

Научная статья
УДК 656.222
doi: 10.46684/2687-1033.2024.4.445-450

Повышение надежности функционирования рельсовых цепей

Н.Г. Липчанская^{1✉}, И.М. Попова²

^{1,2} Филиал Приволжского государственного университета путей сообщения в г. Саратове (Филиал ПривГУПС в г. Саратове); г. Саратов, Россия

¹ Lipchanskaya61@mail.ru✉

² impopova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0257-8442>

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются история строительства солевой ветки железной дороги, а также перевозка соли в настоящее время с месторождения (озеро Баскунчак) со станции Нижний Баскунчак до станции Владимирская пристань для дальнейшей перевалки на речные баржи. Проведен анализ ухудшения состояния верхнего строения пути при перевозке соли (галита) открытым способом в полувагонах (насыпью). Изучены основные причины отказов, которые могут быть вызваны засорением балласта сыпучими грузами, особенно солями.

Предлагается в целях защиты от коррозии осуществлять нанесение лакокрасочного покрытия, а также применять водоструйные путевые машины для полного удаления солей и изолирующие стыки из стеклопластика. Для повышения надежности функционирования рельсовых цепей и устранения отклонений от нормальной работы устройств СЦБ по причине коррозии металла, предложено железо покрывать защитным слоем цинка.

При разработке месторождения соли рекомендуется техническое решение, которое заключается в использовании современной техники. При добыче соли открытым способом с помощью предлагаемого погрузчика появится возможность собирать соль таким образом, чтобы в дальнейшем более быстро формировался пласт новой соли. Такие инновационные подходы позволят обеспечить экологическую безопасность и сохранить природные ресурсы.

Ключевые слова: соль (галит); перевозка соли; коррозия металла; работа рельсовой цепи; повышение надежности работы; новые технологии

Для цитирования: Липчанская Н.Г., Попова И.М. Повышение надежности функционирования рельсовых цепей // Техник транспорта: образование и практика. 2024. Т. 5. Вып. 4. С. 445–450. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.4.445-450>.

Original article

Increasing the reliability of operation of rail circuits

Natalia G. Lipchanskaya^{1✉}, Irina M. Popova²

^{1,2} Branch of the Volga State Transport University in Saratov (Branch of the VSTU); Saratov, Russian Federation

¹ Lipchanskaya61@mail.ru✉

² impopova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0257-8442>

ABSTRACT

The article considers the history of construction of the salt railway line, as well as the current transportation of salt from the deposit (Lake Baskunchak) from the Nizhny Baskunchak station to the Vladimirskaya pier station for further transshipment to river barges. An analysis of the deterioration of the track superstructure during the transportation of salt (halite) in an open way in gondola cars (in bulk) is carried out. The main causes of failures that can be caused by contamination of the ballast with bulk cargo, especially salts, are studied.

It is proposed to apply a paint and varnish coating in order to protect against corrosion, as well as to use water-jet track machines for the complete removal of salts and insulating joints made of fiberglass. To improve

© Н.Г. Липчанская, И.М. Попова, 2024

the reliability of the track circuits and eliminate deviations from the normal operation of signaling and interlocking devices due to metal corrosion, it is proposed to coat the iron with a protective layer of zinc.

When developing a salt deposit, a technical solution is recommended that consists of using modern technology. When mining salt in an open way, the proposed loader will make it possible to collect salt in such a way that a layer of new salt will form more quickly in the future. Such innovative approaches will ensure environmental safety and preserve natural resources.

Keywords: salt (halite); salt transportation; metal corrosion; track circuit operation; improving reliability; new technologies

For citation: Lipchanskaya N.G., Popova I.M. Increasing the reliability of operation of rail circuits. *Transport technician: education and practice*. 2024;5(4):445-450. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.4.445-450>.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваются одна из старейших на территории России железнодорожных линий, история строительства ветки солевозной железной дороги. Актуальность ее строительства обусловлена тем, что на озерах Эльтон и Баскунчак существуют соляные промыслы. Соль, добываемая на этих озерах, является «кристально чистой». Возникла необходимость в ее транспортировке с о. Эльтон, что привело в 1812 г. к идее строительства солевозной рельсовой дороги¹.

