

производства и использования энергии в условиях Сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием [Increasing the efficiency of energy production and use in Siberia: Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation], 2016. Pp.170–175.

29. Kryukov A.V., Kutsyi A.P., Cherepanov A.V. Uluchshenie kachestva elektroenergii v setyakh 110–220 kV, pitayushchikh tyagovye podstantsii [Improving the quality of electricity in 110–220 kV networks feeding traction substations]. *Elektroenergetika glazami molodezhi – 2017: Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii [Electric power industry through the eyes of youth-2017: Materials of the VIII International scientific and technical conference]*, 2017. Pp. 318–321.

Информация об авторах

Пузина Елена Юрьевна – канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, доцент кафедры электроснабжения и электротехники, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: lena-rus05@mail.ru

Худоногов Игорь Анатольевич – д-р техн. наук, профессор кафедры электроэнергетики транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: hudonogovi@mail.ru

Information about the authors

Elena Yu. Puzina – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Electric Power Industry of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: lena-rus05@mail.ru

Igor' A. Khudonogov – Doctor of Engineering Science, Professor at the Subdepartment of Electric Power Industry of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Hudonogovi@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.4(68).114-120

УДК 625.151

Электрогидравлическая система обеспечения теплового режима стрелочных переводов железнодорожных путей

Д. В. Герцик¹, О. Л. Маломыжев², А. Г. Семенов³, Ю. А. Ходырев²✉, Д. О. Маломыжев²

¹Октябрьская железная дорога (Зеленогорская дистанция пути), г. Зеленогорск, Российская Федерация

²Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

³Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ hod1959@mail.ru

Резюме

Стрелочные переводы железнодорожных путей подвержены атмосферным воздействиям особенно в зимний период. Между их подвижными частями может скапливаться конденсат, снег, лед, что вызывает нарушение работоспособности стрелок. Сбои в работе стрелочных переводов связаны с безопасностью движения железнодорожного транспорта. Обеспечение безотказной работы стрелок реализуется двумя способами – очистка от атмосферных осадков и обеспечение заданного теплового режима, препятствующего образованию снега и льда. Первый способ связан с временными затратами на очистку и вызывает нарушение графика движения поездов. Второй способ требует наличия дополнительных источников энергии для его реализации, но при этом не будет влиять на режим движения подвижного состава. В статье предложен новый способ защиты стрелочных переводов от снега и льда, основанный на обеспечении требуемого теплового режима, полностью исключая необходимость прекращения движения поездов на период очистки стрелок. Применение предложенного способа наиболее рационально для путевых хозяйств в северных и приравненных к ним регионах России. Устройство обогрева, созданное на основе предложенного способа, апробировано на ответственных участках стрелочных переводов Зеленогорской дистанции пути Октябрьской железной дороги (Санкт-Петербург и Ленинградская область). Предложенный способ обеспечения работоспособности стрелочных переводов защищен патентом РФ.

Ключевые слова

железная дорога, стрелочный перевод, очистка от снега и льда, электрическая система обогрева, гидравлическая система обогрева, автоматическая система обеспечения теплового режима

Для цитирования

Герцик Д. В. Электрогидравлическая система обеспечения теплового режима стрелочных переводов железнодорожных путей / Д. В. Герцик, О. Л. Маломыжев, А. Г. Семенов, Ю. А. Ходырев, Д. О. Маломыжев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 4 (68). – С. 114–120. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.4(68).114-120

Информация о статье

поступила в редакцию: 03.10.2020, поступила после рецензирования: 18.10.2020, принята к публикации: 04.11.2020

The electrohydraulic system for ensuring the thermal regime of railway switches

D. V. Gertsik¹, O. L. Malomyzhev², A. G. Semenov³, Yu. A. Khodyrev²✉, D. O. Malomyzhev²

¹ The Oktyabr'skaya railway (Zelenogorsk track maintenance department), Zelenogorsk, the Russian Federation

