

УДК 625.143.482:536.5

**УДОСКНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ РЕЙОК ТА РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ**

Д-р техн. наук М. П. Ремарчук, канд. техн. наук О. І. Белорусов, асп. В. В. Тертичний

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЛЬСОВ И РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ**

Д-р техн. наук. Н. П. Ремарчук, канд. техн. наук А. И. Белорусов, асп. В. В. Тертичний

**IMPROVEMENT OF THE TEMPERATURE CONTROL METHOD FOR RAILS AND RAILS STRINGS OF THE CONTINUOUS WELDED TRACK**

Doct. of techn. sciences M. P. Remarchuk, cand. of techn. sciences O. I. Belorusov, graduate student V. V. Tertychniy

*На підставі аналізу створення нормативної бази дослідження улаштування, ремонту та поточного утримання безстикової колії досліджено сучасні методики контролю температури рейок та відзначені їхні недоліки та похибки, для усунення яких запропоновано нову методику термометричних досліджень на спеціальному дослідному стенді, який має максимально відтворювати можливі природно-кліматичні умови експлуатації рейкових плітей.*

**Ключові слова:** безстикова колія, температура рейок, термометричні дослідження, умови експлуатації, середньооб'ємна температура.

*На основе анализа создания нормативной базы исследования устройства, ремонта и текущего содержания бесстыкового пути исследованы современные методики контроля температуры рельсов и рельсовых плетей и определены их недостатки и погрешности, для устранения которых предложено новую методику термометрических исследований на специальном опытном стенде, который должен максимально воспроизводить возможные природно-климатические условия эксплуатации рельсовых плетей.*

**Ключевые слова:** бесстыковой путь, температура рельсов, термометрические исследования, условия эксплуатации, среднееобъемная температура.

*Modern methods of rail temperature control were studied based on the analysis of the existing regulations regarding arrangement, repair and routine maintenance of continuous welded track and their shortcomings and errors were determined; a new method of thermometric studies using the special test bench which is supposed to reconstruct as much as possible eventual climatic operation conditions of strings of rails was proposed to eliminate those shortcomings and errors. The rails to be studied should be fastened at the bench using the rail fastenings on the semi-ties in the track bed with the dimensions in accordance with the applicable regulations, on the roadbed, for the most reliable reconstruction of the heat exchange processes between the air, the track bed surface and the rail fastenings. At the first stage, KB-65 intermediate fastenings as the most common ones for continuous welded track are supposed to be used as fastenings, and KPP-5 fastenings are supposed to be used further.*

**Keywords:** continuous welded track, rail temperature, thermometric studies, operating conditions, average volumetric temperature.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку технології укладання, ремонту та поточного утримання безстикової колії, за наявності встановленої нормативними документами методики виконання вимірювання температури рейок та рейкових плітей [1], температура рейки або рейкової пліті вимірюється в одному перерізі всередині рейкового темплета чи рейкової рубки довжиною 1,5 м за допомогою рейкових термометрів чи датчиків для вимірювання температури. Температура повітря на спеціальних метеорологічних стендах вимірюється метеорологічним термометром (ТМ), електричним датчиком вимірювання температури повітря (ДТ) та датчиком сонячного сяяння (ДСС). У більшості країн світу саме через складність урахування великої кількості змінних природно-кліматичних факторів, ландшафтних особливостей (нахил, виїмка) та просторової орієнтації по сторонах світу рейкових плітей (орієнтація за широтою чи меридіаном) використовують вірогідно-статистичні методи прогнозування температури повітря в тому чи іншому регіоні експлуатації безстикової колії та для визначення температури рейкових плітей додають постійний доданок до температури повітря ( $\Delta t$ ), який для залізниць СНД та України становить постійну величину  $\Delta t = 20\text{ }^\circ\text{C}$  незалежно від значення температури повітря, але при позитивних її показниках. Це закріплено в основному нормативному документі, який саме регламентує всі вимоги до улаштування, укладання, ремонту та поточного утримання безстикової колії [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для забезпечення необхідної стійкості та міцності безстикової колії на дослідному полігоні, що розташований на експериментальному випробувальному кільці ст. Щербінка (Московська залізниця, МПС РФ), у 1960-х роках було створено дослідний стенд для проведення досліджень стійкості безстикової колії, які стали основою для створення всіх існуючих