Ее специфика заключается в том, что она единственная в мире, проложенная по дну озера. Озеро Баскунчак имело небольшую глубину, позволившую осуществить строительство ветки (рис. 1). Конечно, транспортировка по Волге тесно связана с таким понятием, как сезонность, а это сопряжено с определенными ограничениями. Несмотря на этот факт, благодаря возможности перевозки большого объема грузов по данной дороге баскунчакская соль заняла лидирующее место².

В период с 1907 по 1917 г. структура железнодорожной ветки претерпевает значительные изменения. В целях увеличения объема перевозок через р. Ахтуба строится железнодорожный мост. Отдельно существовавшая Баскунчакская железная дорога в 1953 г. входит в состав Приволжской железной дороги.

В настоящее время по этой ветке дороги успешно продолжается перевозка соли.

В Астраханском регионе Приволжской железной дороги ОАО «Руссоль» отправляет свою продукцию с месторождения (о. Баскунчак) со ст. Нижний Баскунчак до ст. Владимирская пристань для дальнейшей перевалки на речные баржи. Мар-

шрут следования «вертушек» для перевозки соли осуществляется по жестким ниткам графика движения поездов и составляет 58 км, перегоны оборудованы автоблокировкой (АБ) [1].

Цель исследования — оптимизация добычи соли на месторождении и снижение последствий от попадания соли на рельсы.

К задачам исследования следует отнести устранение отказов в работе рельсовых цепей вследствие попадания соли, а также разработку инновационных подходов к добыче соли.

Вопросы разработки соляных месторождений и технологии добычи проанализировали в своих трудах ученые: А.Г. Алексеенко, В.Ж. Арене, М.П. Бельды, Ф.И. Березин, П.С. Бобко, И.М. Гофман-Захаров, Ф. Джессен, М. Догару, Ю.Д. Дядькин, Ж.С. Ержанов и др.

Исследованию надежности функционирования систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи посвящены работы В.В. Сапожникова, Д.В. Ефанова, В.И. Шаманова, К.И. Корниенко, А.В. Горелик, И.А. Журавлева, А. В. Озерова, G. Theeg.



Рис. 1. Технология погрузки соли на о. Нижний Баскунчак

¹ 127 лет назад начала функционировать Баскунчакская «солевозная» железная дорога (ныне Астраханское отделение Приволжской магистрали) // РЖД. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9398/page/104069?id=37898&ysclid=m1rgjysyjm468638231>

² Надеждин Б. Озеро Баскунчак — большая соляная жемчужина // Союзное государство: официальный сайт Постоянного Комитета Союзного государства. URL: <https://посткомср.рф/travel/200720/>

Изучением проблематики эксплуатации рельсовых цепей занимались А.В. Пультяков, В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин, С.А. Сарычева, Е. Тарасов, В. Надежкин, С. Надежкина.

Заметный вклад в развитие систем регулирования движения на железнодорожном транспорте внесли Л.А. Кондратьева, S. Steffens, T. Suess, F. Eschmann.

Прикладная значимость настоящего исследования заключается в возможности применения полученных материалов при организации перевозки соли с месторождений железнодорожным транспортом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научные результаты, представленные в данной статье, получены с помощью эмпирических методов исследования: опытно-экспериментальной работы, наблюдения, анкетирования; а также теоретических методов исследования: обобщения, анализа и синтеза, абстрагирования.

Соль является природным минералом, который используется как в быту, так и в промышленности. От общей добычи соли в России около 80 % приходится на баскунчакскую соль [2]. В условиях нашего климата галит приобрел известность как реагент, борющийся со льдом.

При транспортировке технической соли (галита) открытым способом возникает риск ее попадания на железнодорожный путь (рис. 2).

