УДК 656.25

Савинов К. Н., канд. воен. наук

Яшин М. Г., канд. техн. наук

*Кафедра восстановления устройств автоматики, телемеханики
и связи на железных дорогах,*

Военный институт (железнодорожных войск и военных сообщений), Санкт-Петербург

Трубицин В. В.

*Военная академия материально-технического обеспечения
им. ген. А. В. Хрулева, Санкт-Петербург*

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

В статье представлены базовые принципы функционирования предлагаемой к внедрению системы интервального регулирования движения поездов, являющиеся основой дальнейшего, более детального проектирования. Система базируется на применении радиочастотных идентификаторов (RFID-меток) для определения координат местоположения подвижного состава и предполагает работу по отличным от существующих в настоящее время принципам. Так, принцип перекрытия проходных светофоров позволяет осуществлять движение поездов нестандартных формирований (бронепоездов, составов, имеющих платформы прикрытия, и т.д.). Рассмотрен особый подход к организации защитных участков за хвостом движущегося поезда.

Предлагаемая технология представляет собой специальную систему, направленную на решение определенного круга задач военного времени, поэтому в ней применяется двужначная сигнализация (красный огонь — запрещающий, зеленый — разрешающий). Указанная особенность обусловлена необходимостью обеспечения максимальной простоты этого технического средства, возможностью оперативного развертывания и краткосрочного восстановления.

Базовые принципы в статье являются не полным описанием реализующихся в системе зависимостей и алгоритмов, а лишь начальным этапом дальнейшего создания и разработки принципиальных технических решений.

Интервальное регулирование движения поездов, автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте, радиочастотная идентификация, безопасность движения поездов, железнодорожный транспорт

DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-2-189-201

Введение

Государственная безопасность Российской Федерации, как и любого государства, требует высокой мобильности вооруженных сил. Наиболее приспособленный и перспективный, безусловно, железнодорожный транспорт, который обеспечивает значительную часть перевозок в условиях мирного и военного времени. Силами железнодорожного транспорта выполняется перемещение

войск, подвоз техники, вооружения и прочего материально-технического обеспечения. Железные дороги перевозят около 80 % от общего числа материально-технического обеспечения [1, 2].

Важную роль в процессе организации железнодорожных перевозок играют устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) — именно они обеспечивают необходимую пропускную способность, скорость и безопасность движения [3, 4]. Задачи восстановления устройств СЦБ и систем интервального регулирования в том числе во многих случаях должны решаться силами Железнодорожных войск. На современном этапе железнодорожная отрасль стремительно развивается, происходит значительное усиление алгоритмов обеспечения безопасности, повышается сложность электрических схем, возрастает количество микропроцессорных систем. Требуется разработка принципиально новых систем интервального регулирования движения поездов (ИРДП), способных в кратчайшие сроки восстанавливать движение на перегонах.

Актуальность разработки новых систем обусловлена отсутствием необходимых технических решений, позволяющих восстанавливать системы интервального регулирования [5], поскольку сейчас Железнодорожные войска занимаются в основном восстановлением верхнего строения пути и наведением наплавных мостовых переходов через водные преграды.

Существующая нормативная база также требует существенных доработок: основная ее часть разрабатывалась еще во второй половине XX века [6, 7]. В документах описываются и регламентируются устаревшие способы восстановления движения, неприменимые в настоящее время либо не способные обеспечить необходимую в современных реалиях пропускную способность (телефонная (телеграфная) связь, электрожелезная система и релейная полуавтоматическая блокировка).

Предмет исследования статьи — наиболее актуальный для Железнодорожных войск вопрос о разработке способа оперативного восстановления систем интервального регулирования движения поездов с применением технологии радиочастотной идентификации (RFID-меток).

1. Особенности технических средств автоматизации движения поездов в военное время

Наиболее значимый этап внедрения любой новой системы ИРДП — разработка ключевых принципов и алгоритмов ее функционирования. Спецификой предлагаемой к внедрению технологии являются особенности ее применения. Система основана на принципе автоблокировки (АБ) и предназначена для краткосрочного восстановления движения поездов на участках, подвергшихся воздействию разрушающих факторов (нападение противника, воздействие природных, техногенных катастроф и т. д.). Рассматриваемая система должна учитывать все особенности организации движения в таких нестандартных условиях

с сохранением при этом всех базовых принципов обеспечения безопасности движения поездов (БДП), присущих классическим системам железнодорожной автоматики и телемеханики.