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, the Russian Federation

✉ hod1959@mail.ru

Abstract

Railway switches are exposed to atmospheric influences, especially in the winter season. Condensate, snow, and ice may accumulate between their moving parts, which may cause a malfunction of the switches. Accordingly, failures in the operation of switches are related to the safety of railway transport. Trouble-free operation of the switches is ensured in two ways: cleaning from precipitation and providing a given thermal regime that prevents the formation of snow and ice. The first method involves time spent on cleaning and causes disruption of the train schedule. The second method requires the presence of additional sources of energy for its implementation. Thus, the use of a method for ensuring the thermal mode of the switch operation with minimal energy costs reduces its disadvantage. At the same time, it does not influence the mode of movement of the rolling stock. The article offers a new way to ensure the protection of switches from snow and ice, based on providing the required thermal regime, which completely eliminates the need to stop train traffic for the period of cleaning the switches. The application of the proposed method is most rational for track facilities in the Northern and equivalent regions of Russia. The heating device created on the basis of the proposed method has been tested on critical sections of the Zelenogorskaya track maintenance department of the Oktyabr'skaya railway (Saint Petersburg and the Leningrad region). The proposed method for ensuring the operability of switches is protected by a patent of the Russian Federation.

Keywords

railway, switch, clearing of ice and snow, electric heating system, hydraulic heating system, automatic system for providing thermal regime

For citation

Gertsik D. V., Malomyzhev O. L., Semenov A. G., Khodyrev Yu. A., Malomyzhev D. O. Elektrogidravlicheskaya sistema obespecheniya teplovogo rezhima strelochnykh perevodov zhelezнодорожных putei [The electrohydraulic system for ensuring the thermal regime of railway switches]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, No. 4 (68), pp. 114–120. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.4(68).114-120

Article Info

Received: 03.10.2020, Revised: 18.10.2020, Accepted: 04.11.2020

Введение

Предлагаемое устройство обогрева стрелочных переводов предназначено для удаления с них атмосферных осадков в виде снега и льда, а также замерзшего конденсата или дождя. Особенностью устройства является возможность его применения на путевых участках железнодорожного транспорта, удаленных от энергоснабжающих источников – теплоэлектроцентралей, линий электропередач (ЛЭП) и пр.

Устройства, обеспечивающие удаление в зимний период времени спрессованного снега и льда необходимы для обеспечения работоспособности стрелочных переводов, устройств автоматического разгона и торможения вагонов на пунктах формирования составов, горках. За весь период эксплуатации железнодорожного транспорта разработано достаточно много способов удаления замерзшей влаги. Каждый из них обладает своими плюсами, но, к сожалению, все они не лишены определенных недостатков. В данной статье предложен один из инновационных способов обеспечения работоспособности стрелочных переводов, разработанный на основе анализа существующих, имеющий ряд преимуществ перед ними.

Анализ задачи

В настоящее время наиболее распространен электрический обогрев стрелочных переводов, основанный на расположении электронагревательных

элементов (ТЭН), устанавливаемых в непосредственной близости от рамного рельса и, по возможности, контактирующих с поверхностью его подошвы по всей длине стрелки [1–6].

Основными недостатками электрического обогрева стрелочных переводов с помощью ТЭН, расположенных в непосредственной близости от зон контакта перемещаемых частей с опорными поверхностями, являются:

1. Низкий энергетический коэффициент полезного действия, обусловленный плохой передачей тепла в обогреваемые зоны путем теплопроводности и значительным конвективным теплообменом с окружающей средой. Причем устранение данного недостатка хоть и возможно путем выполнения теплоизолирующих устройств, а также обеспечения снижения термического сопротивления между нагревателями и элементами стрелочного перевода, но практическая реализация затруднена.

2. Расположение в легкодоступных для посторонних лиц участках. Так как для работы ТЭН используется электрический ток, они являются источником повышенной опасности, угрожающей жизни и здоровью людей.

