УДК 625.141.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТОМОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ БАЛАСТНОГО ЩЕБЕНЮ

Канд. техн. наук Л.В. Трикоз, інж. И.В. Багіянц

ИССЛЕДОВАНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ БАЛЛАСТНОГО ЩЕБНЯ

Канд. техн. наук Л.В. Трикоз, инж. И.В. Багиянц

THE RESEARCH OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF BALLAST BREAKSTONE

Cand. of techn. sciences L.V. Trykoz, eng. I.V. Bagiyanc

У статті розглянуто вплив ступеня забрудненості баластного щебеню на величину його питомої електричної провідності. Встановлено, що в залежності від виду покриття на зернинах щебеню ця величина може змінюватися у 3-10 раз. Таке покриття може бути запропоновано для обробки чистого щебеню перед його укладанням у колію під час ремонтів для продовження термінів експлуатації баластного шару, попередження адгезійного забруднення та ліквідації випадків помилкової вільності рейкових кіл.

Ключові слова: *щебінь, питома електрична провідність, рейкове коло*

В статье рассмотрено влияние степени загрязненности балластного щебня на величину его удельной электрической проводимости. Установлено, что в зависимости от вида покрытия на зернах щебня эта величина может изменяться в 3-10 раз. Такое покрытие может быть предложено для обработки чистого щебня перед его укладкой в путь во время ремонтов для продления сроков эксплуатации балластного слоя, предупреждения адгезионного загрязнения и ликвидации случаев ложной занятости рельсовых цепей.

Ключевые слова: *щебень, удельная электрическая проводимость, рельсовая цепь*

The article considers the influence of the degree of contamination of the ballast breakstone on the absolute value of its specific electrical conductivity. Types of coatings were analyzed such as: dirt, rosin, varnish, bitumen, bituminous roofing mastic, acrylic primer, silicone. It is found that, depending on the type of coating on the grains of breakstone, the value of its specific electrical conductivity may range in 3-10 times. The greatest effect of lowering the specific electrical conductivity give a rosin-based coating. Such a coating may be asked for handling of the clean breakstone before laying to the railway during repairs. It ensures prolonging the service life of the ballast layer. It will prevent adhesion of pollution and emergence of cases of false employment of track circuits.

Keywords: *breakstone, specific electric conductivity, track circuit*

Вступ. Головне завдання колійного господарства полягає в утриманні залізничної колії (через відповідну систему її технічного обслуговування) постійно у справному стані, який забезпечує безперебійний та безпечний рух поїздів із встановленими швидкостями. На організацію та планування робіт поточного утримання та ремонтів колії суттєво впливають експлуатаційні умови роботи залізниць: вантажонапруженість, навантаження на вісь рухомого складу та швидкість руху поїздів, частоту виконання ремонтів і витрати праці на поточне утримання колії, а також обсяг перевезень сипучих вантажів, що визначає інтенсивність засмічування та забруднення баласту [1]. До складу забруднень входять залишки перевезених вантажів, мінеральні та органічні домішки, розчинені солі, добрива, витоки з цистерн під час заправки, перевезень і відстою через несправність котлів і зливних приладів цистерн та ін. Найбільш забрудненим вважається баластний щебінь, що експлуатується безпосередньо під дерев'яними або залізобетонними шпалами, а також у місцях, що інтенсивно забруднюються внаслідок специфіки умов експлуатації, таких як стрілочні переводи, завантажувально-вивантажувальні шляхи, шляхи відстою рухомого складу і т.п. Завершення строку служби баласту визначається моментом, коли він забруднюється до граничного рівня і втрачає свої властивості. При цьому баласт потребує очищення або суцільної заміни на новий.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Забруднення баласту різноманітними речовинами призводить до зниження його питомого опору або опору ізоляції між рейковими нитками, тобто опору струму витоку з однієї рейкової нитки в іншу через шпали та баласт, віднесене до 1 км рейкової лінії. Незабезпечення нормального режиму може призвести до несправності, що має назву «помилкова зайнятість», тобто до визначення зайнятого стану рейкового кола при фактично вільному. В результаті стає неможливо перевести стрілку, встановити маршрут і відкрити світлофор, або відбувається перекриття світлофора з дозволяючого показання на заборонне, що може призвести до затримок у прийомі – відправленні поїздів, до затримок при виконанні маневрових переміщень по станції, до затримок у виконанні розформування на сортувальних пристроях. Виникнення міжопераційних простоїв у використанні технічних засобів на перегонах та станціях призводить до затримок поїздів на підході до станції, збільшення загального часу знаходження вагона на станції і як результат до збільшення обігу вагона, зниження пропускної та переробної спроможності станції із-за втрат часу, пов'язаних з простоями [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найрізноманітніші методи утримання баласту, що використовуються на залізничному транспорті, мають значні експлуатаційні витрати, тому в різних джерелах інформації приділяють увагу способам очищення баласту зі зменшенням матеріальних вкладень, утилізації відпрацьованого щебеню або забруднень, удосконаленню способів діагностування стану баластної призми.