Поскольку в РФ 85,5 тыс. км железных дорог, из которых электрифицировано 43,7 тыс. км, в основе грузовых и пассажирских перевозок подвижной состав, не использующий двигатель внутреннего сгорания. Однако в военное время, а также при воздействии природных и техногенных факторов, такой подход ставит под угрозу бесперебойность организации перевозочного процесса, поскольку вывод из строя тяговых подстанций, контактной подвески и прочих систем электроснабжения неминуемо приведет к прекращению движения на всем участке. Поэтому в условиях военного времени главным видом тяговых единиц выступают тепловозы, маневровые локомотивы и дизель-поезда.

Еще одной важной особенностью считается применение в военное время поездов нестандартных формирований и бронепоездов. В таком случае движение может происходить как стандартным образом, так и «вагонами вперед», ведь перед локомотивом, как правило, цепляют «платформы прикрытия», предназначенные для защиты состава от подрыва и схода с рельс. Существующие системы ИРДП не учитывают эту особенность. В них при занятии соответствующей рельсовой цепи перекрытие сигнала на красный происходит через шесть секунд (чтобы не допустить ложное включение красного огня при кратковременном наложении шунта). Движение поезда, имеющего в своем составе вагоны, расположенные перед локомотивом, вызовет перекрытие сигнала на красный прямо перед кабиной машиниста, что противоречит базовым принципам организации безопасности движения на железнодорожном транспорте (в случае действительного появления на светофоре запрещающего показания оно не будет воспринято).

Для исключения этого фактора в разрабатываемой системе предлагается заимствовать принцип реализации маневровых маршрутов станционных систем электрической централизации. При следовании состава по маневровому маршруту перекрытия светофора с занятием первой рельсовой цепи маршрута не происходит [8]. Светофор переключается на запрещающий сигнал только после освобождения предмаршрутного участка (либо после освобождения первой секции реализуемого маршрута).

Предлагаемая к внедрению система не предполагает использования рельсовых цепей для определения местоположения подвижного состава. Для этих целей в начале и конце состава устанавливаются идентификаторы RFID (Radio frequency identification), сигнал с которых считывают специальные приемники, расположенные у проходных светофоров. На основании собранной информации делается вывод о состоянии блок-участков (свободен/занят) и о целостности подвижного состава.

Более подробно подход изложен в [9]. Область применения RFID для организации движения довольно широка и описана в различных источниках [10,

11, 12]. Например, в [10] предлагается использовать RFID при организации высокоскоростного движения, удлинении участков приближения и организации точек контроля приближения подвижного состава к станции, а также для своевременного приготовления маршрутов. В [11] даны алгоритмы и методы повышения точности позиционирования RFID-устройств на линиях метрополитена и метод контроля высокочастотного тракта системы бесконтактной привязки пути. В [12] освещены вопросы назначения и структура системы RFID-технологии на метрополитене, обращается внимание на решение задачи контроля ридер-антенного тракта. Авторы упомянутых работ рассматривают применение RFID-технологии на метрополитене и при организации высокоскоростного движения.

Однако возможности использования технологии в области обеспечения безопасности движения поездов весьма широки. В настоящей статье предлагается ее применение для решения задач восстановления движения поездов, прерванного как по причинам катаклизмов природного характера, так и из-за боевых действий или террористических актов.

2. Принципы организации движения

Для восстановления движения на железнодорожных линиях в условиях военного времени предлагается использовать двужначную светофорную сигнализацию: зеленый огонь — разрешающий, красный — запрещающий. Выбор для системы низкой значности обусловлен необходимостью ее быстрого развертывания и низкими скоростями движения воинских эшелонов. Использование большего числа сигнальных показаний значительно усложнит принципиальные электрические схемы и логику работы системы, а в организации минимальных межпоездных интервалов нет необходимости.

На основании особенностей организации движения в военное время и специфики самой технологии предлагается следующая организация взаимодействия RFID-меток с приемниками (рис. 1).