Наряду с рассмотренным вариантом используются и иные способы подогрева стрелочных переводов, за счет других источников тепловой энергии [7–12].

Один из наиболее эффективных способов обогрева железнодорожных путей реализован в устройстве, предложенном С.С. Поярковым [13]. Принцип его работы заключается в подаче подвижного (жидкого) теплоносителя по специальным трубопроводам к подогреваемым зонам под повышенным давлением. Для повышения коэффициента теплопроводности между трубопроводами и нагреваемыми поверхностями применяются специальные фиксирующие накладки с резьбовыми соединениями. Потери тепла в окружающую среду минимизируются путем применения пассивной теплоизоляции, расположенной вне зоны подогрева. Подвижный теплоноситель нагревается до необходимой температуры с помощью удаленных от обогреваемого участка пути нагревательных устройств. Это могут быть устройства теплоснабжения жилых зданий и промышленных объектов – котельные, теплоэлектроцентрали и др. В данном устройстве реализована возможность использования тепловой энергии источников, расположенных на большом расстоянии, а полученное тепло, дистанционно передается к обогреваемым участкам. При этом циркуляция подвижного теплоносителя осуществляется за счет давления пара, образующегося при нагревании самого теплоносителя.

Рассмотренному устройству присущи следующие недостатки:

1. Теплоэнергетические установки могут располагаться на значительном расстоянии (до десятков километров). При этом возникает необходимость выполнения теплотрасс, для обеспечения подвода теплоносителя к обогреваемым участкам. Вследствие больших длин трубопроводов происходят значительные потери тепла. Изготовление, обслуживание и ремонт теплотрасс требует капиталовложений. Возникают дополнительные сложности при проведении плановых работ по обслуживанию и замене путей и стрелочных переводов.

2. Этот способ требует установки полых продольных лежней в зоны обогрева непосредственно под рельсы. При этом неизбежно возникает конструктивное изменение установки рельсов, что не соответствует существующей технологии и связано с нарушением требований к безопасности.

3. Трубопроводы, специальные накладки с резьбовыми соединениями расположены под подложкой рельса и не позволяют проводить органолептический контроль качества плотности прижатия, а, следовательно, величины теплового сопротивления теплопроводности между нагревателями и нагреваемыми участками железнодорожных путей. Таким образом, тепловой КПД может быть нарушен и эффективность устройства будет снижена.

В результате проведенного исследования отмечен ряд недостатков, применяемых и предлагаемых устройств очистки стрелочных переводов от снега и льда путем их подогрева и обеспечения необходимо-

го теплового режима. Таким образом, разработка устройства, обеспечивающего работоспособность стрелочного перевода при различных погодных и климатических условиях, обладающая своей автономностью, минимальной стоимостью и высоким энергетическим КПД, а также лишенная всех перечисленных недостатков, является актуальной задачей.

Реализация гидравлического устройства обогрева стрелочного перевода

Предлагаемое устройство гидравлического обогрева стрелочного перевода 1 содержит: контур 2 с трубопроводом 3 для циркуляции подвижного теплоносителя, насос активации движения теплоносителя 4 (путем повышения давления и его подачи в зону обогрева 5 стрелочного перевода 1 или группу зон 5, 6 и т. д.); устройство 7 повышения теплопроводности в контакте между стальными частями железнодорожного пути и активной частью, т. е. находящееся в зоне 5, 6, внешней поверхности труб, содержащих подвижный теплоноситель 3; теплоизолирующую оболочку 8, не потребляющую энергию и расположенную вне зоны 5, 6; теплоэнергетический источник 9, обеспечивающий нагрев подвижной среды до необходимой температуры и находящийся в зоне расположения обогреваемого объекта 10 (в непосредственной близости и, как правило, не далее 6–10 м от обогреваемого стрелочного перевода 1) (рис. 1–5).

Устройство 7 уменьшения теплового сопротивления состоит из фиксирующих прижимных накладок 11, 12 с резьбовыми крепежными элементами 13, 14 соответственно (рис. 4, 5).