на залізницях СНД та України нормативів, що забезпечують безпечність виконання всіх колійних робіт на безстиковій колії й температурні умови укладання та експлуатації безстикових рейкових плітей для будь-яких значень радіусів кривих. Головна особливість проведених наукових досліджень полягає в тому, що нагрівання дослідної ділянки колії здійснювали електричним струмом від спеціально призначених електричних генераторів, що забезпечувало рівномірне нагрівання рейок як по довжині, так і в поперечному перерізі, що дало змогу отримати достовірні дані про температуру рейкових плітей завдяки контролю саме температури поверхні рейки в будь-якій точці перерізу. Але виконані дослідження вченими МПТУ [3], ВНДІЗТ [4] та іншими вченими [5–9] довели, що температура рейки значно залежить від багатьох природно-кліматичних факторів та орієнтації рейок (за широтою або меридіаном) і завжди відрізняється від температури повітря в бік її завищення або в бік заниження залежно від орієнтації, часу світового дня (у ранкові години, опівдні або вечірні години) та пори року.

**Мета та завдання дослідження.** Через указані недоліки у визначенні температури рейок та рейкових плітей виникла необхідність проведення додаткових досліджень на спеціальному стенді, де рейки перебуватимуть в умовах, наближених максимально до тих, у яких вони експлуатуються. Для проведення досліджень слід використовувати сучасне тензометричне обладнання (датчики і тензометричні станції), що дасть змогу реєструвати результати деформацій у заданих точках перерізу з їх подальшою обробкою та аналізом на персональному комп'ютері.

**Основний матеріал дослідження.** У результаті досліджень, виконаних С. П. Першиним, С. А. Атанасовим та іншими вченими [3, 7–9], було встановлено, що температура рейок, які орієнтовані за широтою та за меридіанами, в полуденний

час відрізняється на 6–8 °С. На рис. 1–5 наведено особливості зміни температури

рейки залежно від її орієнтації, часу світового дня та пори року.

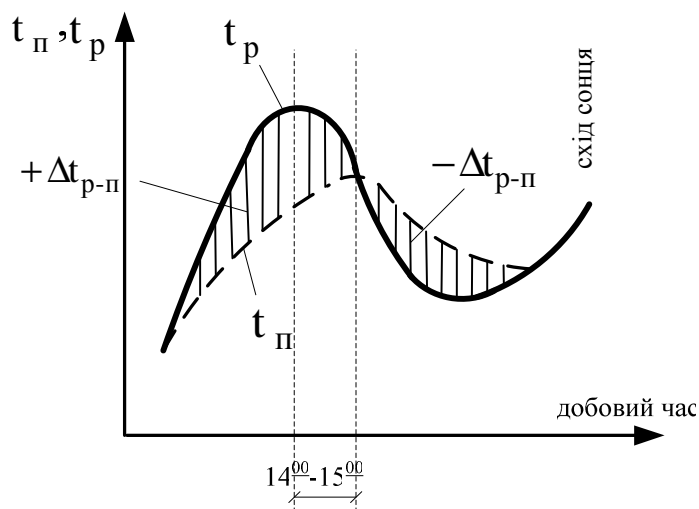


Рис. 1. Типові криві зміни температури рейки  $t_p$  та повітря  $t_п$  у літній період

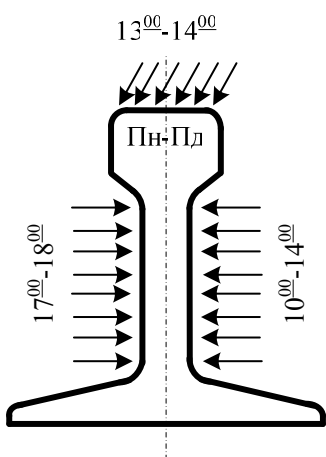


Рис. 2. Схема поглинання та відбивання тепла рейкою, яка розташована у напрямку північ – південь (Пн – Пд)

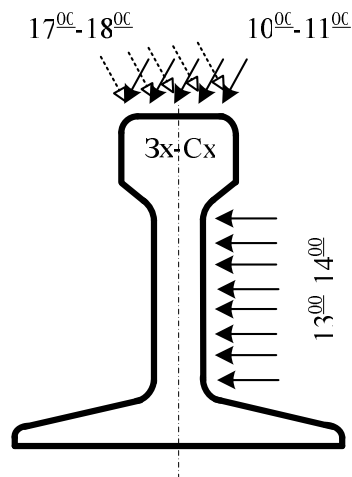


Рис. 3. Схема поглинання та відбивання тепла рейкою, яка розташована у напрямку захід – схід (Зх – Сх)

