

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ЖОРСТКИХ ХРЕСТОВИН НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БРУСАХ

У даній роботі досліджено вплив поздовжнього профілю жорстких хрестовин типу Р65 марки 1/11 на залізобетонних брусах на взаємодію колії та рухомого складу в зоні нерівностей на поверхні кочення.

Ключові слова: поздовжній профіль жорстких хрестовин типу Р65 марки 1/11, залізобетонний брус, взаємодія колії та рухомого складу, зона нерівностей на поверхні кочення

Стрілочні переводи, являються невід'ємною частиною залізничної колії. Конструкція стрілочного переводу сприймає більші, в порівнянні зі звичайною колією, навантаження від рухомого складу. Одним із найбільш відповідальних елементів стрілочного переводу є хрестовина на яку діють великі динамічні сили, що викликано її поздовжнім та поперечним профілями.

Великий внесок у розвиток питань пов'язаних з покращенням взаємодії колії та рухомого складу в межах хрестовини внесли видатні вчені колійники С. В. Амелін, В. Ф. Яковлев, М. П. Смирнов, Е. І. Даніленко, М. С. Нікеров, Б. Е. Глюзберг, М. М. Путря, В. В. Рибкін, Г. І. Іващенко, Р. С. Ліповський, І. І. Семенов, В. І. Абросімов, Л. М. Фролов, М. І. Тітаренко. Результати досліджень зазначених вчених засвідчили, що найбільший вплив на взаємодію колії та рухомого складу в межах хрестовини оказує її поздовжній профіль. Тому до поздовжнього профілю хрестовини висувається ряд вимог:

- 1) плавність перекочування коліс рухомого складу з вусовика на осердя в зоні розриву рейкової нитки;
- 2) плавний перехід коліс рухомого складу з хрестовин на рейкові нитки, що приймають;
- 3) забезпечення безпеки руху при встановлених швидкостях на протязі всього періоду експлуатації;
- 4) мінімальні динамічні сили при русі рухомого складу у зоні хрестовини.

Аналіз стану вилучених з експлуатації хрестовин [5] показав, що найбільший відсоток відмов хрестовин здійснюється з причин викришування та зносу осердя хрестовин й вусовиків. А саме, до 50 % від загальної кількості вилучених хрестовин становлять дефекти зносу осердя і вусовиків, 30 % – викришування осердя та вусовиків, 20 % – інші дефекти. Крім того результати зазначеного аналізу вказують на невідповідність чинного проектного поздовж-

нього профілю (ГОСТ 28370-89) експлуатаційним умовам, оскільки середнє напрацювання хрестовин на всіх дослідних напрямках Укрзалізниці не досягає гарантійного терміну експлуатації. У більшості випадків напрацювання хрестовин не досягає терміну напрацювання на відмову практично вдвічі.

Метою даної роботи є удосконалення діючого проектного поздовжнього профілю хрестовини (ГОСТ 28370-89) з метою подовження терміну служби хрестовин у колії, а також зменшенню кількості дефектів у хрестовинах.

Навесні 2010 р. було проведено експлуатаційні дослідження поздовжнього профілю хрестовин ГОСТ 28370-89 на станції Дніпропетровськ по головних та станційних коліях, типу Р65 марки 1/11, укладених на залізобетонних брусах, по парній та непарній коліях. Вимірювання проводилось, як по прямому так і по боковому напрямках хрестовин. Станція Дніпропетровськ була обрана у якості дослідної ділянки, оскільки знаходиться в інтенсивних експлуатаційних умовах: вантажонапруженість парної колії 40...50 млн т-км/км, непарної – 60...70 млн т-км/км.

Методика вимірювання була наступною. На хрестовині мітками визначалися характерні перетини: горло хрестовини, математичний центр, перерізи 12, 20, 30, 35, 40, 50 та 60 мм. При цьому вимірювання поздовжнього профілю здійснювалось по п'яти точках: по дві точки на вусовиках та одна точка по середині. Вимірювання поздовжнього профілю здійснювалось модернізованою лінійкою А. К. Янковського. На даній лінійці встановлений бігунок із шкалою 20 мм. Бігунок та одна із опор лінійки є рухомими відносно поверхні катання осердя.

Для аналізу зміни профілю хрестовин у залежності від пропущеного тоннажу всі профілі розбивалися на декілька груп. Поділ на групи здійснювався таким чином, щоб в одну групу попали переводи із різницею пропущеного тоннажу не більше 15 млн т.

