

А.В. Пультяков, И.А. Жгунов

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ТОКОПРОВОДЯЩИХ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКАХ

Аннотация. В данной статье на основе анализа существующих проблем эксплуатации рельсовых цепей с токопроводящими рельсовыми стыками связанных как с конструкцией, так и с материалом, из которого изготавливаются стыковые рельсовые соединители, рассмотрены различные способы их устранения. Проведенный патентный поиск показал наличие различных вариантов решения выявленных проблем за счёт использования разных типов материалов и типов конструкции.

Ключевые слова: устройства сигнализации, централизации и блокировки, рельсовые цепи, рельсовая линия, звеньевой путь, токопроводящий рельсовый стык, рельсовые соединители.

A. V. Pulyakov, I. A. Zhgunov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

INVESTIGATION OF WAYS TO REDUCE THE TRANSIENT RESISTANCE IN CONDUCTIVE RAIL JOINTS

Annotation. In this article, based on the analysis of existing problems in the operation of rail chains with conductive rail joints related to both the design and the material from which the butt rail connectors are made, various ways to eliminate them are considered. The patent search has shown that there are different solutions to the identified problems by using different types of materials and types of construction.

Keywords: signaling, centralizing and blocking devices, rail chains, rail line, link track, current-conducting rail joint, rail connectors.

Введение

Одними из важнейших инфраструктурных объектов железной дороги являются устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), призванные помогать работникам службы перевозок и локомотивным бригадам более четко, оперативно и с большей производительностью управлять движением поездов. Еще более важной задачей устройств СЦБ является обеспечение безопасности и бесперебойности движения поездов [1]. Концепция обеспечения безопасности движения поездов строится на маршрутизации практически всех передвижений, как при поездной, так и при маневровой работе. То есть, поезд или маневровый состав может быть приведен в движение только по заранее заданному, замкнутому и огражденному маршруту следования [2].

Для контроля свободности и занятости участков пути, а также и целостности рельсовой линий, включения запрещающего сигнала светофора при занятом участке пути или изломе рельса, исключения перевода стрелок под составом, контроля приближения поезда к станции или к переезду, контроля освобождения переезда, передачи информации на локомотив и выполнении ряда других ответственных задач, используются электрические рельсовые цепи [3]

На железных дорогах Российской Федерации и ряда зарубежных государств эксплуатируются электрические рельсовые цепи как на бесстыковом пути, так и на звеньевом пути. Во втором случае, рельсовая линия собирается из отрезков рельсов 25 метров, образуя в местах соединения токопроводящие рельсовые стыки [3, 4]. От их состояния зависит работоспособность рельсовой цепи и возможность ею выполнять свои функции, которые напрямую влияют на безопасность и бесперебойность движения поездов [5, 6].

Решению проблем уменьшения переходного сопротивления стыков, разработке новых типов конструкций и применению различных материалов в существующих и новых конструкциях рельсовых стыковых соединителей посвящено достаточно много работ как Российских, так и зарубежных учёных. Интересными являются работы [7, 8], в которых предложены новый материал и новая конструкция стыка.

Постановка задачи

Одними из самых важных элементов конструкции стыковой рельсовой линии рельсовой цепи на звеньевом пути являются токопроводящие сборные стыки, обеспечивающие как механическое, так и электрическое соединение рельсов. Сборный токопроводящий рельсовый стык, конструкция которого представлена на рисунке 1, состоит, как правило, из двух стальных накладок 1 (по которым в среднем протекает 70% тока), основного приварного рельсового соединителя 2 (по которому в среднем протекает 27% тока) и дублирующего штепсельный соединителя 3 (по которому в среднем протекает 3% тока) [9, 10].

