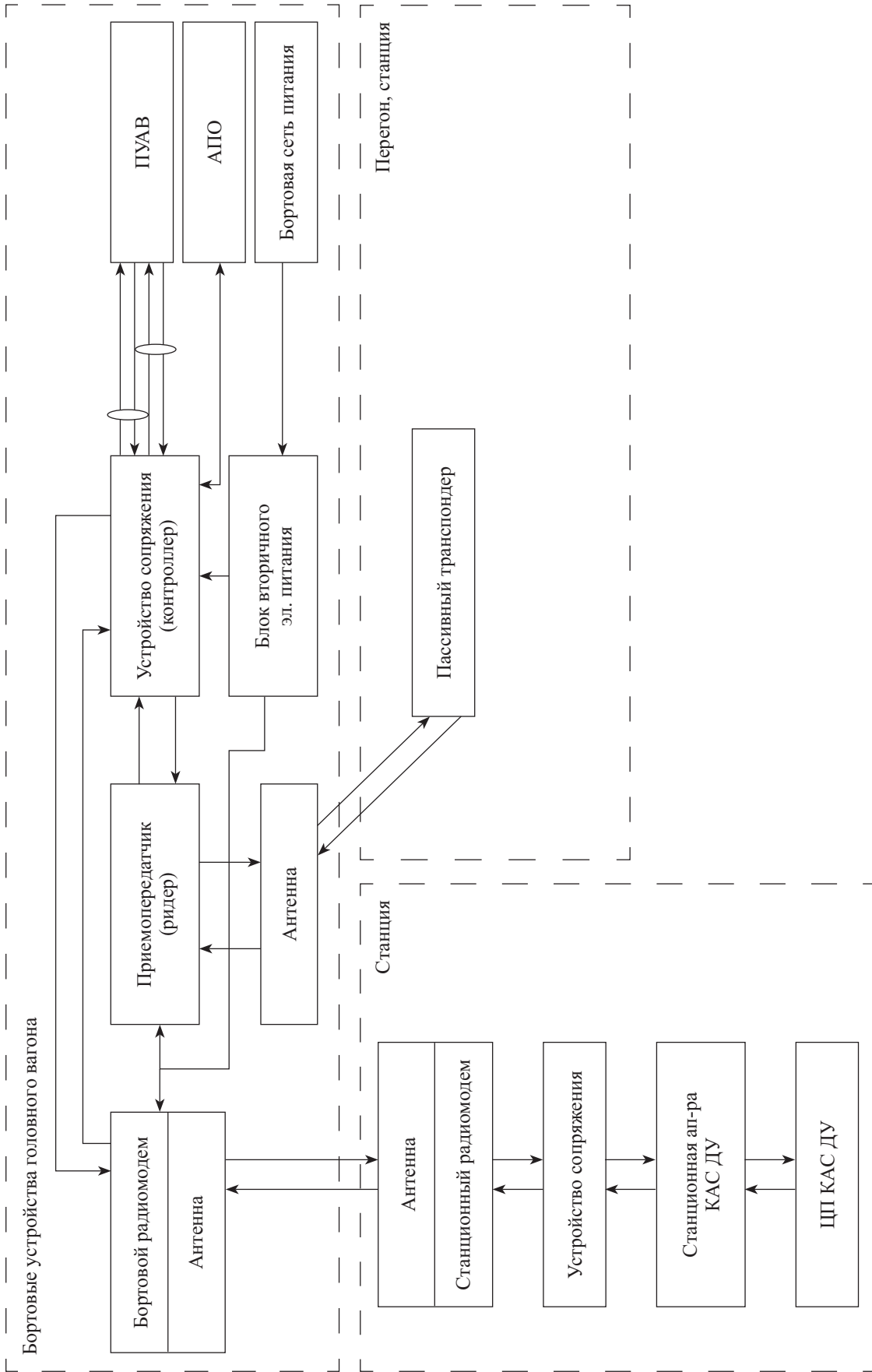


Рис. 1. Структурно-функциональная схема СБПП

дверей t_d , сравнивая полученную от радиометки ОПВ информацию с временем отправления поезда $t_{\text{ОПВ}}$, заданным ниткой графика. По итогам сравнения возможно несколько исходов. Так, если окончание интервала времени, полученного от радиометки ОПВ, совпадает со временем отправления поезда, заданным ниткой графика, то двери открываются на время, полученное от радиометки ОПВ. Если окончание интервала времени, полученного от радиометки ОПВ, отстает от времени отправления поезда, заданного ниткой графика, то вагонный контроллер увеличивает время открытого состояния дверей на интервал, равный времени отставания. Если же окончание интервала времени, полученного от радиометки ОПВ, опережает время отправления поезда, заданного ниткой графика, то вагонный контроллер уменьшает время открытого состояния дверей на интервал, равный времени опережения, но только до определенных пределов, обеспечивающих вход и выход пассажиров.