Контур циркуляции теплоносителя 2 имеет резервуар для хранения запаса теплоносителя 15 (рис. 2) и включен в общий контур циркуляции (рис. 3).

Гидравлический насос 4, обеспечивает движение теплоносителя и его подачи с избыточным давлением в зону 5, 6 подогрева стрелочного перевода 1, имеет приводной электрический двигатель (напряжение электропитания 12 В или 220 В) и обеспечивает постоянное (безостановочное) вращение насоса 4. Подвод теплоносителя к входному штуцеру насоса осуществляется из гидробака 15, а подача теплоносителя из выходного штуцера осуществляется к теплоэлектрическим нагревателям 16, которые являются источниками нагрева теплоносителя (рис. 2, 3), встроенными в участок трубопровода 3.

Электрооборудование установки (насос 4, ТЭН 16 и др.) может питаться как от однофазной, так и от трехфазной сети переменного тока и включает в себя стандартные элементы электрокоммуникаций, в том числе розетки с вилками – 17, 18 (рис. 2), кабели, провода предохранительные, заземляющие устройства и пр.

Также в электрической части установки имеются элементы системы управления 19, контроля 20, а также устройства защиты 21, обеспечивающие сни-

жение влияния окружающей среды и препятствующее доступу посторонних лиц (рис. 2).

Отличительными свойствами предлагаемой установки, обеспечивающей ее высокую эффективность по сравнению с существующими, например [4], являются следующие:

1. В качестве подвижного теплоносителя может использоваться вода, имеющая высокую теплоемкость и нагреваемая за счет ТЭН 16 до температуры $80 (\pm 10) ^\circ\text{C}$.

2. Теплоизолирующая энергонезависимая теплоизоляция 8 трубопровода 3 может включать в себя дополнительное теплоизолирующее «лакокрасочное» покрытие 23 для металлических участков или оболочку 24 из материала с низким значением коэффициента теплопроводности на них (рис. 4).

Элементы устройства, к которым относятся бак для теплоносителя 15, насос с электрическим приводом 4, ТЭНы 16, включая электроизолирующие элементы 22, устройства управления и контрольные приборы 19–21, в том числе автоматическую систему защиты от превышения тока и увеличения температуры, допустимо устанавливать в шкаф управления 28 (рис. 1, 2).

При проведении экспериментальной проверки устройства участок трубопровода, осуществляющий непосредственный нагрев стрелочного перевода 3, был расположен вдоль подлежащих обогреву элементов путей, а именно, в стрелках 5, 6 – вдоль рельсов 29 и остряка 30.

Подробно, конструкция и работа устройства описана в [4].

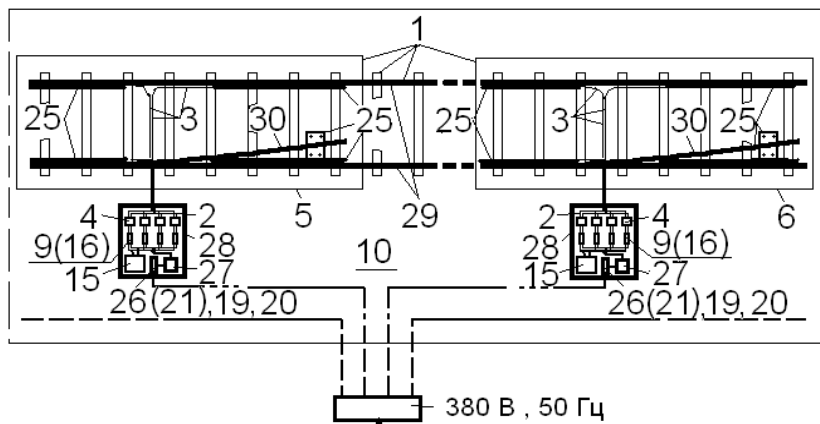


Рис. 1. Схема устройства для обогрева двух стрелочных переводов
 Fig. 1. Diagram of a device for heating two switches