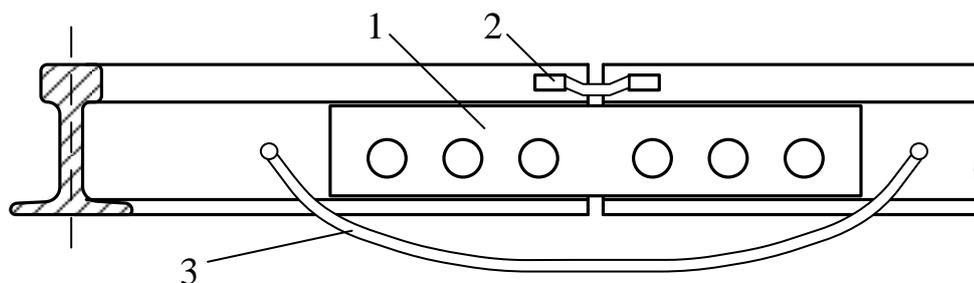


Рис. 1. Сборный токопроводящий рельсовый стык

Все существующие на сегодняшний день конструкции предполагают либо приварку соединителя, либо его установку внутрь стыка, что требует его разборку, то есть разъединение рельсовой линии. Это ставит задачу поиска альтернативного решения.

Обзор применяемых рельсовых соединителей

В процессе разработки решений проблем связанных с рельсовыми токопроводящими соединителями было разработано большое количество рельсовых токопроводящих соединителей, различающиеся по своей конструкции и по типу материала из которого они изготавливаются [11 – 16].

Необходим такой материал, который будет обладать низкоомным сопротивлением, а также устойчив к негативному воздействию внешних факторов.

Классификация рельсовых соединителей по типу применяемого материала и по типу конструкции приведена на рисунке 2.

По типу используемого для изготовления троса соединителя материала различают медные, алюминиевые, биметаллические и стальные.

Самым распространённым материалом из-за своей хорошей электропроводности является медь, но в тоже время медь обладает недостатками, такими как:

- окисление металла и электрокоррозия в местах соединения между медным тросом и стальной манжетой, вследствие чего увеличивается переходное сопротивление в стыке;
- мягкий по своей структуре материал не устойчив к механическим воздействиям, что приводит к износу нитей троса и необходимости его более частой замены;
- медь является цветным металлом, потому существует большое количество случаев вандализма, а именно краж.

В качестве альтернативы меди предлагаются такие материалы как алюминий, биметалл или сталь, у которых нет некоторых или всех недостатков, присущих меди. Но каждый из этих материалов обладает своими недостатками.



Рис. 2. Классификация токопроводящих рельсовых соединителей

Алюминий является довольно мягким материалом, что приводит к частым обрывам соединителя. Так же алюминий больше подвержен электрокоррозии, чем медь. Минусом биметалла является высокая стоимость материала. Сталь сама по себе обладает высоким переходным сопротивлением электрическому току. Но в тоже время сталь менее уязвима для электрокоррозии, чем медь или алюминий. Цена на материал намного ниже, чем у биметалла.

Все вышесказанное даёт основание утверждать, что сталь является оптимальным материалом для изготовления приварных рельсовых соединителей.

Конструкционные решения типов рельсовых соединителей имеют большое разнообразие. Среди основных стыковых соединителей различают приварные, торцевые, пружинные, шаберные и шаберно-пружинные.

На сегодняшний день самым часто используемым и наиболее распространённым является приварной стыковой рельсовый соединитель, имеющий различные конструкции [4, 11]. Стыковой соединитель, содержит трос, концы которого установлены в стальные манжеты и соединены между собой посредством сварки, при этом их концы обжаты манжетами поперечными линиями конусного профиля.



Рис. 3. Соединитель рельсовый приварной

Недостатками его является необходимость приварки и строгое соблюдение технологии приварки, а также необходимость в сварочном аппарате и в сварщике. В случае не соблюдения технологии приварки в местах сварки увеличится переходное сопротивление и могут происходить обрывы соединителей. Из-за повторных случаев приварки соединителя, велика вероятность возникновения дефекта рельса, что приведёт к необходимости его замены.

Далее рассмотрим рельсовые соединители по типу конструкции в качестве альтернативы приварному соединителю.