По истечении расчетного времени из УПО поступает информация, оповещающая пассажиров о закрывании дверей, вагонный контроллер выдает соединенному с ним ПУАВ команду закрыть двери вагонов поезда. Проверив, что все двери фактически закрылись, блок управления вырабатывает сигнал вагонному контроллеру. При получении этого сигнала вагонный контроллер сравнивает момент времени поступления сигнала со временем отправления поезда по нитке графика. На основании результатов сравнения вагонный контроллер принимает решение о режиме включения двигателей – «ход 2» или «ход 3» (Х2 или Х3) – и времени их включенного состояния для разгона поезда и передает эту информацию в блок управления. По истечении расчетного времени двигатели поезда отключаются. Если по каким-то причинам сигнал об отключении двигателей не поступил, находящаяся в расчетной точке пути радиометка ОД даст дополнительный сигнал, повышая надежность операции «отключение двигателей». В зависимости от плана и профиля пути на перегоне могут быть установлены радиометки ТП (подтормаживание), со-

держащие информацию о степени и длительности торможения, радиометки Х2 или Х3, обеспечивающие повторное включение электродвигателей и время их подключения, и радиометки ОД, устанавливаемые на расчетном расстоянии от Х2 или Х3 для надежного отключения электродвигателей. При въезде поезда на станцию устанавливается радиометка СТ1, содержащая программу первой ступени прицельного торможения, а при приближении поезда к зоне ОПВ (примерно за 13 м до ОПВ) устанавливается радиометка СТ2, содержащая программу второй ступени прицельного торможения, которая обеспечивает остановку поезда в заданной точке в створе со знаком «Остановка первого вагона». Содержание информации радиометок ОД, ТП, Х2, Х3, СТ1, СТ2 принимается на вагоне с помощью приемопередатчика, декодируется вагонным контроллером и передается блоку управления на исполнение, обеспечивая автоматическое управление движением поезда от одной станции до другой. При этом, в случае необходимости, вагонный контроллер имеет возможность корректировать время включенного состояния электродвигателей при повторных их включениях на перегоне с целью более эффективного вхождения поезда в нитку графика.

Дальнейшее движение поезда от одной станции к другой осуществляется по вышеизложенному алгоритму.

По прибытии на противоположную станцию оборота, после выхода пассажиров поезд должен зайти в тупик. Движение в тупик осуществляется автоматически: начало движения со станции полностью совпадает с началом движения с любой станции, затем по радиометке ОД, относящейся к тупику, электродвигатели отключаются, далее – прицельное торможение вплоть до остановки в заданной точке выполняется по тупиковым радиометкам СТ1 и СТ2. В тупике головной вагон становится хвостовым, а хвостовой – головным. Машинист переходит в вагон, ставший головным, и активирует систему управления движением. При этом приемопередатчик головного вагона получает информацию о требуемом режиме тяги от меток