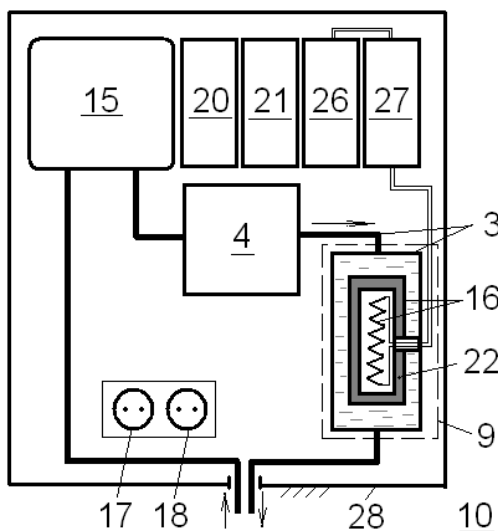


Рис. 2. Компонка элементов устройства подогрева стрелочного перевода в распределительно-управляющем блоке
 Fig. 2. Arrangement of elements of the switch heating device in the distribution and control unit

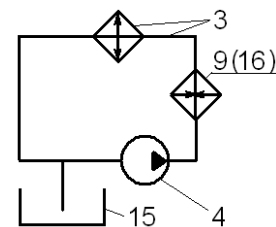


Рис. 3. Схема гидравлического контура
 Fig. 3. Hydraulic circuit diagram

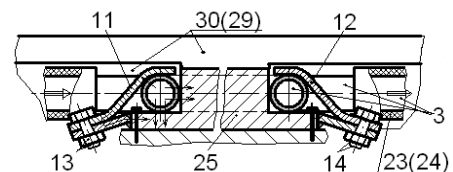


Рис. 4. Расположение и закрепление участка трубопровода, осуществляющего непосредственный нагрев стрелочного перевода (продольное вертикальное сечение)
 Fig. 4. Location and fastening of the pipeline section that directly heats the switch (longitudinal vertical section)



Рис. 5. Расположение фрагмента участка трубопровода, осуществляющего непосредственный нагрев стрелочного перевода опытного образца установки

Fig. 5. Location of a fragment of a pipeline section directly heating the switch of a prototype installation

Заключение

Разработанное устройство обладает рядом преимуществ перед аналогичными, которые заключаются в снижении энергозатрат на обогрев стрелочных переводов за счет уменьшения отвода тепла в окружающую среду, а также в автономности и возможности применения практически на любых участках железной дороги, независимо от наличия в непосредственной близости централизованных теплоэнергетических установок (котельных, ТЭЦ и пр.).

Эффективность применения предлагаемого устройства подтверждена испытаниями опытного образца на участке Зеленогорской дистанции пути Октябрьской железной дороги (см. рис. 5). В процессе испытаний не было отмечено каких-либо сбо-

ев при работе стрелочного перевода, в том числе в зимний период и при наличии атмосферных осадков в виде снега.

Устройство запатентовано в РФ и апробировано [14–18].

Инновационное предложение по внедрению гидравлических устройств локального обогрева железнодорожных путей доступно и эффективно, что подтверждается результатами опытной проверки в зимних условиях. Устройство электрической системы обеспечения теплового режима железнодорожных стрелок, предлагаемое авторами, представляется эффективным по ряду показателей.

Список литературы

1. Пат. 0056903 Рос. Федерация, МПК E01H 8/08. Устройство локального электрообогрева железнодорожных путей / Д.В. Герцик, В.В. Разманов. № 2006117997 ; заявл. 24.05.2006 ; опубл. 27.09.2006, Бюл. № 27.
2. Герцик Д.В., Семенов А.Г. Об актуальности модернизации путевого хозяйства на железной дороге // Изобретатели в инновационном процессе России : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2014. С. 153–156.
3. Колисниченко Е.А. Совершенствование технологии очистки стрелочных переводов от твердых атмосферных осадков инфракрасным излучением : дис. ... канд. техн. наук. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2019. 152 с.
4. Брискин В.М. Электрообогрев стрелочных переводов // Железнодорожный транспорт. 1988. № 2. С. 58.