Крім того, більш детальні дослідження розподілу температури у перерізі рейки [10] свідчать про те, що різна просторова орієнтація рейок, наявність тіні від лісонасаджень, шляхопроводів та інших споруд [11], наявність нерівномірного обдування вітром

залежно від профілю земляного полотна (насип або виїмка) приводять до різного температурного обміну залізничної колії та навколишнього середовища. Таким чином, можливо зробити висновок, що температура рейки по довжині плиті та у поперечному перерізі не є однаковою.

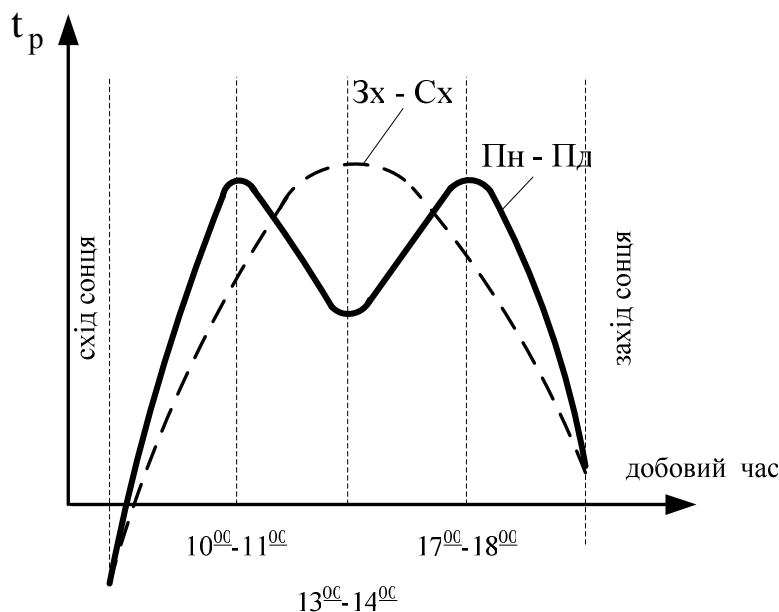


Рис. 4. Графіки зміни температури рейок у двох напрямках у денний час від сходу до заходу сонця

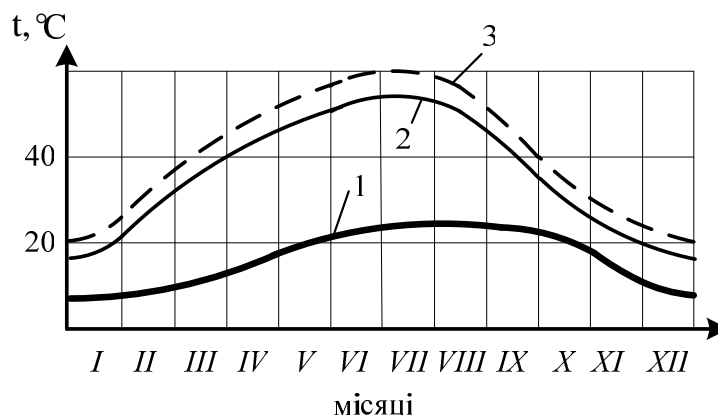


Рис. 5. Криві зміни температур протягом року за даними [7]:  
1 –  $\max \Delta t$ ; 2 –  $\max t_p$ ; 3 –  $\max t_n + \max \Delta t$

Лабораторні дослідження безстикової колії в Німеччині показали, що при вертикальному опроміненні рейки інфрачервоним промінням температура голівки на  $12\text{ }^\circ\text{C}$  вища, ніж температура низу підшви. При опроміненні під кутом до горизонту  $45\text{ }^\circ\text{C}$  і меншим різниця температур лівої та правої кромки підшви доходила до  $12\text{ }^\circ\text{C}$ . Рейки, що мають орієнтацію Зх – Сх, нагріваються на  $8\text{ }^\circ\text{C}$  вище за рейки у напрямку Пн – Пд [10]. Усі наведені факти свідчать про те, що не можна без проведення додаткових