Одним из вариантов является соединитель торцевого типа, то есть устанавливаемый между торцами рельсов [12]. Его подносят к собранному рельсовому стыку, конец соединителя вставляют сверху в зазор, т.е. со стороны поверхности катания рельсов. Затем, преодолевая пружинение корпуса, соединитель вводят (с усилием вставляют, забивают молотком и т.д.) вглубь рельсового зазора так, чтобы шаберы взаимодействовали с противоположными торцами стыкуемых рельсов и по высоте рельсового стыка соединитель может быть позиционирован в разном положении.

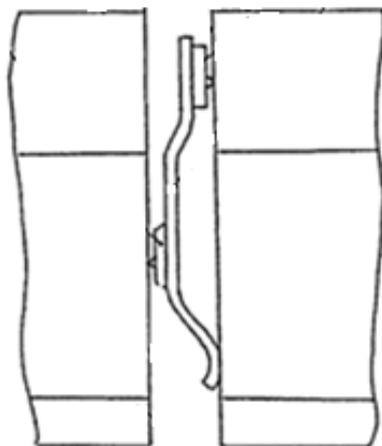


Рис. 4. Токосоводящий соединитель торцевого типа

Наличие заострений на шаберах уже при монтаже соединителя удалит ржавчину с торцов рельсов в местах их контакта, поэтому электрический ток (обратный тяговый ток или сигнальный ток электрических рельсовых цепей) беспрепятственно будет протекать от рельса к рельсу в таком рельсовом стыке даже при отсутствии электрического контакта между рельсовыми накладками и рельсами

Достоинствами торцевого соединителя является обеспечение возможности его визуального контроля (для того, чтобы убедиться в том, что соединитель присутствует, т.е. его не забыли установить и не похитили, и для того, чтобы убедиться в том, что он не сломан и функционирует).

Недостаток заключается в необходимости разгонки зазоров в стыках для возможности его установки.

Ещё одной альтернативой является пружинный соединитель [13]. Соединитель содержит токосоводящую пластину коробчатой формы, электроконтактные элементы из композиционного материала, расположенные со стороны, обращенной к рельсам, электропроводящую перемычку между электроконтактными элементами, пружинный выпукло-вогнутый элемент, расположенный выпуклостью к шейкам стыкуемых рельсов, а отогнутыми горизонтально концами – к рельсовой накладке. В центре пружинного элемента выполнена вогнутость, посредством которой пружинный элемент контактирует с ответным выступом на токосоводящей пластине, на стенках которой выполнены фиксаторы пружинного элемента.

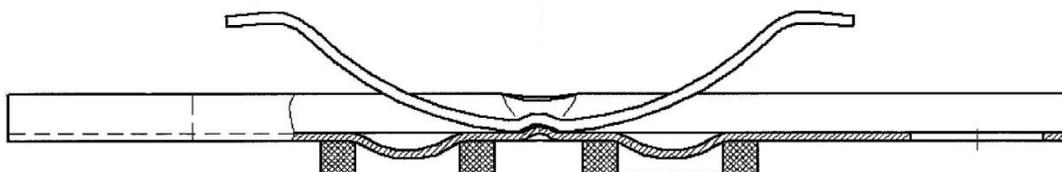


Рис. 5. Пружинный токосоводящий соединитель

Достоинствами такой конструкции является снижение величины электрического сопротивления устройства, исключении выработки в рельсе от воздействия контактных элементов, исключении потери работоспособности соединителя вследствие локального перегрева электроконтактного элемента в месте его контакта с рельсом и/или излома токопроводящей пластины по границе ее соединения с токопроводящей перемычкой при пропускании через соединитель высоких тяговых токов.

Недостатком данного устройства является малая площадь контакта электроконтактного элемента с рельсом, что приводит к локальному перегреву электроконтактного элемента и потере электрического контакта с рельсом при пропускании через соединитель высоких тяговых токов, а также возможность излома токопроводящей пластины по границе углубления с впаянной перемычкой по причине напряжений, возникающих из-за разницы в величине термических расширений.