5. Геотермический обогрев стрелок // Железные дороги мира. 2013. № 1. С. 73–76.
6. Глюзберг Б.Э., Королев В.В. Удаление снега на стрелочных переводах // Путь и путевое хозяйство. 2014. № 3. С. 26–30.
7. Ермоленко Д.В., Кирич О.Ю. Перспективы использования индукционного обогрева стрелочных переводов // Вестн. ВНИИЖТ. 2012. № 5. С. 32–35.
8. Колисниченко Е.А. Устройство инфракрасного излучения как один из способов удаления снега и льда с остряковых рельсов // Сб. науч. тр. III междунар. науч.-практ. 119 конф., посвящ. 205-летию создания Института Корпуса инженеров путей сообщ. СПб. : Изд-во ПГУПС, 2015. С. 44–49.
9. Королев В.В. Системы удаления снега со стрелочных переводов в зимних условиях // Современные и перспективные конструкции железнодорожного пути для различных условий эксплуатации : сб. тр. ученых ОАО «ВНИИЖТ». М., 2013. С. 138–147.
10. Очистка пути от снега // Железные дороги мира. 2012. № 11. С. 75–77.
11. Очистка стрелочных переводов от снега и льда на железных дорогах Северной Америки // Железные дороги мира. 1998. № 10. С. 72.
12. Твердохлеб Н.Ф. О способах электрообогрева стрелочных переводов // Промышленный транспорт. 1988. № 7 (199). С. 11.
13. А.с. 0021200 СССР, МПК E01B2/00; E01B19/00. Устройство железнодорожного пути / С.С. Поляков. № 66751 ; заявл. 20.03.1930 ; опубл. 31.07.1931.
14. Пат. 2547666 Рос. Федерация, МПК E01B7/24, E01B19/00, E01H8/08. Устройство локального обогрева железнодорожных путей / Д.В. Герцик, В.В. Разманов, А.Г. Семёнов. № 2013154/11 ; заявл. 09.12.2013 ; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.
15. Герцик Д.В., Семенов А.Г. Об актуальности модернизации путевого хозяйства на железной дороге // Изобретатели в инновационном процессе России : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2014. С. 153–156.
16. Герцик Д.В., Семенов А.Г. Инновации на железных дорогах в суровом климате: модернизация системы электрообогрева стрелочных переводов // Транспортные и транспортно-технологические системы : материалы междунар. науч.-практ. конф. Тюмень : ТюмГНГУ. 2016. С. 79–84.
17. Герцик Д.В., Семенов А.Г. Инновации на железных дорогах: альтернатива электрообогреву стрелочных переводов // Транспортные и транспортно-технологические системы : материалы междунар. науч.-практ. конф. Тюмень : ТюмГНГУ. 2016. С. 84–88.
18. Семенов А. Инновации на железной дороге: системы обогрева стрелочных переводов // Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. ISBN 978-3-330-07000-4.