досліджень на теперішній час визначити достовірно температуру рейки при вимірюванні її в одному перерізі звичайними рейковими термометрами за допомогою існуючих правил та методик [1, 2]. Дослідження, виконані вченими УкрДУЗТ [12, 14], дали змогу визначити, що залежно від температури повітря навколишнього середовища й температури нагрівання поверхні рейки існує певна функціональна залежність у часі зниження температури поверхні та загальної температури рейки від часу охолодження. Однак залишається

невідомим час повного вирівнювання нерівномірності нагрівання рейки по її перерізу, від початку якого починаються температурні деформації подовження нагрітої ділянки та суміжних з нею ділянок, які завдяки тепловому розповсюдженню нагрівалися.

Відсутність розробленої ефективної моделі практичного урахування більшості відомих факторів впливу (або найбільш впливових з усіх наведених) на визначення реальної температури рейок та рейкових плітей, яку можна за визначенням називати середньо-об'ємною температурою рейки, стало основним завданням цього наукового дослідження. Для досягнення цієї мети пропонується така методика експериментальних досліджень середньооб'ємної температури рейки, тобто такої, яка може бути визначена звичайним контактним або безконтактним рейковим термометром на поверхні рейки у визначеній точці перерізу, яка буде адекватна визначеній температурі рейки, обчисленій за абсолютною величиною температурного подовження рейкового темплета або рубки, почергово встановленої в одне з чотирьох широтних положень під час зовнішнього теплового впливу сонячного опромінювання. Для виключення теплових втрат, з метою максимального відтворення на дослідному зразку умов перебігу процесів теплопередачі, які відбуваються в рейкових плітях, усі рейкові рубки, довжина яких відповідає вимогам нормативного документа [1] та дорівнює 1,5 м, по торцях будуть надійно теплоізолювані наклеюванням пінополіуретанових торцевих накладок.

На дослідному стенді (рис. 6) планується розмістити 8 рейкових дослідних рубок, з яких чотири розташовуватимуться на насипах висотою 1 м, а інші чотири – у виїмках глибиною 1 м у чотирьох основних широтних напрямках просторової орієнтації (Пн – Пд, Сх – Зх, ПнСх – ПдЗх, ПдСх – ПнЗх). Усі рейкові рубки повинні бути закріплені у

рейкових скріпленнях, на напівшпалах, у баластному шарі, встановлених інструкцією [13] розмірів, на земляному полотні для максимально достовірного відтворення процесів теплового обміну між повітрям, поверхнею баластного шару та рейковими скріпленнями. Як скріплення передбачено на першому етапі застосовувати проміжне скріплення типу КБ-65 як найбільш поширене на полігоні безстикової колії, а на подальших етапах скріплення типу КПП-5, якщо буде встановлено суттєвий вплив типу скріплення на результати досліджень.

Температурні абсолютні подовження або скорочення рейкових рубок будуть контролюватися на перших етапах звичайними індикаторами годинникового типу (ІЧ-1), а в подальшому тензOMETричними датчиками переміщень для забезпечення синхронізації записів пересувань кінців рейкових рубок із записами датчиків температури, розташованих у 20 точках поперечного перерізу рейки всередині рейкових рубок (рис. 7).

За отриманими даними приладів, що фіксують переміщення торців рейкової рубки через кожну годину, починаючи з початкового моменту, коли температура рейки дорівнює температурі повітря після нічного охолодження, яке супроводжується повним перерозподілом тепла у поперечному перерізі та уздовж рейкової рубки, визначатимуть розрахунками фактичну середньо-об'ємну температуру рейки за такою формулою:

$$t_{p-co} = t_{p-0} + \frac{\Delta\lambda_t}{\alpha\lambda_p}, \quad (1)$$

де  $t_{p-co}$  – середньооб'ємна температура рейки;

$t_{p-0}$  – початкова температура рейки, яка дорівнює температурі повітря перед сходом сонця;

$\Delta\lambda_t$  – абсолютне подовження рейки через годину після початку контролю та через кожну годину у подальшому, до заходу сонця;

$\lambda_p$  – довжина рейкової рубки;  
 $\alpha$  – температурний коефіцієнт лінійного розширення рейкової сталі,  
 $\alpha = 11,8 \cdot 10^{-6}$  град $^{-1}$ .