Разрабатываемая система предполагает использование мобильных сигнальных точек (МСТ), представляющих собой мачтовый светофор, устанавливаемый в грунт посредством винтового фундамента [13]. Такой фундамент повышает оперативность развертывания: отпадает необходимость возведения бетонного основания, характерного для стандартных железнодорожных светофоров. К винтовому основанию мачта крепится с помощью болтовых стяжек.

Для повышения живучести сигнальной части мобильных средств восстановления вывод световой индикации производится с применением светодиодных оптических систем.

На мачте такой сигнальной точки устанавливается считыватель радиочастотной идентификации, фиксирующий прохождение и воспринимающий информацию от RFID-датчиков, установленных на подвижном составе. В самом

1. Вариант перекрытия сигнала по первой RFID-метке **2. Вариант перекрытия сигнала по второй RFID-метке** **Рис. 1.** Принцип перекрытия сигнала

простом варианте системы предлагается размещать радиочастотные датчики в голове и хвосте подвижного поезда.

Как видно из рис. 1, перекрытие сигнала не происходит с проследованием первого радиочастотного идентификатора (принцип реализации маневрового маршрута), тем самым исключается переход светофора на запрещающее показание перед кабиной машиниста и неправильное восприятие сигнального показания. Одно из необходимых условий ограждения блок-участка — проследование двух идентификаторов. Таким образом обеспечивается проследование кабины машиниста за перекрываемый сигнал при любых скоростях движения, неправильное восприятие сигнала исключается.

Особенно важным вопросом является алгоритм функционирования системы при нарушении целостности состава. В существующих ныне перегонных системах автоматики и телемеханики он проработан довольно хорошо: проверяется логика занятия и освобождения рельсовых цепей, исключается кратковременное наложение (потеря) шунта, организуются защитные участки [14].

Однако в системе ИРДП необходимо разработать совершенно новые принципы контроля целостности подвижного состава, поскольку кардинально меняется способ определения местоположения подвижных единиц. В отличие от наиболее распространенных систем АБ, обеспечивающих непрерывный контроль местоположения поезда посредством рельсовых цепей, предлагаемая к внедрению система реализует эти мероприятия точно, посредством установленных на мобильных сигнальных точках RFID-считывателей.

Подход, предусматривающий контроль продолжительности времени между фиксацией первого и второго датчиков, неприменим, т. к. данный метод не предполагает возможность остановки поезда на перегоне либо его следование со скоростью ниже установленной. Вывод о целостности состава должен основываться исключительно на парном взаимодействии RFID-меток со считывателями на мобильных сигнальных точках [6]. Вывод о наличии отцепившихся вагонов нужно производить на основании количества проследованных мобильных сигнальных точек только первым идентификатором. Например, делать вывод о нарушении целостности состава в случае прохождения первой метки через два светофора с разрешающими сигнальными показаниями (однако здесь возникают дополнительные ограничения по максимальной длине состава. Возможно применение и других моделей организации рассматриваемой функции, предполагающих разное количество проследуемых только первой меткой светофоров АБ, на основании чего будет делаться вывод о наличии отцепившихся вагонов.

На рис. 2 и 3 представлена ситуация, при которой происходит нарушение целостности состава и принцип обнаружения этого события. Согласно базовому принципу, предполагающему перекрытие проходного светофора по второй RFID-метке, мобильная сигнальная точка 7 сохраняет разрешающее показание до момента фиксации на светофоре 5 первого идентификатора. После чего система делает вывод о наличии отцепившихся вагонов (т. к. фиксируется проследование нескольких подряд расположенных МСТ только первым идентификатором), проходные светофоры переходят на запрещающее сигнальное показание, осуществляется остановка поезда.

Следующий важный вопрос касается необходимости организации защитных участков (ЗУ) за хвостом движущегося поезда [15]. Рис. 4 показывает два варианта разграничения попутно следующих поездов — с применением ЗУ и без.

Основное назначение данного дополнительного блок-участка в современных системах АБ — ограждение хвоста идущего впереди состава при проследовании машинистом второго поезда запрещающего сигнального показания [16]. Проезд первого по ходу светофора с красным сигнальным показанием вызывает автостопное торможение состава, тем самым не нарушается безопасность движения [17].