References

1. Gertsik D. V., Razmanov V. V. *Ustroistvo lokal'nogo elektroobogreva zheleznodorozhnykh putei* [A device for local electric heating of railway tracks]. Patent No. 0056903 U1, Russian Federation. IPC E01H 8/08. Appl. No. 2006117997 of 24.05.2006; publ. 27.09.2006, Bull. No. 27.
2. Gertsik D. V., Semenov A. G. Ob aktual'nosti modernizatsii putevogo khozyaistva na zheleznoi doroge [On the relevance of modernization of track facilities on the railway] // *Izobretateli v innovatsionnom protsesse Rossii: Materialy nauch.-praktich. konf. s mezhdunarodnym uchastiem, 20–21 dekabrya 2013 g.* [Inventors in the innovation process of Russia: Materials of scientific and practical conference with international participation, 20–21 December 2013]. University press, 2014. P. 153–156.
3. Kolisnichenko E. A. Sovershenstvovanie tekhnologii ochistki strelochnykh perevodov ot tverdykh atmosferynykh osadkov infrakrasnym izlucheniem: dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Improving the technology of cleaning switches from solid atmospheric precipitation by infrared radiation: the Ph.D. (Engineering) diss.]. Irkutsk, Irkutsk State Transport University Publ., 2019, 152 p.
4. Briskin V. M. Elektroobogrev strelochnykh perevodov [Electric heating of track switches] // *Zheleznodorozhnyi transport [Railway transport]*, 1988, No. 2, P. 58.
5. Geotermicheskii obogrev strelok [Geothermally heated switch points] // *Zheleznodorozhnyi transport [World railways]*, 2013. No. 1. P. 73–76.
6. Glusberg B. E., Korolev V. V. Udalenie snega na strelochnykh perevodakh [Snow removal on track switches] // *Put' i putevoe khozyaistvo [Track and track facilities]*, 2014. No. 3. Pp. 26–30.
7. Ermolenko D. V., Kirin O. Yu. Perspektivy ispol'zovaniya induktsionnogo obogreva strelochnykh perevodov [Prospects of using induction heating of track switches] // *Vestnik VNIIZHT [Vestnik of the Railway Research Institute]*, 2012. No. 5. Pp. 32–35.
8. Kolisnichenko E. A. Ustroistvo infrakrasnogo izlucheniya kak odin iz sposobov udaleniya snega i l'da s ostryakovykh rel'sov [The device of infrared radiation as one of the ways of removing snow and ice from switch point rails] // [Collection of scientific papers of the III international scientific and practical 119 conference, dedicated to the 205th anniversary of the establishment of the Corps of the Institute of Railway Transport Engineers]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2015. Pp. 44–49.
9. Korolev V. V. Sistemy udaleniya snega so strelochnykh perevodov v zimnikh usloviyakh [Systems of snow removal from switches in winter conditions] // *Sbornik trudov uchenykh OAO «VNIIZHT». Sovremennye i perspektivnye konstruksii zheleznodorozhnogo puti dlya razlichnykh uslovij ekspluatatsii pod red. k. t. n. A.Yu. Abdurashitova* [Collection of works of scientists of OAO "VNIIZHT". Modern and perspective constructions of a railway track for various operating conditions, ed. by A. Yu. Abdurashitov, Ph.D. of Engineering Science]. Moscow, 2013. Pp. 138–147.
10. Ochistka puti ot snega [Clearing the track from snow] // *Zheleznye dorogi mira [Railways of the world]*, 2012. No. 11. Pp. 75–77.