По отриманих середньостатистичних поздовжніх профілях, згідно аналітичного методу розрахунку [3] отримано вертикальні траєкторії руху по хрестовині за наступними залежностями:

$$\begin{cases} \eta(x) = \Pi_B(x) - W\{y(x)\delta\} \text{ при } x < x' \\ \eta(x) = \Pi_r(x) - W\{\delta\} \text{ при } x > x' \end{cases} \quad (1)$$

де x' – абсциса точки переходу колеса із вусовика на осердя;

$\eta(x)$ – траєкторія перекочування колеса по хрестовині у вертикальній площині;

$\Pi_B(x)$ – фактичний середньостатистичний поздовжній профіль вусовиків;

$\Pi_r(x)$ – фактичний середньостатистичний поздовжній профіль сердечника;

W – поперечний профіль бандажа колеса, за вимірами Л. Г. Крисанова [1];

δ – величина зазору між робочою граню колеса та робочою граню вусовика (сердечника). У даних розрахунках приймалася нульова величина зазору.

Для вибору характерних нерівностей при середньому ступеню зносу та максимально допустимому, експериментальний матеріал був згрупований у дві великі групи (40...55 млн т та 60...75 млн т). Тип нерівності визначався на основі класифікації запропонованої проф. Яковлевим В.Ф. [2]. Результати наведені на рис. 1 та 2.

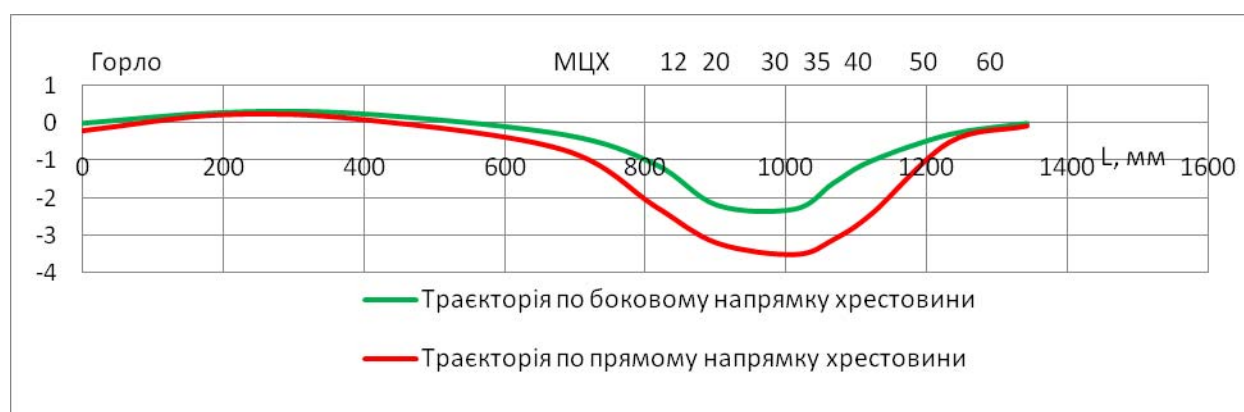


Рис. 1. Середньостатистичні траєкторії руху, після пропуску 40...55 млн т

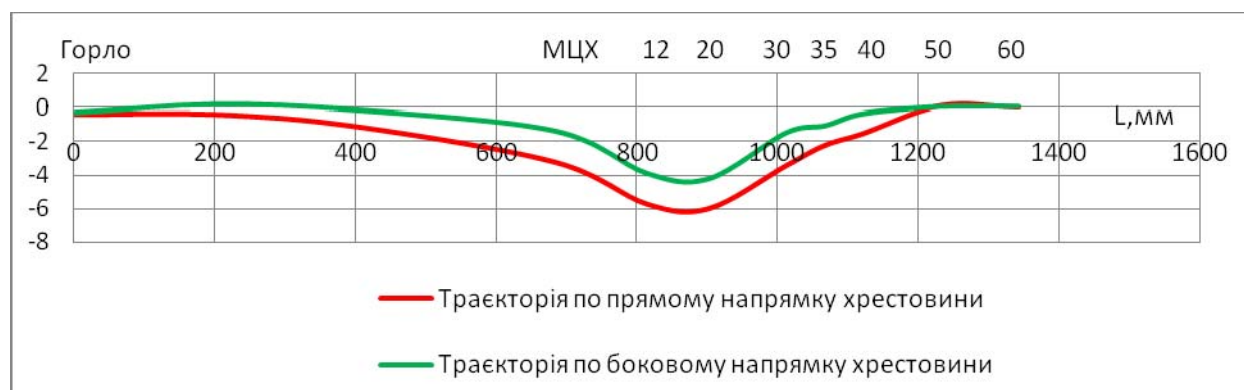


Рис. 2. Середньостатистичні траєкторії руху, після пропуску 60...75 млн т.

