

АНОТАЦІЯ

Федоренко Є.М. Обґрунтування раціональних норм періодичності виконання ремонтно-колійних робіт. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)». – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2021.

Колійне господарство становить одну з найважливіших галузей залізничного транспорту від якої суттєво залежить здійснення перевізного процесу. Основними завданнями, що постають перед колійниками – є забезпечення потреб перевізного процесу, безпека функціонування транспортної інфраструктури, утримання колії та колійних пристроїв у постійній справності для забезпечення безпечного та плавного руху поїздів з найбільшimi швидкостями, встановленими для даної ділянки, при мінімальних експлуатаційних витратах.

У зв'язку зі зміною умов експлуатації, дефіцитом матеріальних і трудових ресурсів, виникає необхідність вдосконалення підходів ведення колійного господарства. Безпосередньо це стосується термінів призначення видів ремонту залізничної колії, тому що прострочення або передчасне проведення ремонтів суттєво впливає на сумарні затрати, які несе залізниця.

Визначення найбільш раціональних термінів проведення ремонтів верхньої будови колії, а також планування реконструкції колії при обмежених ресурсах з урахуванням її фактичного стану – є однією з актуальних задач в області колійного господарства.

У роботі основна увага приділяється розробці відповідних норм періодичності виконання ремонтно-колійних робіт для ділянок з підвищеним впливом рухомого складу на колію.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі проведено аналіз наукових публікацій, що дозволив зробити висновок про те, що експлуатація залізничної колії в сучасних умовах відбувається в умовах дефіциту матеріально-технічних ресурсів і робочої сили. В таких умовах гостро стоїть питання про підвищення строків надійної роботи колії та скорочення матеріальних і трудових витрат. Одним з важливих напрямків у вирішенні цього питання є наукове обґрунтування планування термінів та проведення ремонтних робіт з урахуванням вартісних витрат та дотриманні безпеки руху поїздів.

Основною метою другого розділу є визначення експериментально-розрахунковим шляхом значення параметрів, що характеризують динамічну дію рухомого складу на залізничну колію, обґрунтування максимально допустимих (граничних) величин динамічного впливу рухомого складу на колію, а також надання рекомендацій щодо нормативів витрат матеріалів верхньої будови колії та робочої сили у зв'язку з підвищенням осьового навантаження до 25 тс/вісь.

За результатами експериментальних випробувань дії на колію (структурний підрозділ «Мелітопольська дистанція колії» Придніпровської залізниці з відступами (перекіс) 3 ступеня) 5-ти вагонів з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь, які були включені до складу вантажного поїзда (56 вагонів, вантаж – руда), в якому решта вагонів мали осьове навантаження до 23,5 тс/вісь, виявлено:

- середні вертикальні навантаження, та відповідно середні вертикальні деформації, під вагонами з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь більше ніж під вагонами з осьовим навантаженням до 23,5 тс/вісь на 8 відсотків.

- максимальні (що спостерігалися) вертикальні навантаження під вагонами з осьовим навантаженням 25 тс/вісь перевищували середні навантаження на 10,0 тс, а під вагонами з осьовим навантаженням до 23,5 тс/вісь перевищували середні значення на 12,8 тс. За абсолютним значенням

максимальні вертикальні навантаження спостерігалися під вагонами з осьовим навантаженням до 23,5 тс/вісь та досягали 35,2 тс/вісь.

– середні горизонтальні сили, що діють на рейки від коліс вагонів з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь дорівнювали 2,99 тс, а від коліс вагонів з осьовим навантаженням до 23,5 тс/вісь – 2,86 тс.

– максимальні (що спостерігалися) горизонтальні сили дії на колію від коліс вагонів з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь дорівнювали 4,7 тс, а від коліс вагонів з осьовим навантаженням до 23,5 тс/вісь на 5,2 тс.

Наявність повзунів (в межах допусків до 1 мм) призводить до зростання динамічних сил на 10-15%. Під час випробувань не виявлено вагонів, в яких вертикальна динамічна сила перевищує 20 тс, а горизонтальна – 10 тс. Тому норми допустимого динамічного впливу можуть бути прийняті у відповідності до Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України.

Статистичні спостереження впливу вагонів з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь на геометричні показники стану залізничної колії за період спостережень з травня по листопад 2018 року виявили, що показники змінювалися не суттєво (в межах статистичної похибки). При цьому слід зазначити, що доля вантажу, що перевозився у вагонах з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь за період спостережень склала менше одного відсотка.