Система ИРДП с использованием технологии радиочастотной идентификации не предполагает дублирование показаний напольных светофоров сиг-

Рис. 2. Нарушение целостности состава

2. Проследование следующих сигнальных точек только первой RFID-меткой

3. Перекрытие сигналов, ограничение БУ, остановка поезда

Рис. 3. Принцип контроля целостности состава

налами АЛС (поскольку не используются рельсовые цепи). Помимо задачи дополнительного разграничения попутно следующих поездов дополнительным блок-участком, необходимо решать вопрос соблюдения условий БДП при перегорании (неисправности) лампы красного огня светофора. На рис. 5 представлена ситуация перегорания красного огня на мобильной сигнальной точке 7.

При системе АБ, не имеющей дублирования показаний напольных светофоров показаниями АЛС и не предполагающей наличие ЗУ, запрещающий огонь должен переноситься на предыдущую сигнальную точку 9. Однако в ситуации, когда попутный локомотив уже проследовал напольный светофор 9, такой отказ становится опасным. Нарушаются условия обеспечения безопасности движения. Организация защитных участков исключает влияние данного фактора.

Важной задачей является и обеспечение достоверности считывания меток, их гарантированного крепления и непрерывного контроля. Некоторые вопросы

1. Вариант АБ с защитными участками

2. Вариант АБ без защитных участков

Рис. 4. Принцип организации защитных участков

Рис. 5. Ситуация перегорания красного огня на МСТ 7

совершенствования диагностирования радиочастотного тракта и самих меток рассмотрены в [11, 12]. Кроме того, при разработке устройств и систем на микроэлектронной элементной базе следует придерживаться принципов самопроверяемости, самотестируемости и самоконтроля, развитых в [18–20].

Заключение

Таким образом, к обсуждению предлагаются базовые методы обеспечения безопасности и функционирования предлагаемой к внедрению координатной системы интервального регулирования с использованием RFID-идентификации, основная цель которой — оперативное краткосрочное восстановление разрушенных перегонных систем СЦБ.

Разработанные базовые принципы могут стать основой для написания алгоритмов работы, проектирования принципиальных и монтажных схем, принятия конкретных технических решений, а также первым шагом в создании новой системы ИРДП.

Ключевые преимущества технологии — простота, возможность быстрого развертывания и восстановления. Отсутствие сложных технических решений, легкость монтажа и использования — всё это позволит Железнодорожным войскам применять систему исключительно своими силами. Научная новизна проведенного исследования заключается прежде всего в передаче некоторых функций (в т. ч. значности сигнализации) маневровых станционных маршрутов системе интервального регулирования для учета особенностей формирования поездов в условиях военного времени.

Предлагаемая система — первый шаг к созданию ранее отсутствовавшего в Вооруженных Силах РФ технического средства восстановления прерванного движения поездов, предназначенного к использованию Железнодорожными войсками в качестве способа восстановления. Она может стать технической основой для дальнейшего развития этого класса систем, позволит оценить целесообразность тех или иных принципов и технологий на практике, будет важным этапом развития Железнодорожных войск.

Библиография

1. Акулиничев В. М., Правдин Н. В., Болотный В. Я., Савченко И. Е. Железнодорожные станции и узлы: учебник для вузов железнодорожного транспорта. Под ред. В. М. Акулиничева. — М.: Транспорт, 1992. — 480 с.
2. Отчет по научно-исследовательской работе «Организация восстановления регулирования движения поездов на железных дорогах в военное время на основе радиотелемеханического сигнала». — СПб.: ВТИ (ЖДВ и ВОСО), 2009. — 129 с.
3. Theeg G., Vlasenko S. Railway Signalling & Interlocking: 3rd edition. — Germany: Leverkusen PMC Media House GmbH, 2020.
4. Hall C. Modern Signalling: 5th edition. — UK, Shepperton: Ian Allan Ltd, 2016.