Після пропуску 40...55 млн т (що відповідає середньому ступеню зносу) траєкторія має вигляд бугра від горла до перетину розміщеного на відстані 400 мм від горла. Помічаються гострі впадини в зоні перекочування колеса з вусовика на осердя, які характеризуються значним сумарним ухилом. В подальшому при збільшенні пропущеного тоннажу збільшується кількість синусоподібних нерівностей. При близькому до максимального зносу (пропущено

80...95 млн т) збільшується відсоток траєкторій, які мають значний сумарний ухил нерівності.

Іноколи спостерігається перехід синусоподібних нерівностей на хвилеподібні.

Ухил на виході із нерівності при збільшенні пропущеного тоннажу збільшується (тим і пояснюється перехід від типу бугор до типу синусоподібної), разом із тим збільшується глибина

нерівності, а висота бугра у свою чергу зменшується.

Глибина нерівності змінюється несуттєво (2...4 мм після пропуску 50...65 млн т і 5...6 мм при пропущеному тоннажі 60...75 млн т).

У якості розрахункової схеми для визначення додаткових динамічних сил, що діють на

хрестовину при проходженні колесом рухомого складу нерівності, прийнята схема з одним ступенем вільності, яка наведена на рис. 3. Використання подібного типу розрахункових схем детально обґрунтовано у [4].

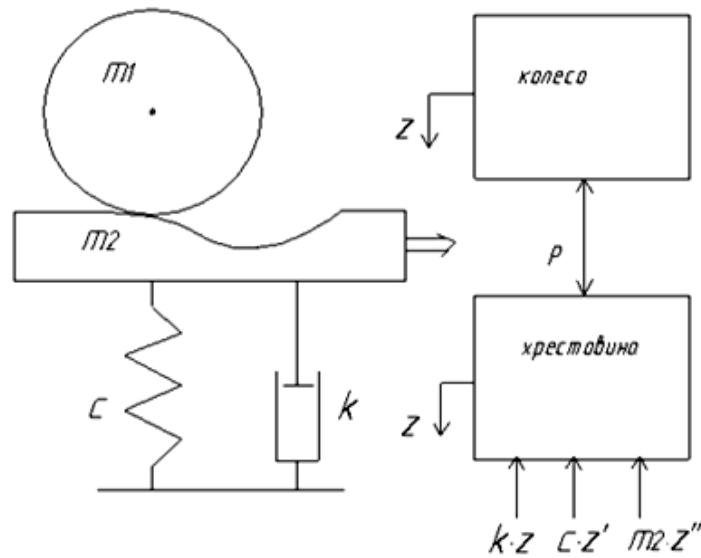


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення динамічних сил

Математична модель взаємодії колії та рухомого складу в межах хрестовини складається з маси колеса та маси хрестовини, а також жорсткості c та в'язкості k основи, які характеризують її амортизаційні та дисипативні властивості. Програмна реалізація наведеної математичної моделі виконана у програмному забезпеченні Scilab 5.2.0.

Нерівність на хрестовині вводилась до математичної моделі за допомогою кубічного сплайна. При цьому вводилися характерні абсциси нерівності (горло, МЦХ, перетини 12, 20, 30, 35, 40, 50, 60 мм) відповідно їм задавалися ординати.

Для подальших розрахунків моделі за основу бралися вихідні дані із робіт [2, 3, 4]. Маса колеса пасажирського вагона із візками типу КВЗ-ЦНИИ згідно [3] приймалась 850 кг, приведена маса колії 1258 кг відповідно. Жорсткість основи хрестовини $c = 1.47 \cdot 10^5$ кН/м, коефіцієнт в'язкого тертя основи хрестовини $k = 127,5$ кН·с/м.

Одним з основних факторів, який буде визначати термін служби хрестовин є величина ухилу нерівності на хрестовині у вертикальній площині. Розрахунок величини динамічної добавки вертикальних сил зображений на рис. 4

та 5. Із збільшенням величини пропущеного тоннажу збільшується величина сил, що обумовлено збільшенням ухилу нерівності в процесі експлуатації.