В результате этого все оказывается под воздействием разрушающего действия технического галита.

Перевозка любого вида груза связана с таким критерием качества перевозок как безопасность движения. Если остановиться на рассматриваемом случае, то на железнодорожном транспорте безопасность движения поездов зависит от исправности средств железнодорожной автоматики и телемеханики [3]. К элементам железнодорожной автоматики и телемеханики относят электрические рельсовые цепи. При перевозке анализируемого груза происходит засорение балласта сыпучими грузами, вследствие чего появляется риск снижения сопротивления балласта. Отказ в работе рельсовых цепей может привести к возникновению аварий.

Рельсовые цепи необходимы для того, чтобы определить, свободен или занят участок пути на перегонах и станциях. Также к функциям рельсовых цепей следует отнести контроль за состоянием рельсовых линий и передачу информации с путевых устройств на локомотив и между самими устройствами [4].

Если рассмотреть и проанализировать наиболее часто встречающиеся в работе рельсовых це-



Рис. 2. Железнодорожные пути при вывозе галита с озера

пей отказы, то можно сделать вывод, что это повреждения типов «ложная занятость» и «ложная свободность» [5]. К причинам, вызвавшим данные отказы, возможно отнести и загрязнение балласта, неисправность устройств СЦБ, осадки, а также ржавчину на рельсах или колесах [6].

«Ложная занятость» характеризуется тем, что при фактическом отсутствии подвижного состава на пути, табло показывает занятость. Это приводит к тому, что дежурный по станции должен разрешить движение поездов по пригласительному сигналу.

В некоторых случаях при попытках регулировки рельсовой цепи с ложной занятостью может произойти другой вид отказа — «ложная свободность». В этом случае на участке находится подвижной состав, а путевое реле участка, занятого поездом, не выключается. Это может повлечь столкновение и крушение поездов, так как поезда движутся с высокой скоростью и моментально остановить их невозможно [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ показывает, что отказы в работе рельсовых цепей могут привести к серьезным последствиям [8]. В качестве предложений, позволяющих повысить уровень надежности функционирования рельсовых цепей, следует рассмотреть применение водоструйных путевых машин, и при изготовлении изолирующих стыков подбор инновационных материалов и технологий.

Для увеличения срока службы изолирующих стыков предлагается применять клеболтовые изолирующие стыки и изготовленные из стеклопластика.

Кроме того, с позиции конструктивных решений при производстве стыковых соединителей стоит рассмотреть пружинные соединители, втулочные алюминиевые соединители, прокладки

рельсовых соединителей, изолированных стыков [9]. Их изготавливают из полиэтилена, полиамида, стеклотекстолита, фибры и других материалов. Для уменьшения разрушающего воздействия при влиянии хлорида натрия NaCl в стыковые прокладки из полиамида необходимо добавить вещество, изменяющее свойства композиции полиамида, которое уменьшит их растворимость [10].

В химический состав соли входит анион хлора (Cl⁻), который повышает скорость процесса коррозии металла, что приводит к образованию ржавчины.

С целью предотвращения коррозии железо покрывают защитным слоем цинка, который останавливает реакцию между железом и кислородом и водой. Кроме того, может предотвратить образование ржавчины в соленой воде или соленом воздухе специальная изготовленная краска.

Для защиты от коррозии на металлические поверхности рекомендуется наносить лакокрасочные покрытия [11]. Такая процедура будет препятствовать попаданию на поверхность металла влаги и агрессивных кислот. Если рассматривать железную дорогу, к причинам возникновения коррозии следует отнести, кроме указанных факторов, периодически возникающее смачивание поверхности атмосферными осадками, загрязнение пылью и перевозимыми частицами рельсов. Обработка поверхностей лаком будет образовывать на поверхности изолирующие пленки высокой прочности [12].

Обязательно должна соблюдаться технология обработки металлоконструкций лакокрасочными покрытиями, а также осуществляться контроль качества на всех этапах проведения работ [13].