11. Ochistka strelochnykh perevodov ot snega i l'da na zheleznykh dorogakh Severnoi Ameriki [Cleaning of switches from snow and ice on the railways of North America] // *Zheleznye dorogi mira [Railways of the world]*, 1998. No. 10. P. 72.
12. Tverdokhleby N. F. O sposobakh elektroobogreva strelochnykh perevodov [On the methods of electric heating of switches] // *Promyshlennyi transport [Industrial transport]*, 1988. No. 7 (199). P. 11.
13. Poyarkov S. S. *Ustroistvo zheleznodorozhnogo puti [Arrangement of the railway track]*. Author's certificate 0021200 A1 (USSR). IPC E01B2/00; E01B19/00. Application No. 66751 dated March 20, 1930; publ. July 31, 1931.
14. Gertsik D. V., Razmanov V. V., Semenov A. G. *Ustroistvo lokal'nogo obogreva zheleznodorozhnykh putei [A device for local heating of railway tracks]*. Pat. 2547666 C1 (RF). IPC E01B7/24, E01B19/00, E01H8/08. Application. No. 2013154/11 dated December 09, 2013; publ. April 10, 2015, Bull. No. 10.
15. Gertsik D. V., Semenov A. G. Ob aktual'nosti modernizatsii putevogo khozyaistva na zheleznoi doroge [On the relevance of modernization of track facilities on the railway] // *[Inventors in the innovation process of Russia]: Proceedings of the Scientific and Practical Conference with international participation, December 20-21, 2013*. St. Petersburg: SPbSPU, Publishing House of Polytechnic University, Pp. 153-156.
16. Gertsik D. V., Semenov A. G. Innovatsii na zheleznykh dorogakh v surovom klimate: modernizatsiya sistemy elektroobogreva strelochnykh perevodov [Innovation on the Railways in the harsh climate: modernization of the system of electric heating of track switches] // *«Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy»: Materialy Mezhdunarodnoi nauch.-praktich. konf. 14 apr. 2016 g. [Transport and transport-technological systems": materials of the International scientific-practical. Conf. April 14, 2016]*, Tyumen, TyumGNGU Publ., 2016. Pp. 79-84.
17. Gertsik D. V., Semenov A. G. Innovatsii na zheleznykh dorogakh: alternativna elektroobogrevu strelochnykh perevodov [Innovation on railways: an alternative to electric heating of track switches] // *«Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy»: Materialy Mezhdunarodnoi nauch.-praktich. konf. 14 apr. 2016 g. [The transport and transport-technological systems": materials of the International scientific-practical conf. April 14, 2016]*. Tyumen', TyumGNGU Publ., 2016. Pp. 84-88.
18. Semenov A. Innovatsii na zheleznoi doroge: sistemy obogreva strelochnykh perevodov (monografiya) [Innovation on the railway: the heating systems of track switches (a monograph)]. LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken – Berlin – Leipzig, Deutschland 04.2017. ISBN 978-3-330-07000-4.

Информация об авторах

Герцик Дмитрий Викторович – инж., главный механик, Октябрьская железная дорога (Зеленогорская дистанция пути), e-mail: angel.777@mail.ru

Маломыжев Олег Львович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: olm@bk.ru

Семенов Александр Георгиевич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа транспорта, e-mail: agentnomer117@mail.ru

Ходырев Юрий Анатольевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры пути и путевого хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: hod1959@mail.ru

Маломыжев Дмитрий Олегович – кафедра электроподвижного состава, Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: kbprf13@gmail.com

Information about the authors

Dmitrii V. Gertsik – engineer, chief mechanic, the Oktyabr'skaya railway (Zelenogorsk track maintenance department), e-mail: angel.777@mail.ru

Oleg L. Malomyzhev – Ph.D. of Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Subdepartment of Cars and Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: olm@bk.ru.

Aleksandr G. Semenov – Ph.D. of Engineering Science, Senior Research Officer, Associate Professor, Higher School of Transport, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, e-mail: agentnomer117@mail.ru

Yurii A. Khodyrev – Ph.D. of Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Subdepartment of Track and Railway Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: hod1959@mail.ru

Dmitrii O. Malomyzhev – student, the Subdepartment of Electric Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kbprf13@gmail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.4(68).120-127

УДК 625.12

Анализ деформаций земляного полотна в геодинамически активных районах на примере Восточно-Сибирской железной дороги

Н. М. Быкова, С. А. Исаев✉

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉ semen.isaev.1995@mail.ru

Резюме

В статье рассматривается проблема поведения земляного полотна железных дорог в геодинамически активных районах на примере участка Транссибирской магистрали Восточно-Сибирской железной дороги Бирюсинск – Горхон. При анализе схемы разломно-блоковой структуры юга Восточной Сибири становится очевидным, что Транссибирская магистраль зачастую пересекает участки с тектоническими нарушениями. При изучении литературы по эксплуатации инженерных сооружений, прослеживается влияние подвижек в зонах тектонических нарушений на такие сооружения, как тоннели, трубопроводы, гидроэлектростанции, резервуары, насыпи. Проанализированы существующие нормативные