Недостатком решения является высокая трудоемкость его монтажа в рельсовый стык (для монтажа и демонтажа соединителя требуется разобрать и собрать рельсовый стык) и отсутствие возможности контроля наличия, целостности и работоспособности соединителя (соединители сокрыты под рельсовыми накладками).

В токопроводящем соединителе рельсовой цепи [14], шаберного типа, содержащем плоские токопроводящие пластины, контактирующие с шейками соединяемых рельсов, пружины, поджимающие токопроводящие пластины к плоскостям шеек рельсов, комплект стяжных болтов с накладками, причем в накладках, пружинах, в шейках соединяемых рельсов и в токопроводящих пластинах для стяжных болтов предусмотрены сквозные отверстия, токопроводящие пластины имеют поперечные изгибы посередине и размещены с обеих сторон шеек соединяемых рельсов изгибами наружу, а пружины, поджимающие токопроводящие пластины к плоскостям шеек рельсов, надеты попарно на каждый стяжной болт по разные стороны шеек соединяемых рельсов и размещены между накладкой и токопроводящей пластиной.

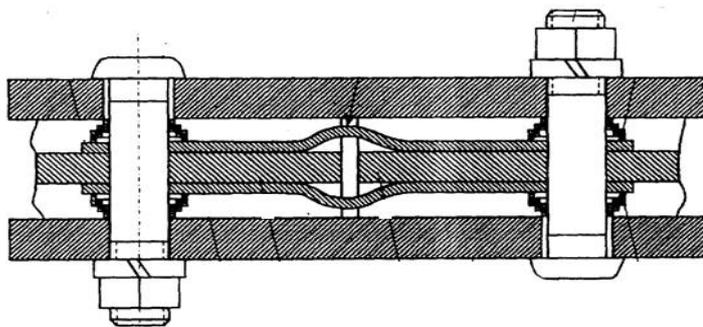


Рис. 6. Соединитель шаберного типа

Достоинства – это снижение трудоёмкости изготовления токопроводящего соединителя, сборки стыковочного узла и его разборки при ремонте наиболее распространённых низко- и среднескоростных железнодорожных магистралей.

Недостатками данной конструкции является отсутствие ремонтпригодности соединителей таких конструкций и, как следствие, повышенные затраты труда при ремонте верхних строений железнодорожных путей. Недостатком также является высокая трудоемкость его монтажа в рельсовый стык и отсутствие возможности его контроля.

В качестве ещё одного варианта используется шаберно-пружинный соединитель [15]. Соединитель монтируют в токопроводящий рельсовый стык в количестве двух штук – по одному соединителю под каждую рельсовую накладку таким образом, чтобы шаберы контактировали с шейками стыкуемых рельсов. После сборки рельсового стыка, проходящий по нему железнодорожный подвижной состав вызывает вибрации рельсов и соединителя, вследствие вибрационных движений происходит зачистка шаберами места их контакта с шейкой рельса.

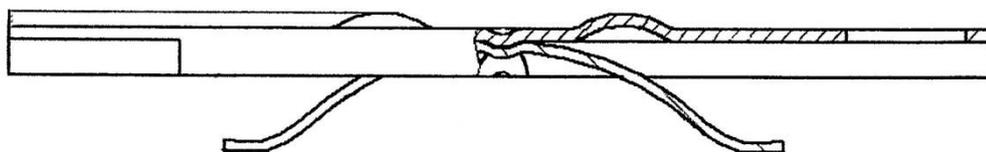


Рис. 7. Шаберно-пружинный соединитель

Достоинства такого соединителя – это снижение электрического сопротивления соединителя с рельсами, повышении стойкости соединителя к динамическим и токовым нагрузкам, применении шабрыщей насечки на поверхности выступов сферической формы, исключении устройства для удержания и подачи смазки.