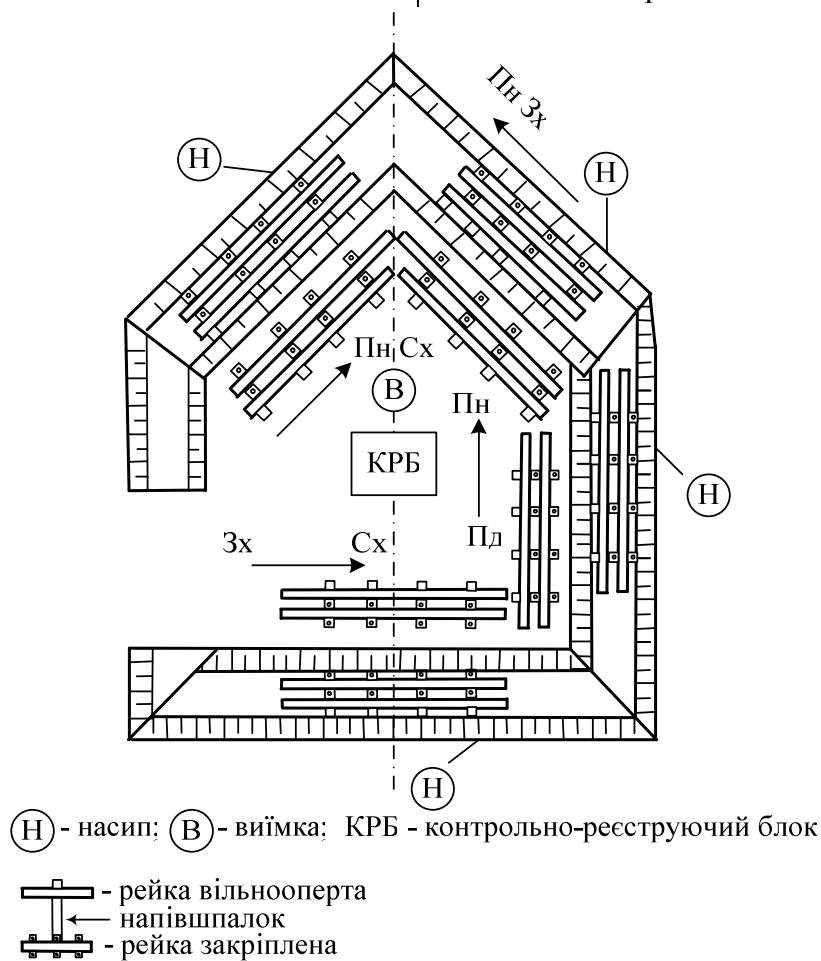


Рис. 6. Схема улаштування дослідного стенда для проведення термометричних досліджень

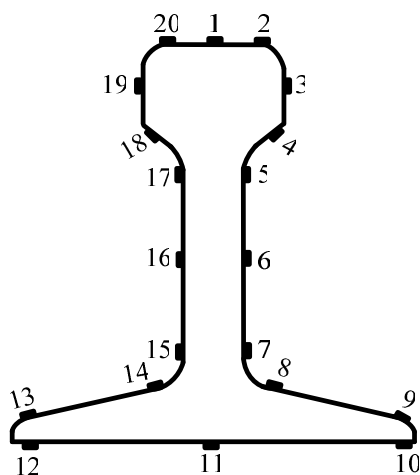


Рис. 7. Схема розміщення тензодатчиків у поперечному перерізі рейки

**Висновки.** Одночасний контроль температури поверхні рейки в усіх контрольних точках дасть змогу кожній години вимірювання визначати саме ті з них, у яких різниця між даними температурного контролю та підрахованими за допомогою формули буде мінімальною. Це дасть змогу для кожного з можливих положень рейки за просторовою орієнтацією отримувати номери точок контролю відповідно до рис. 7, які слід використовувати для отримання достовірних даних про температуру рейкової пліти, розташованої в аналогічній широтній

орієнтації, та профілю (насип чи виїмка) на місці експлуатації в діючій колії. Зазначене дасть змогу при плануванні колійних робіт ураховувати реальні значення температури, замість її приблизних значень, які на цей час призначають шляхом механічного додавання +20 °С до температури повітря.

На дослідному стенді можна визначати середньооб'ємну температуру вільно опертих на поверхню шпал, вивантажених заздалегідь рейок, призначених для укладання в колію, розрахункової довжини 1,5 м з термічною ізоляцією на торцях.