При попадании соли на рельсы происходит снижение сцепления колес железнодорожного подвижного состава с рельсами. Увеличивается риск возникновения аварийной ситуации, когда поезд может сорваться с пути [14].

С экологической точки зрения соль на железнодорожных перегонах может попасть в окружающую среду, затрудняя проникновение воды в грунт и приводя к солепереносу.

Из-за реакции соли на рельсах с частицами пыли и загрязнений, образующихся при движении поездов, возможно снижение качества воздуха вблизи железнодорожного пути.

Этот вид загрязнения может стать причиной ухудшения здоровья людей, проживающих рядом с железной дорогой.

Еще одним негативным последствием попадания соли на рельсы служит разрушение растительного покрова и снижение биоразнообразия в районах, где это происходит.

На участках железнодорожного пути, где организуется перевозка галита в полувагонах (насы-

пью) необходимо обеспечить сохранность элементов верхнего строения пути от воздействия концентрата хлорида натрия, исключить коррозию металлосодержащих частей рельсовых путей и путевого хозяйства. Поэтому требуется предотвратить негативное влияние на устройства СЦБ и путевого хозяйства при выполнении основной задачи железнодорожного транспорта — полного и своевременного удовлетворения потребностей населения в качественных транспортных услугах [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что при разработке месторождения соли предлагается техническое решение, которое является оптимальным для применения на данном участке. Внедряемый подборщик существенно увеличит объем добываемой соли. При добыче соли открытым способом с помощью данного подборщика (рис. 3) появится возможность собирать соль таким образом, чтобы в дальнейшем более быстро формировался пласт новой соли.

Также необходимо в качестве устранения последствий попадания соли на железнодорожный путь принять ряд мер, позволяющих повысить безопасность движения.

Предлагается выполнять оценку коррозионного состояния оборудования для получения оперативной информации о возможных отказах. При ее проведении можно осуществлять оценку внешнего состояния оборудования как без измерительных приборов, так и с помощью приборов ультразвукового контроля.

На основании оценки коррозионного состояния предъявляются повышенные требования к подвижному составу (полувагонам) и устройствам СЦБ и путевого хозяйства при перевозке соли навалом. Основываясь на имеющихся сведениях, можно сделать вывод о том, что элементы конструкций полувагонов должны изготавливаться



Рис. 3. Работа подборщика на озере по добыче соли

из низколегированных сталей и предназначаться для сварных конструкций грузовых вагонов при эксплуатации на открытом воздухе, в том числе в слабоагрессивных средах. Прочность конструкции полувагонов позволит исключить просыпание груза на верхнее строение железнодорожного пути.

Для нанесения лакокрасочных покрытий, обеспечивающих защиту металлических частей от коррозии, целесообразно применять локомотивный рельсосмазыватель, на котором смонтировано устройство для смазывания рельсов. Следует отметить, что периодичность работы рельсосмазывателя на участке обращения солевозных верту-

шек должна быть внесена и утверждена в графике движения поездов.

При перевозке соли (галита) открытым способом происходит загрязнение верхнего строения железнодорожного пути. В границах железнодорожной полосы прокладываются кабельные линии СЦБ и связи. Кабель в целях защиты кабельных линий от вредного воздействия солей рекомендуется прокладывать в полиэтиленовом трубопроводе.

Такие инновационные подходы позволят обеспечить экологическую безопасность и сохранить природные ресурсы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьева Л.А. Системы регулирования движения на железнодорожном транспорте: учебное пособие. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. 324 с. EDN YSDJSH.

2. Сапожников В.В., Сапожников В.В., Ефанов Д.В., Шамапов В.И. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебное пособие. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2017. 318 с. EDN YOYVNZ.

3. Tarasov E., Nadezhkin V., Nadezhkina S., Zolkin A., Popova E. et al. Insulating joints as a destabilizing factor in the operation of the track circuit // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 411. P. 01019. DOI: 10.1051/e3sconf/202341101019. EDN YMJDQR.