За результатами спостережень та розрахунків витрати на утримання колії при впровадженні вагонів з осьовим навантаженням 25 тс/вісь зростуть на 6-8 %. Скорочення міжремонтних періодів відповідно до нормативів, передбачених Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт.

У третьому розділі наведено методику оптимізації схеми утримання колії. В результаті аналізу існуючих методик оптимізації системи утримання колії розроблена методика, заснована на використанні динамічного програмування та основ теорії відновлення, що найбільшою мірою враховує

стан системи «залізнична колія». Запропонована методика дозволяє оптимізувати стратегію подальшого утримання колії за її фактичним станом. Отримана математичну модель яку можна використовувати як при оптимізації колії, так і при визначенні витрат на утримання колії в залежності від фактичного стану та при складанні річного плану ремонтних робіт.

В четвертому розділі розглянуто практичне використання запропонованої методики для визначення норм періодичності виконання ремонтно-колійних робіт в залежності від умов експлуатації колії. Використовуючи розроблену методику та отримані залежностей відмов елементів залізничної колії, за допомогою розробленого програмного забезпечення розраховані оптимальні міжремонтні норм для усереднених умов експлуатації. Запропоновані норми можуть використовуватися для планування обсягу робіт в межах залізниць або їх структурних підрозділах. Рациональні норми періодичності ремонтів для конкретних ділянок та умов експлуатації можуть відрізнятися від усереднених значень.

Обрані в дисертації напрями дослідження безпосередньо пов'язані з виконанням науково-дослідних робіт у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна:

– «Проведення досліджень визначення нормативів динамічної дії рухомого складу на залізничну колію залежно від навантаження на вісь до 25 тон, ваги поїздів та впливу на розлад колії», № держреєстрації 0118U003656;

– «СТП. Верхня будова колії. Улаштування, укладання, ремонт і утримання безстикової колії», № держреєстрації 0120U101020.

Наукова новизна отриманих результатів:

– набуло подальшого розвитку дослідження оцінки впливу вагонів з осьовим навантаженням 25 тс/вісь на стан геометричних показників залізничної колії та запропоновано шляхи вирішення питання щодо впровадження в Україні рухомого складу з підвищеним осьовим навантаженням з точки зору впливу на залізничну колію;

– вдосконалено методику знаходження раціональних міжремонтних термінів для ділянок з підвищеним впливом рухомого складу на колію;

– вдосконалено математичну модель витрат праці на поточне утримання колії в залежності від вантажонапруженості, пропущеного тоннажу, видів та термінів проведення ремонтів залізничної колії.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання запропонованої методики при організації заходів з ремонту і утримання ділянок з підвищеним впливом рухомого складу на колію. Дана методика дозволяє оптимізувати не тільки міжремонтну схему, терміни між реконструкцією, а також визначати оптимальну стратегію подальшого утримання колії щодо її стану.

Запропоновану в дисертації методику можна застосовувати для знаходження раціональних міжремонтних строків для ділянок з підвищеним впливом рухомого складу на колію, що забезпечує мінімальні сумарні витрати. Це дозволить економічно ефективно управляти технічним обслуговуванням інфраструктури, що в свою чергу є невід'ємною частиною стратегічних завдань акціонерного товариства «Укрзалізниця» щодо зменшення собівартості перевезення вантажів.

Ключові слова: залізничний транспорт, колійне господарство, система ведення колійного господарства, залізнична колія, ремонтно-колійні роботи, геометричні показники колії, осьове навантаження, норми витрат .

Список публікацій здобувача:

– *включених до міжнародної наукометричної бази «Web of Science»:*

1. Patlasov O. The Intensity of Rail Failure Flow [Electronic resource] / Oleksandr Patlasov, Yelyzaveta Fedorenko // MATEC Web of Conferences. – 2019. – Vol. 294 : 2nd International Scientific and Practical Conference “Energy-Optimal Technologies, Logistic and Safety on Transport” (EOT-2019). – P. 1–5.

DOI: <http://doi.org/10.1051/mateconf/201929403020>.

– *включених до міжнародної наукометричної бази «Index Copernicus»:*

2. Патласов О. М. Вплив вагонів з осьовим навантаженням 25 тс на стан залізничної колії / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко// Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2019. – No. 3(81). – С. 87-89. .