### *Список використаних джерел*

1. Методичні вказівки щодо організації та виконання робіт з вимірювання температури рейок та рейкових плітей безстикової колії на залізницях України [Текст] / Укрзалізниця. – К., 1994. – 32 с.
2. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України [Текст] : ЦП-0266; затв. наказом 3 033-Ц від 01.02.2012. – К., 2012. – 150 с.
3. Першин, С. П. Температурные воздействия на рельсовый путь и их влияние на его устройство и условия эксплуатации [Текст] / С. П. Першин // Труды МИИТа. – М., 1969. – Вып. 318. – С. 3-135.
4. Бромберг, Е. М. Устойчивость бесстыкового пути [Текст] / Е. М. Бромберг. – М.: Транспорт, 1966. – 122 с.
5. Лященко, В. Н. Длинные рельсы и бесстыковой путь [Текст] / В. Н. Лященко. – Харьков: ХИИТ, 1961. – 111 с.
6. Бесстыковой путь и длинные рельсы [Текст] / В. Г. Альбрехт, Е. М. Бромберг, К. Е. Иванов, В. Н. Лященко [и др.]; под ред. д.т.н., проф. В. Г. Альбрехта. – М.: Транспорт, 1967. – 240 с.
7. Richards I. Weather and site effects on rail temperature [Text] // Ry Gaz. – N.12. – 1964.
8. Атанасов, С. А. Температурният режим на работа на релсите в безнаставов път [Текст] / С. А. Атанасов // ЖЕЛЕЗОПЪТЕН ТРАНСПОРТ. – 2007. – № 7/8. – С. 38-40.
9. Лепоев, М. Оптимални температурни интервали при палагане на безнаставов релсов път [Текст] / М. Лепоев, С. А. Атанасов // ЖЕЛЕЗОПЪТЕН ТРАНСПОРТ. – 2011. – № 9. – С. 42-44.
10. Арбузов, М. А. Вдосконалення системи контролю за поздовжньо-напруженим станом рейкових плітей безстикової колії [Текст] : дис.... канд. техн. наук: 05.22.06 / Арбузов Максим Анатолійович. – Дніпропетровськ, 2010. – 239 с.
11. Новакович, В. И. Безобидна ли тень на рельсовую плеть? [Текст] / В. И. Новакович, А. А. Бондаренко // Путь и путевое хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 28.
12. Разработка конструкции экспериментального устройства для искусственного создания расчетного температурного режима в процессе укладки рельсовых плетей бесстыкового пути [Текст]: отчет о НИР / Харьк. ин-т инж. ж.д. тр-та (ХИИТ); № ГР 01870097053. – Харьков, 1989. – 89 с.

13. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст] / Е. І. Даниленко, А. М. Орловський, М. Б. Курган та [ін.]. – К. : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 56 с.

14. Determination of the primary technical parameters of the test bench for controlling the temperature of rails and rail bars of continuous welded rail / V. Tertychnyi, G. Vatulia, O. Belorusov, M. Kovalov // BulTrans'2017 – MATEC Web of Conferences 133, 03002 (2017). – <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713303002>.

---

Ремарчук Микола Парфенійович, д-р техн. наук, професор кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Українського державного університету залізничного транспорту.

Тел.: (057) 730-10-72. E-mail: [remarchyk@ukr.net](mailto:remarchyk@ukr.net).

Белорусов Олександр Ігорович, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-70. E-mail: [bmg@kart.edu.ua](mailto:bmg@kart.edu.ua).

Тертичний Віталій Вікторович, аспірант кафедри будівельної механіки та гідравліки Українського державного університету залізничного транспорту. E-mail: [bmg@kart.edu.ua](mailto:bmg@kart.edu.ua).

Mykola Remarchuk, DSc in Technical Sciences, Professor, Construction, Track and Handling Machinery Department of Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: [remarchyk@ukr.net](mailto:remarchyk@ukr.net). Tel.: (057) 730-10-72.

Oleksandr Belorusov, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Track and Track Department of Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: [bmg@kart.edu.ua](mailto:bmg@kart.edu.ua). Tel.: (057) 730-10-70.

Vitalii Tertychnyi, postgraduate student of Building Mechanic and Hydraulic Department of Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-70.

Стаття прийнята 22.12.2017 р.