4. Пультяков А.В., Мартыновский В.П., Наталин А.Ф. Повышение эффективности эксплуатации рельсовых цепей // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2014. Т. 1. С. 327–331. EDN SJKYWB.

5. Горелик А.В., Журавлев И.А., Неваров П.А., Тарадин Н.А. Методы анализа надежности и эффективности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики // Наука и техника транспорта. 2011. № 3. С. 88–93. EDN OEYYIZ.

6. Россина Н.Г., Попов Н.А., Жилиякова М.А., Корелин А.В. Коррозия и защита металлов. В 2 ч. Ч. 1. Методы исследований коррозионных процессов: учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. 108 с. EDN VJMQZT.

7. Theeg G., Vlasenko S. Railway Signalling & Interlocking: 2nd Edition. Hamburg: PMC Media House GmbH, 2018. 458 p.

8. Пультяков А.В., Мартыновский В.П., Наталин А.Ф., Скобобогатов М.Э. Повышение эффективности работы изолирующих стыков электрических рельсовых цепей // Иннова-

ции в системах обеспечения движения поездов: материалы I Международной научно-практической конференции. 2016. С. 34–37. EDN YVBTOQ.

9. Бугреев Н.В., Горелик А.В., Болотский Д.Н., Орлов А.В. Статистический метод планирования резерва времени на устранение отказов систем железнодорожной автоматики // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 3 (93). С. 138–142. EDN TJENEG.

10. Steffens S., Suess T., Eschmann F. et al. SIL4 Data Center – a new platform architecture for safety-relevant railway applications // Signalling + Datacommunication. 2021. Vol. 10. Pp. 41–48.

11. Куис О.В., Прокопчук Н.Р. Антикоррозионная защита металлов: перспективы получения и применения алкидноуретановых материалов // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2016. № 4 (186). С. 25–34. EDN WHMPGR.

12. Озеров А.В. О подходах к обеспечению функциональной безопасности и надежности железнодорожных систем управления // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. № 2 (18). С. 74–81. EDN ICZEDY.

13. Корниенко К.И. Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте: учебное пособие. М.: Издательство Юрайт, 2023. 224 с.

14. Бугреев Н.В. Совершенствование производственного планирования технической эксплуатации систем железнодорожной автоматики // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 7 (97). С. 55–57. EDN NGIDWQ.

15. Сарычева С.А. Влияние снижения сопротивления изолирующего стыка на рельсовые цепи // В мире научных открытий: материалы VII Международной студенческой научной конференции. 2023. С. 2412–2415. EDN JEESPI.

REFERENCES

1. Kondratieva L.A. *Systems of traffic regulation in railway transport: textbook*. Moscow, Educational and Methodological Center for education in railway transport, 2016;324. EDN YSDJSH. (In Russ.).

2. Sapozhnikov V.V., Sapozhnikov V.V., Efanov D.V., Shamanov V.I. *Reliability of railway automation, telemechanics and communications systems: textbook*. Moscow, Educational and Method-

ological Center for education in railway transport, 2017;318. EDN YOYVNZ. (In Russ.).

3. Tarasov E., Nadezhkin V., Nadezhkina S., Zolkin A., Popova E. et al. Insulating joints as a destabilizing factor in the operation of the track circuit. *E3S Web of Conferences*. 2023;411:01019. DOI: 10.1051/e3sconf/202341101019. EDN YMJDQR.

4. Pulyakov A.V., Martynovsky V.P., Natalin A.F. Improving the efficiency of operation of rail chains. *Transport infrastructure of the Siberian region*. 2014;1:327-331. EDN SJKYWB. (In Russ.).

5. Gorelik A.V., Zhuravlev I.A., Nevarov P.A., Taradin N.A. Methods for analyzing the reliability and efficiency of functioning of railway automation and telematics systems. *Science and Technology of Transport*. 2011;3:88-93. EDN OEYIYZ. (In Russ.).