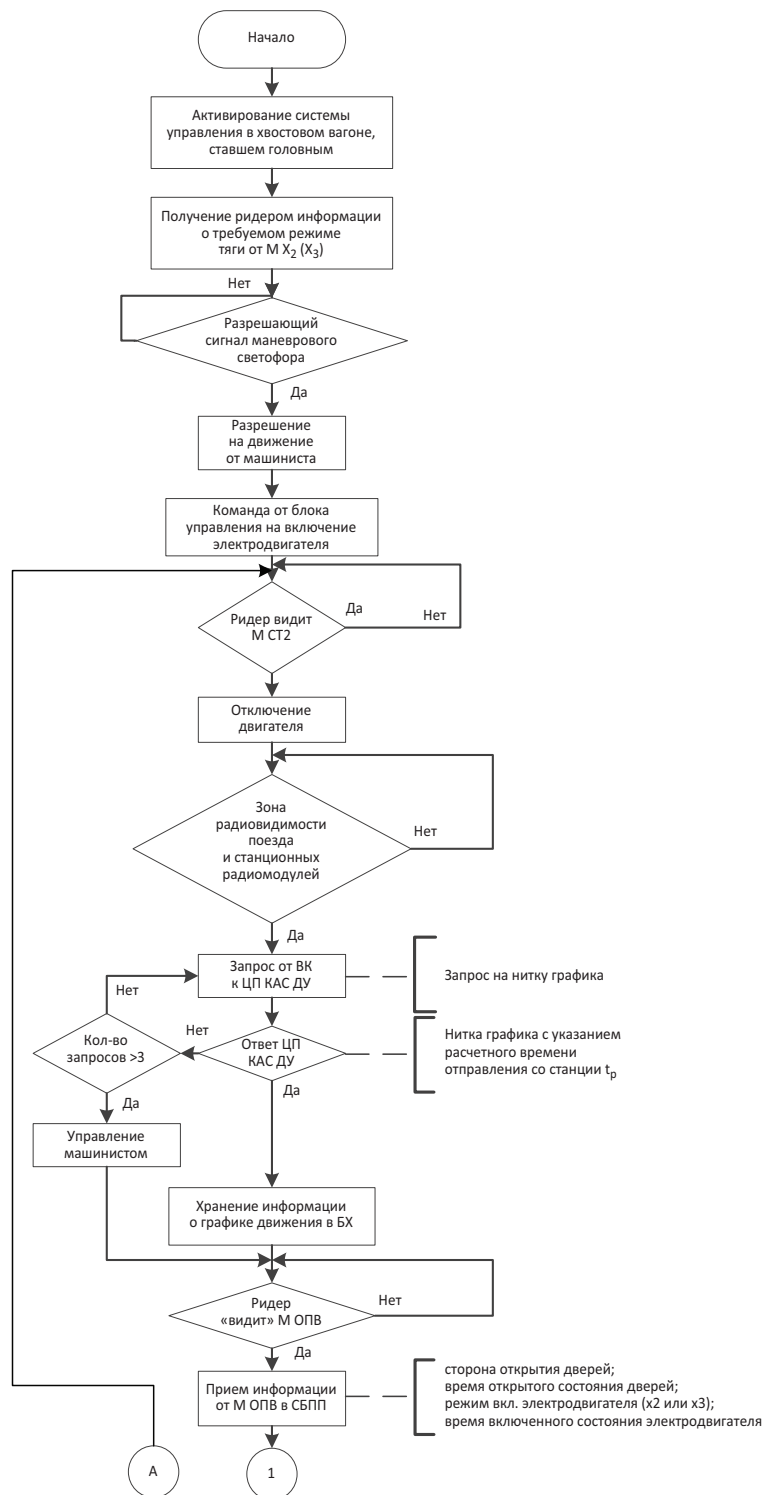
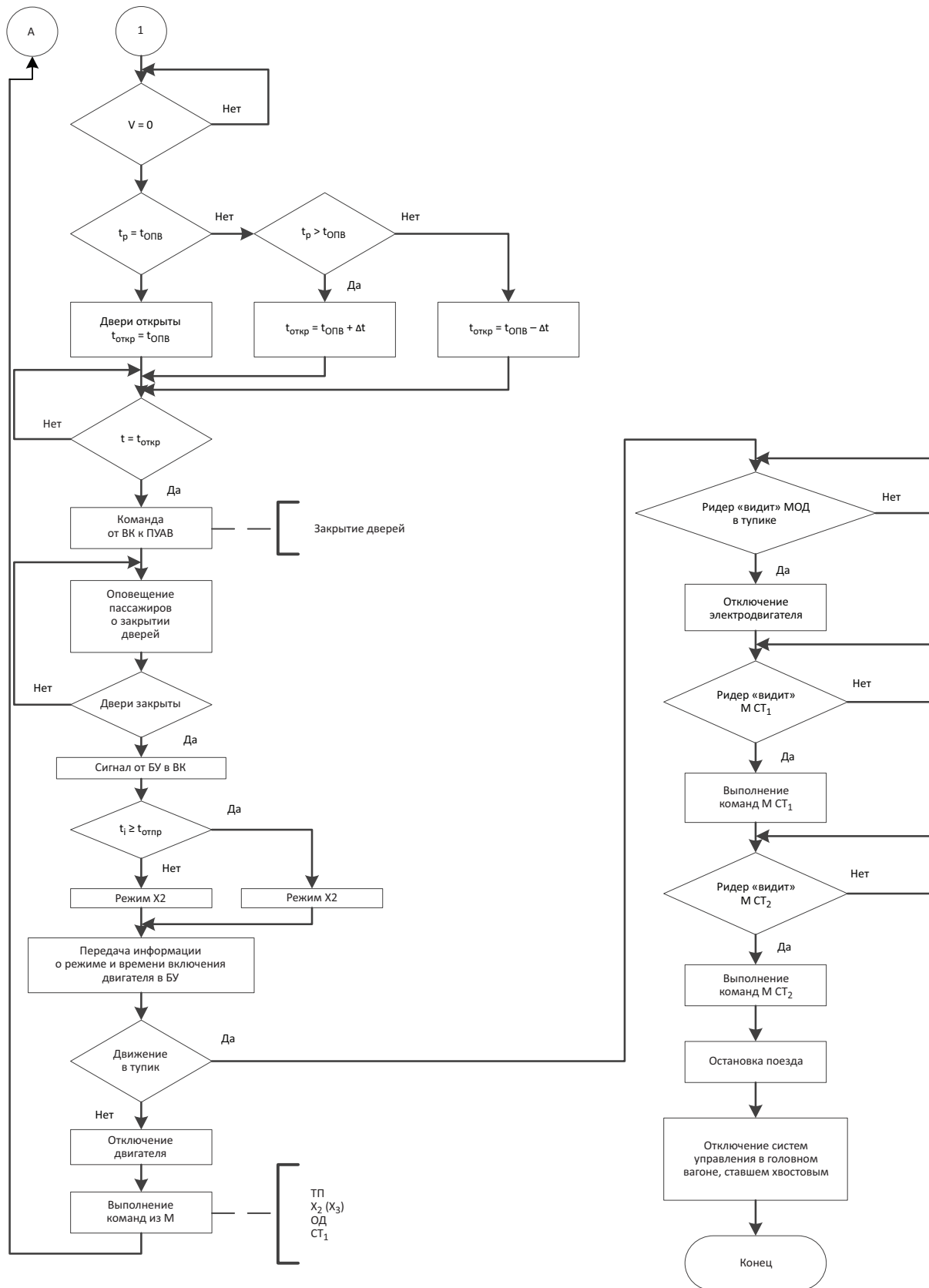