На сьогоднішній день існує проблема ефективної утилізації відпрацьованого

баластного щебеню, який накопичується у значних об'ємах при реконструкції та поточному утриманні колій. Як показали попередні дослідження, вирішення цієї проблеми буде мати значний екологічний та економічний ефект [3, 4]. У [3] перелічено відомі способи очищення забрудненого щебеню (залежно від ступеня забруднення): сухе грохочення, промивка, гравітаційне збагачення, екстракційні технології для розчинення забруднювачів за допомогою спеціальних хімічних реагентів у рідкому виді.

Для забезпечення нормального стану і розмірів баластної призми Інструкція [1] передбачає двічі на рік проводити обстеження з визначенням відсотку забрудненості баластного шару. Для щебеню відсоток забрудненості визначається як відсоток маси частинок з розмірами менше нижньої границі фракції (25 мм). Кількість забруднювачів у цьому випадку визначають просіюванням через сито з відповідними отворами. Такий спосіб надає інформацію тільки про механічні забруднення, залишаючи без уваги адгезійне налипання забруднювачів на поверхні, які не відокремлюються під час просіювання. Для підвищення ступеню інформативності у [5] наведено дані про геофізичні способи визначення забрудненості – використання ефекту Холла або георадіолокаційне обстеження баластного шару з реєстрацією радарограмм. У той же час вимірюванню електричного опору баласту в рейкових колах не приділяється достатньо уваги. Наприклад, згідно з Інструкцією [6] таке вимірювання виконується електромеханіком і шляховим майстром за необхідності в разі нестабільної роботи рейкового кола або при забрудненні баласту, але не рідше, ніж один раз в п’ять років. Це призводить до частого виникнення згаданої вище проблеми помилкової вільності колії.

Аналіз існуючих патентів свідчить, що головним чином проблема покращення баластного шару, на погляд авторів патентів, виникає при його зношуванні через рух поїздів або вибивання зернин щебеню при проходженні високошвидкісних потягів. У патентах пропонується попередити ці явища за рахунок просочення верхнього щебеневого шару різними полімерними в’яжучими – на основі поліуретану [7], синтетичного латексу [8], бітумної емульсії [9] та ін. Однак у літературних джерелах відсутні дослідження зміни електричної провідності щебеню після такої обробки, що є дуже важливим для правильної роботи рейкових кіл. Крім того, на наш погляд, таке просочення може попередити адгезійне налипання забруднювачів, що збільшить строк служби баласту та зменшить кількість його очищення.

Метою досліджень є вивчення впливу поверхневої обробки щебеню на питому електричну провідність баластового шару для запобігання виникненню помилкової вільності колій.

Основний матеріал експериментальних досліджень.

Електроізоляційні властивості щебеню характеризуються питомою електричною провідністю насиченого розчину, що утворився від розчинення щебеню у дистильованій воді. За ДСТУ [10] її значення повинне бути не більше 0,06 См/м. У даній роботі електричну провідність обробленого щебеню визначали за такою методикою. Зразки щебеню заливали дистильованою водою у пропорціях, регламентованих [10], і ретельно перемішували до одержання насиченого розчину. Насиченість розчину визначали шляхом періодичного вимірювання його електричної провідності у вимірювальному кубі доти, поки електрична провідність розчину не стабілізується. Постійна електрична провідність розчину свідчить про те, що розчин став насиченим.