6. Rossina N.G., Popov N.A., Zhilyakova M.A., Korelin A.V. *Corrosion and protection of metals. In 2 parts. Part 1. Methods for studying corrosion processes: educational and methodological manual*. Ekaterinburg, Ural University Publishing House, 2019;108. EDN VJMQZT. (In Russ.).

7. Theeg G., Vlasenko S. *Railway Signalling & Interlocking: 2nd Edition*. Hamburg, PMC Media House GmbH, 2018;458.

8. Pulyakov A.V., Martynovsky V.P., Natalin A.F., Skorobogatov M.E. Increasing the efficiency of insulating joints of electric rail circuits. *Innovations in train traffic support systems: materials of the I International Scientific and Practical Conference*. 2016;34-37. EDN YVBTOQ. (In Russ.).

9. Bugreev N.V., Gorelik A.V., Bolotskiy D.N., Orlov A.V. Statistical planning method of time reserve for the elimination of railway interlocking systems failure. *Science and Business: Ways of Development*. 2019;3(93):138-142. EDN TJENEG. (In Russ.).

10. Steffens S., Suess T., Eschmann F. et al. SIL4 Data Center — a new platform architecture for safety-relevant railway applications. *Signalling + Datacommunication*. 2021;10:41-48.

11. Kuis O.V., Prokopchuk N.R. Anticorrosive protection of metals: prospects for the production and application of alkyd-urethane materials. *Proceedings of BSTU. № 4. Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology*. 2016;4(186):25-34. EDN WHMPGR. (In Russ.).

12. Ozerov A.V. On approaches to ensuring the functional safety and reliability of railway control systems. *Science and Technology of Railways*. 2021;5(2):(18):74-81. EDN ICZEDY. (In Russ.).

13. Kornienko K.I. *Automation, telematics and communication in railway transport: textbook*. Moscow, Yurait Publishing House, 2023;224. (In Russ.).

14. Bugreev N.V. Improvement of production planning of technical operation of railway interlocking systems. *Science and Business: Ways of Development*. 2019;7(97):55-57. EDN NGIDWQ. (In Russ.).

15. Sarycheva S.A. The effect of reducing the resistance of the insulating joint on track circuits. *In the world of scientific discoveries: proceedings of the VII International Student Scientific Conference*. 2023;2412-2415. EDN JEESPI.

Об авторах

Наталья Геннадьевна Липчанская — преподаватель первой категории; **Филиал Приволжского государственного университета путей сообщения в г. Саратове (Филиал ПривГУПС в г. Саратове)**; 410004, г. Саратов, Интернациональный пр-д, д. 1 А; SPIN-код: 1106-3250, РИНЦ ID: 1205383; Lipchanskaya61@mail.ru;

Ирина Михайловна Попова — кандидат экономических наук, доцент; **Филиал Приволжского государственного университета путей сообщения в г. Саратове (Филиал ПривГУПС в г. Саратове)**; 410004, г. Саратов, Интернациональный пр-д, д. 1 А; SPIN-код: 1537-0026, РИНЦ ID: 663869, ORCID: 0000-0002-0257-8442; impopova@mail.ru.

Bionotes

Natalia G. Lipchanskaya — first category lecturer; **Branch of the Volga State Transport University (Branch of the VSTU)**; 1 A International ave., Saratov, 410004, Russian Federation; SPIN-code: 1106-3250, ID RSCI: 1205383; Lipchanskaya61@mail.ru;

Irina M. Popova — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor; **Branch of the Volga State Transport University (Branch of the VSTU)**; 1 A International ave., Saratov, 410004, Russian Federation; SPIN-code: 1537-0026, ID RSCI: 663869, ORCID: 0000-0002-0257-8442; impopova@mail.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Наталья Геннадьевна Липчанская, Lipchanskaya61@mail.ru.

Corresponding author: Natalia G. Lipchanskaya, Lipchanskaya61@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 11.03.2024; одобрена после рецензирования 02.04.2024; принята к публикации 28.10.2024.

The article was submitted 11.03.2024; approved after reviewing 02.04.2024; accepted for publication 28.10.2024.