Рис. 2 . Блок-схема функционирования системы управления движением



электроподвижного состава в метрополитене на базе RFID-технологии

X2 или X3. Как только маневровый светофор, стоящий на выходе их тупика, открывается на разрешающее показание, машинист дает согласие на движение нажатием кнопки; блок управления, имея на входе от вагонного контроллера принятый режим тяги, включает электродвигатели, и поезд разгоняется для выхода из тупика. Отключение электродвигателей выполняется по команде радиометки ОД, установленной на выходе из тупика. Прицельное торможение поезда осуществляется по станционным радиометкам СТ1 и СТ2. Еще до полной остановки поезда в момент вхождения головного вагона поезда в зону взаимной радиовидимости поездного и станционного радиомодемов вагонный контроллер вновь посылает запрос диспетчерскому центру через проводной канал и станционный контроллер на новую нитку графика.

Далее цикл повторяется.

Блок-схема системы управления движением электроподвижного состава в метрополитене на базе RFID-технологии представлена на рис. 2.

Заключение

Внедрение СБПП на базе технологии радиочастотной идентификации направлено на повышение эффективности, надежности и безопасности функционирования систем автоматического управления движением поездов. Этому способствует следующее:

1. Благодаря многократному съему информации с каждой радиометки ридером (приемопередатчиком), установленным на головном вагоне поезда, снижается вероятность ошибочного принятия решения о несанкционированном открытии дверей бортовыми устройствами системы и исключаются ошибки в выборе стороны открытия дверей.

2. Благодаря записи команд по автоматическому управлению всеми поездами в памяти радиометок вагонная часть системы значительно упрощается по сравнению с альтернативными системами управления движением поездов.

3. Пассивные радиометки не требуют дополнительного источника электропитания и поэтому являются необслуживаемыми. Благодаря малому весу (несколько десятков граммов) они допускают малозатратную установку в расчетных точках на стенах тоннелей и под платформами методом клеевой технологии.

4. Вагонный и станционный радиомодемы размещены под кузовом вагона и под платформой соответственно и находятся на близком расстоянии друг от друга (около 2–5 м в статическом состоянии), они имеют незначительные мощности излучения, не выходящие за допустимые уровни безопасности для пассажиров, а также являются полностью защищенными от влияния многочисленных электромагнитных помех, обусловленных работой электротяговых средств и вагонного оборудования с помощью помехоустойчивого кодирования информации в радиопроводном тракте от вагона до станционного контроллера.

Библиографический список

1. **Применение** RFID-технологий в системе автоведения поездов метрополитена / А. М. Костроминов, М. Ю. Королев, В. В. Гаврилов, Т. В. Крючкова // Известия ПГУПС. – 2009. – Вып. 3. – С.91–97.
2. **Регрессионная** модель зоны радиовидимости меток для системы бесконтактной привязки к пути подвижного состава метрополитена / А. М. Костроминов, Т. В. Крючкова // Транспорт Урала : научно-технический журнал. – 2012. – № 3 (34). – С. 49–53.