DOI: <http://doi.org/10.1051/10.15802/stp2019/171297>.

3. Патласов О. М., Федоренко Є. М. Допустимі значення динамічної дії рухомого складу на залізничну колію в разі підвищення осьового навантаження. Наука та прогрес транспорту. 2021. № 3 (93). С. 15–23.

DOI: <http://doi.org/10.15802/stp2021/242048>.

– *в іноземних виданнях:*

4. Patlasov O., Fedorenko Y., Shulha D. (2021). Development of methods to increase the efficiency of railway maintenance. ScienceRise, (2), 11-22.

DOI: <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2021.001816>.

– *які засвідчують апробацію матеріалів дисертації на наукових конференціях та семінарах:*

5. Патласов О.М. Адаптація параметрів осьового навантаження в Україні до вимог європейського союзу / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко, О.В. Хлівний // Матеріали 78 міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» Дніпропетровський національний університет зал. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро: 17-18 травня 2018. – С. 200-201.

6. Патласов О.М. Вплив вагонів з осьовим навантаженням 25 тс на стан залізничної колії / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко, П.В. Ковтун // Матеріали 79 міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» Дніпропетровський національний

університет зал. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро: 16-17 травня 2019. – С. 273.

7. Патласов О.М. Вплив на залізничну колію вагонів з високими осьовими навантаженнями / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко // Матеріали 8 міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» Дніпропетровський національний університет зал. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро: 28-29 листопада 2019. – С. 115-116.

8. Патласов О.М. Методика оптимізації схеми утримання колії / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко // Матеріали 80 міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» Дніпропетровський національний університет зал. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро: 17-18 вересня 2020. – С. 161.

9. Патласов О.М. Визначення змін технічного стану колії з використанням теорії відновлення / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко, Д.А. Шульга // Матеріали XV міжнародної конференції «Проблеми механіки залізничного транспорту. Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження» Дніпропетровський національний університет зал. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро: 22-22 жовтня 2020. – С. 75-77.

10. Патласов О.М. Витрати робочої сили в залежності від стану колії / О.М. Патласов, Є.М. Федоренко // Матеріали 81 міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» Дніпровський національний університет зал. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро: 22-23 квітня 2021. – С. 168-169.

11. Fedorenko Y.M. Substantiation of rational norms of periodicity of repair work of the railway track / Матеріали 9-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 17-19 листопада 2021 р.: Харків: УкрДУЗТ, 2021. - 281 с.

ABSTRACT

Fedorenko E.M. Substantiation of rational norms of periodicity of repair work of the railway track. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for Ph.D. degree in specialty 275 «Transport technologies (by types)».– Dniprovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2021.

The track economy is one of the most important branches of railway transport, on which the implementation of the transportation process significantly depends. The main tasks facing the tracks are to meet the needs of the transportation process, safety of infrastructure, maintenance of tracks and track devices in constant working order to ensure safe and smooth movement of trains with the highest speeds set for this section, with minimal operating costs.

Due to changes in operating conditions, shortage of material and labor resources, there is a need to change approaches in planning the system of track management. This is directly related to the timing of the types of railway track repairs, as delays or premature repairs significantly affect the total costs incurred by the railway.

Determining the most rational terms for repairs of the upper structure of the track, as well as planning the reconstruction of the track with limited resources, taking into account its actual condition is one of the urgent tasks in the field of track management.

The paper focuses on the development of appropriate standards for the frequency of repair and track works for areas with high impact of rolling stock on the track.

To achieve this goal in the dissertation analysis of scientific publications, which led to the conclusion that the operation of the railway in modern conditions occurs in conditions of shortage of material and technical resources and labor. In such conditions, the question of increasing the period of reliable operation of the

track and reducing material and labor costs is acute. One of the important directions in the decision of this question is the scientific substantiation of planning of terms and carrying out of repair works taking into account cost expenses and observance of safety of movement of trains.

The main purpose of the second section is to determine experimentally the values of parameters that characterize the dynamic action of rolling stock on the railway track, substantiation of the maximum allowable (limit) values of dynamic impact of rolling stock on the track, as well as providing recommendations on standards of materials forces due to the increase of the axial load to 25 ts / axis.