5. Ломов В. А. Методы повышения эффективности восстановления железнодорожных устройств сигнализации, централизации и блокировки: дис. канд. техн. наук. – Л.: ВАТТ, 1987. – 171 с.
6. Руководство по подготовке и организации восстановления устройств СЦБ и связи на железных дорогах СССР. – М.: МПС СССР, 1973. – 78 с.
7. Руководство для железнодорожных войск. Восстановление устройств связи и СЦБ. (ВСС-65). – М.: Воениздат. 1965. – 143 с.
8. Кононов В. А., Лыков А. А., Никитин А. Б. Основы проектирования электрической централизации промежуточных станций / Под ред. А. Б. Никитина. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 348 с.
9. Система и способ интервального регулирования движения поездов на перегоне с использованием мобильных сигнальных точек и радиочастотной идентификации. Описание изобретения к патенту МПК B61L3/24.
10. Никитин А. Б., Манакон А. Д., Болтаев С. Т. Модернизация перегонных систем для организации высокоскоростного движения на основе RFID-технологии // Бюллетень результатов научных исследований. – 2018. – № 1. – С. 132–142.
11. Костроминов А. М., Тюляндин О. Н. Динамическая диагностика средств радиочастотной идентификации системы бесконтактной привязки пути метрополитена // Автоматика на транспорте. – 2019. – Т. 5. – № 4. – С. 467–477. DOI: 10.20295/2412-9186-2019-4-467-477.
12. Костроминов А. М., Крючкова Т. В., Рахманин С. А., Тюляндин О. Н., Стрекаловский Е. А. Контроль RFID-средств в системе бесконтактной привязки к пути подвижного состава метрополитена // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 348–363.
13. Мобильная сигнальная точка: (RU 198136, опубли. 10.01.2020).
14. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Вл. В. Сапожников, И. М. Кокурин, В. А. Кононов, А. А. Лыков, А. Б. Никитин; под ред. Проф. Вл. В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2006. – 247 с.
15. Свод правил СП 235.1326000.2015. Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования (утверждены приказом Минтранса России № 286 от 21 декабря 2010 г.)
16. Новиков М. А. и др. Проектирование автоматической блокировки на железных дорогах. – М.: Транспорт, 1979.
17. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (утв. приказом Минтранса России № 286 от 21 декабря 2010 г., с внесением изменений утвержденным приказом Минтранса России № 162 от 4 июня 2012 г.).
18. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Христов Х. А., Гавзов Д. В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики. Под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1995. – 272 с.
19. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Ефанов Д. В. Коды с суммированием для систем технического диагностирования. – Т. 1: Классические коды Бергера и их модификации. – М.: Наука, 2020. – 383 с.
20. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Ефанов Д. В. Коды с суммированием для систем технического диагностирования. – Т. 2: Взвешенные коды с суммированием. – М.: Наука, 2021.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии
профессором А. Б. Никитиным
Поступила в редакцию 28.11.2020, принята к публикации 15.12.2020*

САВИНОВ Константин Николаевич — кандидат военных наук, доцент, начальник кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах Военного института (железнодорожных войск и военных сообщений)
savin-off@yandex.ru

ЯШИН Михаил Геннадьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах Военного института (железнодорожных войск и военных сообщений)
maikl771@bk.ru
TrES-4b@yandex.ru

ТРУБИЦИН Владимир Владимирович — адъюнкт Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева (Санкт-Петербург)
vvt.87@yandex.ru

© Савинов К. Н., Яшин М. Г., Трубицин В. В., 2021

Savinov K. N., PhD in Military sciences
Yashin M. G., PhD in Engineering

*Department of Restoration of Automation, Telemechanics and Communication Devices on Railways,
Military Institute (Railway Troops and Military Communications), St. Petersburg*

Trubitsin V. V.

Military Academy of Logistics named after General A. V. Khrulev, St. Petersburg

BASIC PRINCIPLES OF RECOVERY OF INTERVAL REGULATION OF TRAIN TRAFFIC USING RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION TECHNOLOGY

The article presents the basic principles of functioning of the interval regulation system of train traffic proposed for implementation, which are the basis for further, more detailed design. The system is based on the use of radio frequency identifiers (RFID-tags) to determine the coordinates of the location of the rolling stock and assumes work on principles different from those currently existing. So, the principle of overlapping traffic lights allows the movement of trains of non-standard formations (armored trains, trains with cover platforms, etc.). A special approach to the organization of protective sections behind the tail of a moving train is considered.