Після цього вимірювальні електроди зачищали до блиску і встановлювали їх на двох протилежних бічних стінках вимірювального кубу. Куб промивали дистильованою водою і наливали у нього отриманий насичений розчин, електричну провідність якого необхідно визначити. Рівень налитого розчину збігався з верхніми краями електродів. Виводи електродів підключали до вимірювального пристрою (рисунок).

Вимірювальний пристрій дає можливість отримувати значення електричного опору *R*,

Ом, насиченого розчину. Електричну провідність *æ* визначали за формулою

$$æ = \frac{56,25}{R},$$

де *R* – електричний опір насиченого розчину, Ом;

56,25 – коефіцієнт, постійний для вимірювального куба.

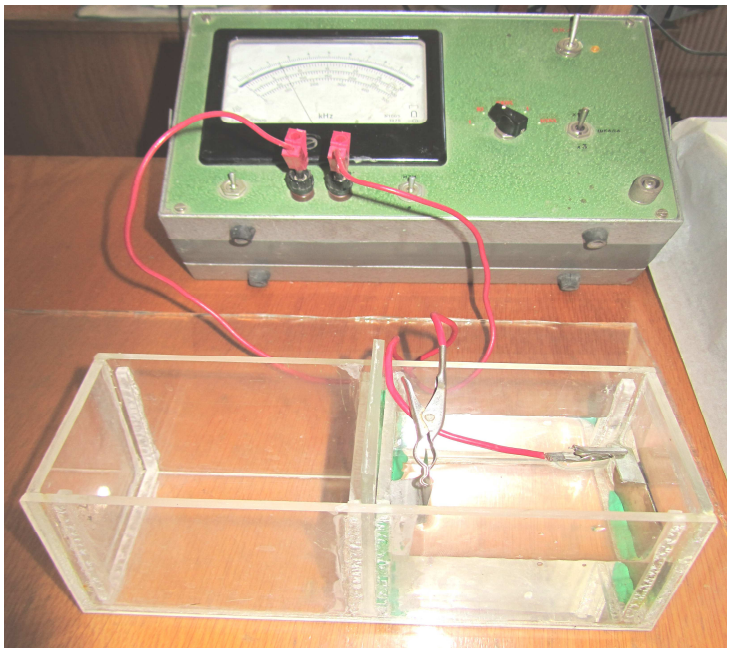

Рис. Пристрій для визначення електропровідності щебеню

Електричну провідність визначали як для чистого баластного щебеню, так і для забрудненого. Для вивчення впливу покриття на електричну провідність на поверхню щебеню наносили такі речовини: бітум, каніфольну та каніфольно-гліцеринову суміш, лакове покриття, бітумну покрівельну мастику, акрилову грунтівку, силікон. Значення виміряної питомої електропровідності зазначених зразків наведено в таблиці.

Як свідчать дані вимірювань найбільше (майже вдесятеро у порівнянні з чистим щебенем, зразок № 1) електричну провідність зменшило каніфольно-гліцеринове та каніфольне покриття (зразки № 5 і 7). Також суттєве зниження провідності спостерігається для силіконового покриття (зразки № 13 і 7). Бітумне покриття на чистому щебені зменшило електричну провідність у 2,5 рази (зразок № 3), а лакове – навпаки, призвело до збільшення питомої електричної провідності у два рази (зразок № 8). Покриття бітумною покрівельною мастикою на електричну провідність не вплинуло (зразки № 10 і 11). В усіх випадках покриття забрудненого щебеню дає значно гірші результати у порівнянні з покриттям чистого щебеню.

Висновки з даних досліджень та перспективи подальших досліджень. Експериментально доведено, що покриття баластного щебеню органічними речовинами впливає на величину його електричної провідності. Найбільший ефект зниження питомої електричної провідності спостерігався для покриття на основі каніфольно-гліцеринової суміші та силікону. Таке покриття може бути запропоновано для обробки чистого щебеню перед його укладанням у колію під час ремонтів для продовження термінів експлуатації баластного шару, попередження адгезійного забруднення та ліквідації випадків помилкової вільності рейкових кіл.