Аналіз результатів розрахунку додаткових вертикальних динамічних сил взаємодії колії та рухомого складу в межах хрестовини показав, що застосування типового поздовжнього профілю для жорстких хрестовин на залізобетонних брусах приводить до збільшення динамічних сил взаємодії. На нашу думку однією з основних причин зазначених вище недоліків є взаємне положення вусовика та осердя хрестовини для типового поздовжнього профілю, що призводить до значних початкових ухилів траєкторії руху коліс рухомого складу по хрестовині.

Наші пропозиції щодо удосконалення типового поздовжнього профілю хрестовини полягають в наступному. Точку падіння поздовжнього профілю вусовиків на нуль, потрібно здійснювати у перерізі 60 мм, а у перерізі 20 мм висоту вусовика понизити до 4,0 мм проти 6,7 мм (рис. 6–7). Вертикальні траєкторії руху (рис. 8), які виникають при поздовжньому профілі по ГОСТу 28370-89 мають більш круті уклони, ніж у запропонованого профілю.

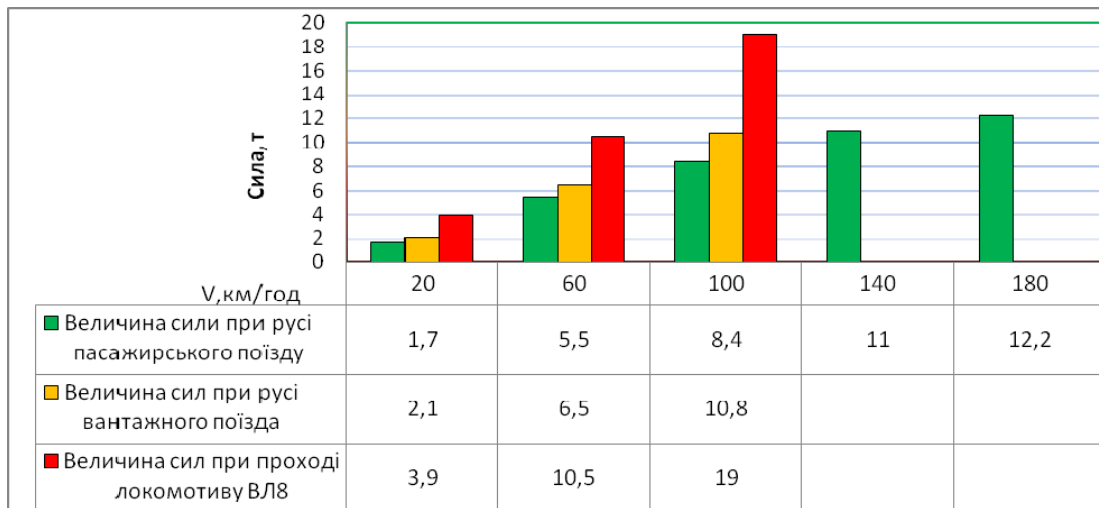


Рис. 4. Динамічна добавка вертикальних сил по профілю після пропуску 40-55 млн т

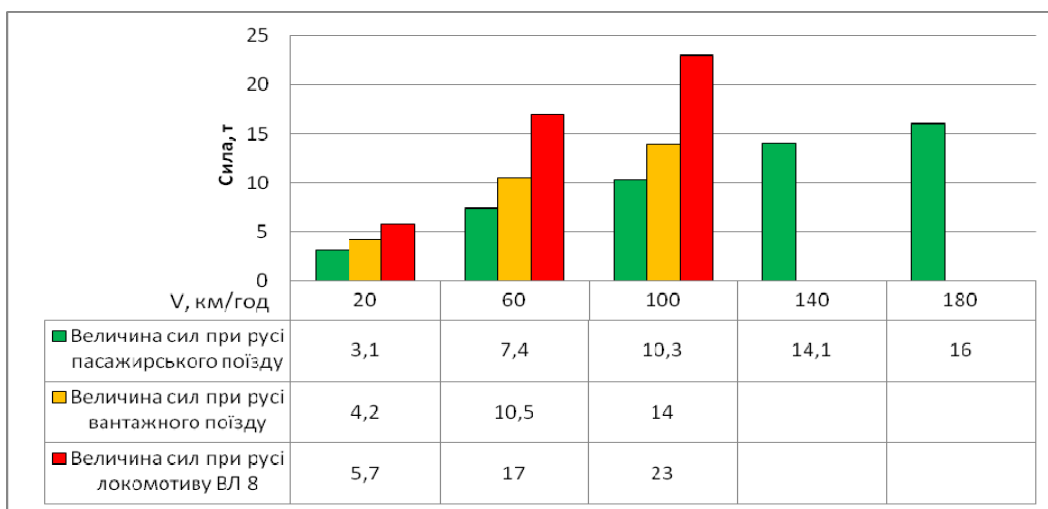


Рис. 5. Динамічна добавка вертикальних сил по профілю після пропуску 60-75 млн т

Для перевірки наших пропозицій було проаналізовано динамічні сили, що виникають при використанні типового поздовжнього профілю хрестовини та запропонованого авторами даної

роботи. Параметри колії та рухомого складу при моделюванні приймалися однаковими для обох варіантів поздовжнього профілю хрестовини.