The proposed technology is a special system aimed at solving a certain range of wartime tasks, therefore, it uses a two-digit signaling (prohibiting movement red signal, permitting movement green signal). This feature is due to the need to ensure the maximum simplicity of this technical tool, the possibility of rapid deployment and short-term recovery.

The basic principles described in the article are not a complete description of the dependencies and algorithms implemented in the system, but only the initial stage of further development of fundamental technical solutions.

Interval control of train traffic, automation and telemechanics in railway transport, radio frequency identification, train traffic safety, railway transport

DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-2-189-201

References

1. Akulinichev V. M., Pravdin N. V., Bolotny V. Y., Savchenko I. E. (1992) Zheleznodorozhnyye stantsii i uzly. Uchebnik dlya vuzov zheleznodorozhnogo transporta. Pod redaktsiyey. V. M. Akulinicheva [*Railway stations and junctions. Textbook for universities of railway transport*. Ed. by V. M. Akulinichev]. Moscow, Transport Publ., p. 480. (In Russian)
2. *Otchet po nauchno-issledovatel'skoy rabote «Organizatsiya vosstanovleniya regulirovaniya dvizheniya poyezdov na zheleznykh dorogakh v voyennoye vremya na osnove radiotelemechanicheskogo signala»*. [Report on research work "Organization of restoration of train traffic regulation on railways in wartime based on R-C signal"]. Saint Petersburg, Military Institute of Railway Troops and Military Communications, 2009, p. 129. (In Russian)
3. Theeg G., Vlasenko S. (2020) *Railway Signalling & Interlocking*. 3rd ed. Germany, Leverkusen PMC Media House GmbH Publ.
4. Hall C. (2016) *Modern Signalling*: 5th ed. UK, Shepperton, Ian Allan Ltd. Publ, 144 p.
5. Lomov V. A. (1987) Metody povysheniya effektivnosti vosstanovleniya zheleznodorozhnykh ustroystv signalizatsii, tsentralizatsii i blokirovki (dissertatsiya kandidata tekhnicheskikh nauk) [*Methods of increasing the efficiency of restoration of railway signaling devices, centralization and blocking (dissertation of the candidate of technical science)*]. Leningrad, The Military Logistics Academy Publ., 171 p. (In Russian)
6. *Rukovodstvo po podgotovke i organizatsii vosstanovleniya ustroystv STSB i svyazi na zheleznykh dorogakh SSSR* [*Guidelines for the preparation and organization of the restoration of signaling and communication devices on the railways of the USSR*]. Moscow, Ministry of Railways of the USSR Publ., 1973, 78 p. (In Russian)
7. *Rukovodstvo dlya zheleznodorozhnykh voysk. Vosstanovleniye ustroystv svyazi i STSB. (BCC-65)* [*A guide for railroad troops. Restoration of communication devices and signaling systems. (BCC-65)*]. Moscow, Military Publishing Publ., 1965, 143 p. (In Russian)
8. Kononov V. A., Lykov A. A., Nikitin A. B. (2013) *Osnovy proyektirovaniya elektricheskoy tsentralizatsii promezhutochnykh stantsiy* [*Fundamentals of designing electrical interlocking of intermediate stations*]. Ed. by A. B. Nikitin, 2nd ed. Moscow, Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education "Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport" Publ., 348 p. (In Russian)
9. *Sistema i sposob interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poyezdov na peregone s ispol'zovaniyem mobil'nykh signal'nykh toчек i radiochastotnoy identifikatsii. Opisaniye izobreteniya k patentu MPK B61L3/24* [*System and method for interval regulation of train traffic on the stretch using mobile signal points and radio frequency identification. Description of the invention to the patent IPC B61L3/24*]. (In Russian)
10. Nikitin A. B., Manakov A. D., Boltayev S. T. (2018) Modernizatsiya peregonnykh sistem dlya organizatsii vysokoskorostnogo dvizheniya na osnove RFID-tekhnologii [*Wayside systems modernization of for organizing high-speed traffic based on RFID technology*]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy* [*Research results bulletin*], no. 1, pp. 132–142. (In Russian)
11. Kostrominov A. M., Tyulyandin O. N. (2019) Dinamicheskaya diagnostika sredstv radiochastotnoy identifikatsii sistemy beskontaktnoy privyazki puti metropolitena [*Dynamic di-*