Недостатком такого устройства является нестабильное переходное электросопротивление в зоне контакта «шабер – шейка рельса», создающее риск потери электрического контакта и отсутствия пропуска по рельсам сигнального и тягового токов, а также высокая трудоемкость его производства.

В качестве дублирующего соединителя используют штепсельный рельсовый соединитель [16].

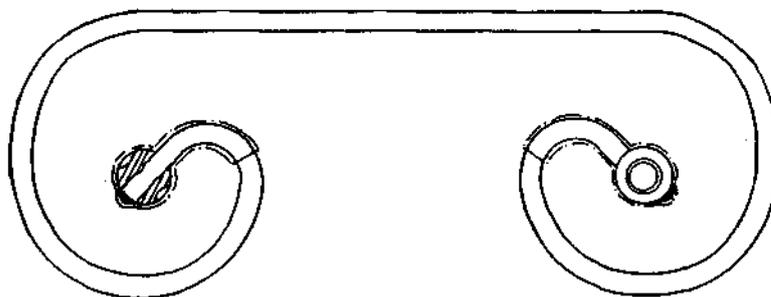


Рис. 8. Штепсельные соединительные

Достоинством можно считать простоту его установки.

Недостатки – это низкая надежность электрического контакта в соединении изделие – втулка – наконечник. Это объясняется тем, что погрешности формы и размеров отверстия в изделии и наружной поверхности втулки не исключают наличие зазоров в соединении. Со временем в зазорах начинаются коррозионные и электрохимические процессы, которые приводят к ухудшению электропроводности соединения и снижению электротехнических характеристик электрической цепи. Указанный недостаток также обусловлен тем, что на поверхностях изделия, с которыми контактирует втулка, еще до установки соединителя могут быть продукты коррозии, которые также снижают электропроводность соединения. Имеется также иной недостаток: проволочная часть соединителя повреждается при выполнении иных работ и не имеет антивандальной защиты, т.к. видна, что провоцирует хищение.

Заключение

На основании проведенного исследования можно утверждать, что каждый тип рельсового соединителя, как в плане конструкции, так и в плане материала, обладает своими определенными плюсами и минусами.

Вариант полного отказа от рельсовых стыков при применении рельсовых плетей на бесстыковом пути с применением сварки рельсов между собой, может избавить от ряда проблем, как в плане монтажа соединителей, так и в плане трудозатрат на их установку и изготовление.

Однако, доля звеньевоего пути по прежнему остаётся значительной и поэтому есть необходимость в разработке более совершенного рельсового соединителя, не имеющего недостатков, присущих рассмотренным соединителям.