According to the results of experimental tests of action on the track (section of Melitopol inverter, Prydniprovskaya railway with indentations (skew) 3 degrees) 5 cars with axial load up to 25 ts / axle, which were included in the freight train (56 cars, freight - ore), in which the remaining cars had an axial load up to 23.5 ts / axle, found:

- average vertical loads, and accordingly average vertical deformations, under wagons with axial load up to 25 ts / axle more than under wagons with axial load up to 23.5 ts / axle by 8 percent.

- maximum (observed) vertical loads under wagons with axial load of 25 ts / axle exceeded average loads by 10.0 ts, and under wagons with axial load up to 23.5 ts / axle exceeded average values by 12.8 ts. In absolute terms, the maximum vertical loads were observed under wagons with axial load up to 23.5 ts / axle and reached 35.2 ts / axle.

- the average horizontal forces acting on the rails from the wheels of cars with axial load up to 25 ts / axle were equal to 2.99 ts, and from the wheels of cars with axial load up to 23.5 ts / axle - 2.86 ts.

- the maximum (observed) horizontal forces on the track from the wheels of cars with axial load up to 25 ts / axle were equal to 4.7 ts, and from the wheels of cars with axial load up to 23.5 ts / axle by 5.2 ts.

The presence of sliders (within tolerances up to 1 mm) leads to an increase in dynamic forces by 10-15%. During the tests, no cars were found in which the

vertical dynamic force exceeds 20 tons, and the horizontal - 10 tons. Therefore, the norms of permissible dynamic impact can be adopted in accordance with the Regulations on the planned and preventive repair and track works on the railways of Ukraine.

Statistical observations of the impact of wagons with axial load up to 25 ts / axle on the geometric indicators of the state of the railway track for the period of observations from May to November 2018 found that the indicators did not change significantly (within the statistical error). It should be noted that the share of cargo transported in wagons with axial load up to 25 ts / axle during the observation period was less than one percent.

According to the results of observations and calculations, the cost of track maintenance during the introduction of cars with an axle load of 25 ts / axle will increase by 6-8%. Reduction of inter-repair periods in accordance with the standards provided by the Regulations on scheduled maintenance and track works.

The third section presents a method of optimizing the scheme of track retention. As a result of the analysis of the existing methods of optimization of the track retention system, a technique based on the use of dynamic programming and recovery theory has been developed, which takes into account the state of the railway track system to the greatest extent. The proposed technique allows to optimize the strategy of further maintenance of the track according to its actual condition. The obtained mathematical model which can be used both at optimization of a track, and at definition of expenses for the maintenance of a track depending on an actual condition and at drawing up of the annual plan of repair works.

In the fourth section the practical use of the offered technique for definition of norms of periodicity of performance of repair and track works depending on conditions of operation of a track is considered. Using the developed technique and the received dependences of failures of elements of a railway track, by means of the developed software optimum interrepair norms for average operating conditions are calculated. The proposed rules can be used to plan the scope of work

within the railways or their structural units. Rational rates of frequency of repairs for specific areas and operating conditions may differ from the average values.

The main results of the study are related to the implementation of researches at Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Laz- aryan on the following topics:

- «Carrying out research on determining the standards for the dynamic impact of rolling stock on a railway track, depending on the axle load up to 25 t, train weight and the effect on track breakdown», 0118U003656;

- «STP.Track superstructure. Construction, laying, repair and maintenance of continuous welded track» , 0120U101020.

Scientific novelty of the obtained results:

- the study of assessing the influence of cars with an axle load of 25 tf / axle on the state of geometric indicators of a railway track was further developed and ways of solving the issue of introducing rolling stock with an axle load of 25 tf / axle in Ukraine from the point of view of the impact on the railway track were proposed;

- improved methodology for finding rational turnaround times for areas with increased impact of rolling stock on the track;

- improved track facilities management system.

The practical significance of the results obtained lies in the possibility of using the proposed methodology when organizing measures for the repair and maintenance of sections with an increased impact of rolling stock on the railway track.

The methodology proposed in the dissertation can be used to find rational turnaround times for sections with an increased impact of rolling stock on the track, which ensures the minimum total costs. This will allow cost-effective management of infrastructure maintenance, which in turn is an integral part of Ukrzaliznytsia's strategic objectives to reduce the cost of cargo transportation.

Keywords: railway transport, track facilities, track control system, railway track, repair and track works, geometric indicators of track, axle load, rates of consumption.