- agnostics of radio-frequency identification means of the contactless subway track binding system]. *Avtomatika na transporte [Transport Automation]*, vol. 5, no. 4, pp. 467–477. DOI: 10.20295/2412-9186-2019-4-467-477. (In Russian)
12. Kostrominov A. M., Kryuchkova T. V., Rakhmanin S. A., Tyulyandin O. N., Strekalovsky E. A. (2016) Kontrol' RFID-sredstv v sisteme beskontaktnoy privyazki k puti podvizhnogo sostava metropolitena [RFID control in the system of track contactless binding of the metro rolling stock]. *Avtomatika na transporte [Transport Automation]*, vol. 2, no. 3, pp. 348–363. (In Russian)
 13. *Mobil'naya signal'naya tochka [Mobile signal point]* (RU 198136, publ. 01/10/2020). (In Russian)
 14. Sapozhnikov V. I., Kokurin I. M., Kononov V. A., Lykov A. A., Nikitin A. B. (2006) *Eksploataatsionnyye osnovy avtomatiki i telemekhaniki: Uchebnik dlya vuzov zheleznodorozhnogo transporta pod redaktsiyey Sapozhnikova V. I.* [Operational basics of automation and telemechanics: Textbook for universities of railway transport]. Ed. by V. I. Sapozhnikov. Moscow, Marshrut Publ., 247 p. (In Russian)
 15. *Svod pravil SP 235.1326000.2015. Zheleznodorozhnaya avtomatika i telemekhanika. Pravila proyektirovaniya (utverzhdeny prikazom Mintransa Rossii № 286 ot 21 dekabrya 2010 g.)* [Code of rules SP 235.1326000.2015. Railway automatics and telemechanics. Design rules (approved by order of the Ministry of Transport of Russia No. 286 of December 21, 2010)]. (In Russian)
 16. Novikov M. A., Petrov A. F., Stepanov N. M. (1979) *Proyektirovaniye avtomaticheskoy blokirovki na zheleznykh dorogakh [Design of automatic blocking on railways]*. Moscow, Transport Publ., 328 p. (In Russian)
 17. *Pravila tekhnicheskoy eksploatatsii zheleznykh dorog Rossiyskoy Federatsii (utv. prikazom Mintransa Rossii № 286 ot 21 dekabrya 2010 g., s vneseniyem izmeneniy utverzhdenykh prikazom Mintransa Rossii № 162 ot 4 iyunya 2012 g.)* [Rules for the technical operation of the railways of the Russian Federation (approved by order of the Ministry of Transport of Russia No. 286 dated December 21, 2010, with amendments approved by the order of the Ministry of Transport of Russia No. 162 dated June 4, 2012)].
 18. Sapozhnikov V. V., Sapozhnikov V. I., Khristov Kh. A., Gavzov D. V. (1995) *Metody postroyeniya bezopasnykh mikroelektronnykh sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki [Methods of safe microelectronic systems constructing of railway automation]*. Moscow, Transport Publ., 272 p. (In Russian)
 19. Sapozhnikov V. V., Sapozhnikov V. I., Efanov D. V. (2020) *Kody s summirovaniyem dlya sistem tekhnicheskogo diagnostirovaniya. Tom 1: Klassicheskiye kody Bergera i ikh modifikatsii. [Summed codes for technical diagnostic systems. Vol. 1: Classic Berger codes and their modifications]*. Moscow, Nauka Publ., 383 p. (In Russian)
 20. Sapozhnikov V. V., Sapozhnikov V. I., Efanov D. V. (2021) *Kody s summirovaniyem dlya sistem tekhnicheskogo diagnostirovaniya. Tom 2: Vzveshennyye kody s summirovaniyem [Summed codes for technical diagnostic systems. Vol. 2: Weighted codes with summation]*. Moscow, Nauka Publ., 455 p. (In Russian)