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации / Утв. приказом Минтранса РФ от 21.12.2010 г. №286 (с изм. на 25.12.2015 г.) – М.: ОАО «РЖД», 2015. – 368 с.
2. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. для вузов/ Ю.А. Кравцов, В.Л. Нестеров и др.; Под ред. Ю.А. Кравцова. М.: Транспорт, 1996. 400с.
3. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник – 3-е издание, перераб. и доп. / В.С. Аркатов, Ю.В. Аркатов, С.В. Казеев, Ю.В. Ободовский. – М.: «ООО Миссия-М», 2006. – 496 с.
4. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник. Кн. 1. / Сороко В.И., Милюков В.А. - М: НПФ «ПЛАНЕТА», 2000. - 960 с.
5. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛСН / И.Н. Шевердин, В.И. Шаманов, Ю.А. Трофимов, А.В. Пультяков // Автоматика, связь, информатика. 2006. – № 10. С. 16-19.
6. Безопасность России. Тематический блок «Безопасность железнодорожного транспорта». В 2 т. Т. 2. Безопасность железнодорожного транспорта в условиях Сибири и Севера: моногр. / Акимов В.А., Алексеенко В.А., Ахметханов Р.С. и др.; научн. рук. член-корр. РАН Н.А. Махутов. – М.: МГОФ «Знание», 2014. – 856 с.
7. Шаманов В.И, Косякин В.В., Шабалин А.Н., Шаманова С.И. Стальные стыковые соединители на участке с электротягой переменного тока // Автоматика, связь, информатика. 1999. №7 с.8-10.
8. Григорьев В.А. Конструкции рельсовых стыков с тарельчатыми пружинами // Железнодорожный транспорт. 1999. № 8. С. 46-49.
9. Шаманов В.И., Косякин В.В., Березовский Г.С., Пультяков А.В. Обеспечение надежности токопроводящих элементов рельсовой линии при электротяге переменного тока. / Автоматика, связь, информатика. 2002. – № 12. С. 28-32.
10. Пультяков А.В., Диденко А.И. Долговечность стальных стыковых соединителей. / Транспортные проблемы сибирского региона. Сб. науч. тр. – Ч.1. Иркутск: ИрИИТ, 2001. С. 76-78.
11. Пат. 184263 Российская федерация: Соединитель рельсовый стыковой: МПК E01B 11/54 / Фадеев В.С., Флянтикова Т.Е., Штанов О.В., Конаков А.В., Паладин Н.М. / заявитель и патентообладатель ООО "Информационные технологии" (ООО "ИнфоТех") - заявл 20.12.2017; опубл 19.10.2018.
12. Пат. 127756 Российская федерация: Торцевой соединитель рельсовый шаберный: МПК E01B 11/00/ Мокрицкий Б.Я, Савинковский М.В , Сомин В.И / заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет" - заявл 05.05.2012 ; опубл 10.05.2013.
13. Пат. 170404 Российская федерация: Соединитель рельсовый стыковой пружинный: МПК E01B 11/00/ Фадеев В.С., Штанов О.В., Флянтикова Т.Е., Паладин Н.М.; заявитель и патентообладатель ООО "Патентное бюро" - заявл 14.04.2016 ; опубл 24.04.2017.
14. Пат. 2258288 Российская федерация: Токопроводящий соединитель рельсовой цепи: МПК H01R 4/64/ Иванов А.М.; заявитель и патентообладатель ЗАО "КВАРЦ" - заявл 24.02.2004 ; опубл 10.08.2005.
15. Пат. 195026 Российская федерация: Соединитель шаберно-пружинный: МПК E01B 11/54, B60M 5/00/ Ершов А.С., Васин В.В., Ершова Е.А. / заявитель и патентообладатель Ершова Евгения Александровна - заявл 16.10.2019 ; опубл 14.01.2020.
16. Пат. 41192 Российская федерация: Соединитель штепсельный: МПК H01R 11/26, / Мокрицкий Б.Я., Фадеев В.С., Каменев А.И. Конаков В.П. / заявитель и патентообладатель Мокрицкий Борис Яковлевич - заявл 22.07.2004 ; опубл 10.10.2004.