Таблиця

Значення питомої електричної провідності досліджуваних зразків

№ зразка	Опис зразка	Питома електрична провідність, См/м
1	Щебінь чистий	0,023
2	Щебінь забруднений	0,011
3	Щебінь чистий з бітумним покриттям	0,009
4	Щебінь забруднений з бітумним покриттям	0,010
5	Щебінь чистий з каніфольно-гліцериновим покриттям	0,003
6	Щебінь забруднений з каніфольно-гліцериновим покриттям	0,008
7	Щебінь чистий з каніфольним покриттям	0,004
8	Щебінь чистий з лаковим покриттям	0,056
9	Щебінь забруднений з лаковим покриттям	0,010
10	Щебінь чистий з покриттям бітумною мастикою	0,023
11	Щебінь забруднений з покриттям бітумною мастикою	0,024
12	Щебінь чистий з покриттям акриловою грунтівкою	0,012
13	Щебінь чистий з силіконовим покриттям	0,006
14	Щебінь забруднений з силіконовим покриттям	0,004

Список використаних джерел

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст]: ЦП-0269: затв. Укрзалізницею 01.03.2012. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.

2. Багіянц, І. В. Залежність якості роботи залізничного транспорту від масового перевезення мінеральних добрив [Текст] / І. В. Багіянц // Сб. науч. трудов SWorld. – Вып. 2(39). – Том 1. – Иваново: Маркова АД, 2015. – ЦИТ: 215-279. – С. 51–57.

3. Аналіз існуючих способів очищення і утилізації забрудненого баластного щебеню [Текст] / О. М. Пшінько, А. В. Краснюк, В. П. Лисняк, О. В. Громова // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2007. – Вип. 17. – С. 209-213.

4. Сніжко, Л. О. Утилізація відпрацьованого баласту з метою зменшення негативного впливу на навколишнє природнє середовище [Текст] / Л. О. Сніжко, Л. О. Яришкіна, В. Ю. Бондаренко // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тез. 71 Междунар. науч.-практ. конф. (14.04.2011-15.04.2011) / М-во инфраструктуры Украины, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, Восточный научный центр транспортной академии Украины. – Днепропетровск, 2011. – С. 282-283

5. Способ определения загрязненности балластного слоя железнодорожного пути [Текст]: пат. 2395638 Рос. Федерация: МПК E01B27/00, G01N22/00 / В.А. Явна [и др.]; патентообладатель ОАО "Российские железные дороги". – Заявл. 21.05.09; опубл. 27.07.10.

6. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування [Текст]: ЦШ-0060: затв. Укрзалізницею 07.10.2009. – К.:, 2009. – 87 с.

7. Способ укрепления балластной призмы железнодорожного пути [Текст]: пат. 2469145 Рос. Федерация: МПК E01B1/00, E01B27/02 / О.А. Мичурин [и др.]; патентообладательООО "ЭЛАСТОИМПЭКС". – Заявл. 05.05.11; опубл. 10.12.12.

8. Балластная призма для скоростных грузонапряженных участков бесстыкового железнодорожного пути [Текст]: пат. 2475580 Рос. Федерация: МПК E01B1/00, E02D3/12 / В.В. Тюньков [и др.]; патентообладатель ИрГУПС. – Заявл. 12.04.11; опубл. 20.02.13.

9. Способ усиления железнодорожного пути [Текст]: пат. 2448212 Рос. Федерация: МПК E01B27/12 / В.И. Грицык, М.В. Окост; патентообладатели В.И. Грицык, М.В. Окост. – Заявл. 09.03.10; опубл. 20.04.12.

10. Щебінь із природного каменю для баластного шару залізничної колії. Технічні умови [Текст]: ДСТУ Б В.2.7-204:2009. – Введ. 12.12.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 13 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор Плугін А.А.

Трикоз Людмила Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-68. E-mail: lvtrikoz@ukr.net

Багіянц Ірина Вікторівна, здобувач кафедри залізничні станції та вузли Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057)730-19-49. E-mail: bagira54017@mail.ru

Trykoz Liudmyla, cand. of techn. sciences, associate professor Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057)730-10-68. E-mail: lvtrikoz@ukr.net

Bagiyanc Irina, applicant of Department Railway stations and nodes Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057)730-19-49. E-mail: bagira54017@mail.ru

Стаття прийнята 25.05.2015 р