REFERENCES

1. Rules for the technical operation of railways of the Russian Federation: approved. by order of the Ministry of Transport of Russia No. 286 of December 21, 2010 (as amended on December 25, 2015). - M.: Russian Railways, 2015. – 368 p.
2. Railway automation and telemechanics systems / Yu.A. Kravtsov, V.L. Nesterov et al.; edited by Yu.A. Kravtsov. M.: Transport, 1996. – 400 p.
3. Rail chains of main Railways / V.S. Arkatov, Yu.V. Arkatov, S.V. Kazeev, Yu.V. Obodovsky – M.: "Missiya-M", 2006. – 496 p.
4. Equipment for railway automation and telemechanics / V.I. Soroko, V.A. Milyukov – M.: NPF "PLANETA", 2000. – 960 p.
5. The impact of heavy freight trains on a track circuit and ACS / I.N. Sheverdin, V.I. Shamanov, Yu.A. Trofimov, A.V. Pulyakov // Automation, communication, information. 2006. No. 10. P. 16-19.
6. Security of Russia. Theme block "Safety of railway transport". In 2 vols. 2. Safety of railway transport in Siberia and the North: Monogr. / Akimov V. A., Alekseenko V. A., Akhmetkhanov R. S. and others; scientific. ruk. member-Corr. Russian Academy of Sciences N. A. Makhutov, Moscow: msos "Znanie", 2014, 856 p.
7. Shamanov V.I., Kosyakin V.V., Shabalin A.N., Shamanova S.I. Steel butt connectors in the area with AC electric traction // Automation, communication, informatics. 1999. No. 7. p. 8-10.
8. Grigoryev V.A. Rail Joint Designs with Belleville Springs // Railway Transport. 1999. No. 8. p. 46-49.
9. Shamanov V.I., Kosyakin V.V., Berezovsky G.S., Pulyakov A.V. Ensuring the reliability of the conductive elements of the rail line with AC electric traction. / Automation, communications, informatics. 2002. – No. 12. p. 28-32.
10. Pulyakov A.V., Didenko A.I. Durability of steel butt connectors. / Transport problems of the Siberian region. Irkutsk: Iriit, 2001. Pp. 76-78.
11. Pat. 184263 Russian Federation: Joint rail connector: IPC E01B 11/54 / Fadeev V.S., Flyantikova T.E, Shtanov O.V., Konakov A.V., Paladin N.M. / applicant and patentee limited liability company "Information technologies "(LLC "Infotech") - application 20.12.2017; publ 19.10.2018.
12. Pat. 127756 Russian Federation: End connector rail scraper: IPC E01B 11/00 / Mokritsky B.Ya, Savinkovsky M.V, Somin V.I. / applicant and patentee Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Komsomolsk-on-Amur state technical University" - application 05.05.2012 ; publ 10.05.2013.
13. Pat. 170404 Russian Federation: Spring joint rail Connector: IPC E01B 11/00/ Fadeev V.S, Shtanov O.V., Flyantikova T.E, Paladin N.M.; applicant and patentee limited liability company "Patent office" (LLC "Patent office") - application 14.04.2016 ; publ 24.04.2017.
14. Pat. 2258288 Russian Federation: Current-carrying connector of the rail tsep: MPK H01R 4/64 / Ivanov A.M.; applicant and patent holder closed joint-stock company "QUARTZ" - application 24.02.2004; publ 10.08.2005.
15. Pat. 195026 Russian Federation: Scraper-spring Connector: IPC E01B 11/54, B60M 5/00 / Yershov A.S., Vasin V.V., Yershova E.A. / applicant and patentee Ershova Evgenia Aleksandrovna - application 16.10.2019; publ 14.01.2020.
16. Pat. 41192 Russian Federation: Plug Connector: IPC H01R 11/26, / Mokritskiy B.Ya, Fadeev V.S, Kamenev A.I. Konakov V.P./ applicant and patentee Mokritsky Boris Yakovlevich - application 22.07.2004; publ 10.10.2004.

Информация об авторах

Пультяков Андрей Владимирович – доцент, заведующий кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь», канд. техн. наук Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: pultyakov@irgups.ru;

Жгунов Иван Алексеевич – студент группы СОД.2-16-1, факультет «Системы обеспечения транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ivanlast98@mail.ru

Authors

Pultyakov Andrei Vladimirovich – Ph.d., Associate Professor, Head sub department of Automation, Remote Control and Communication. Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: pultyakov@irgups.ru;

Zhgunov Ivan Alekseevich – student of the group SOD.2-16-1, Department of Transport support systems, Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: ivanlast98@mail.ru

Для цитирования

Пультяков А.В. Исследование способов уменьшения переходного сопротивления в токопроводящих рельсовых стыках. [Электронный ресурс] / А.В. Пультяков, И.А. Жгунов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2020. – №3. – Режим доступа: – <http://mnv.irgups.ru/toma/39-20>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 10.07.2020)

For citation

Pultyakov A.V., Zhgunov I.A. Investigation of ways to reduce the transient resistance in current-conducting rail joints. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 3. [Accessed 10/07/20]