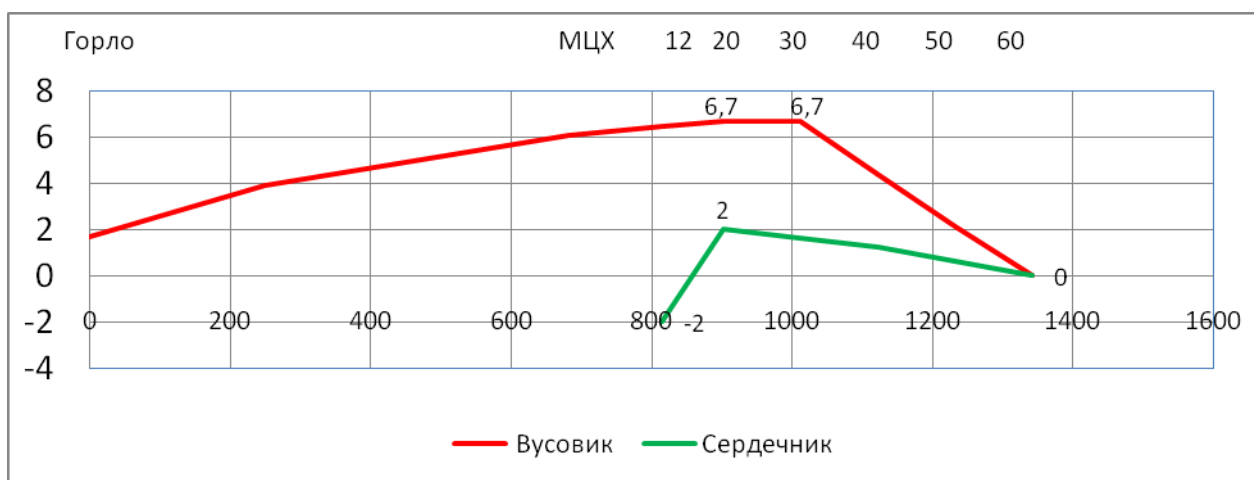


Рис. 6. Типовий профіль ГОСТ 28370-89 марки 1/11

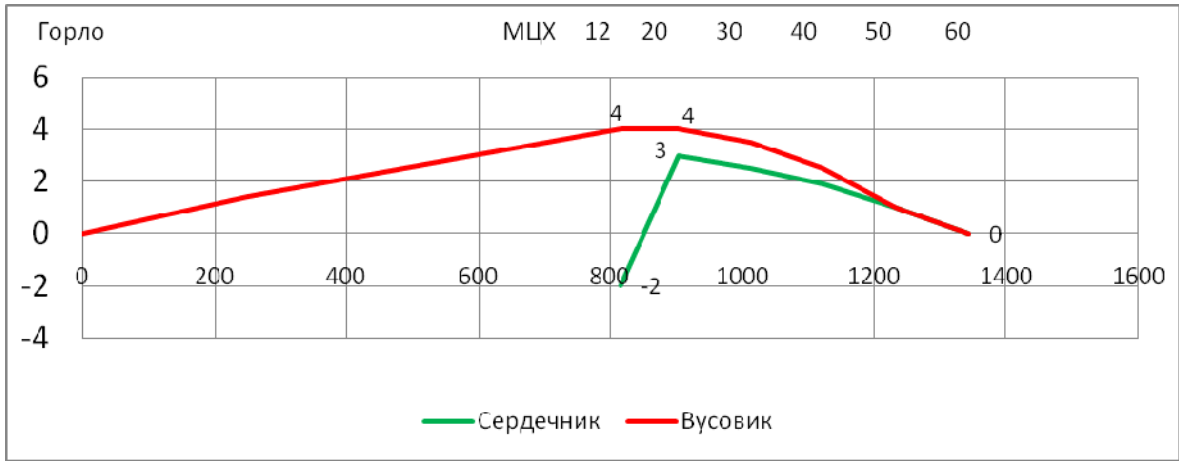


Рис. 7. Запропонований профіль хрестовини

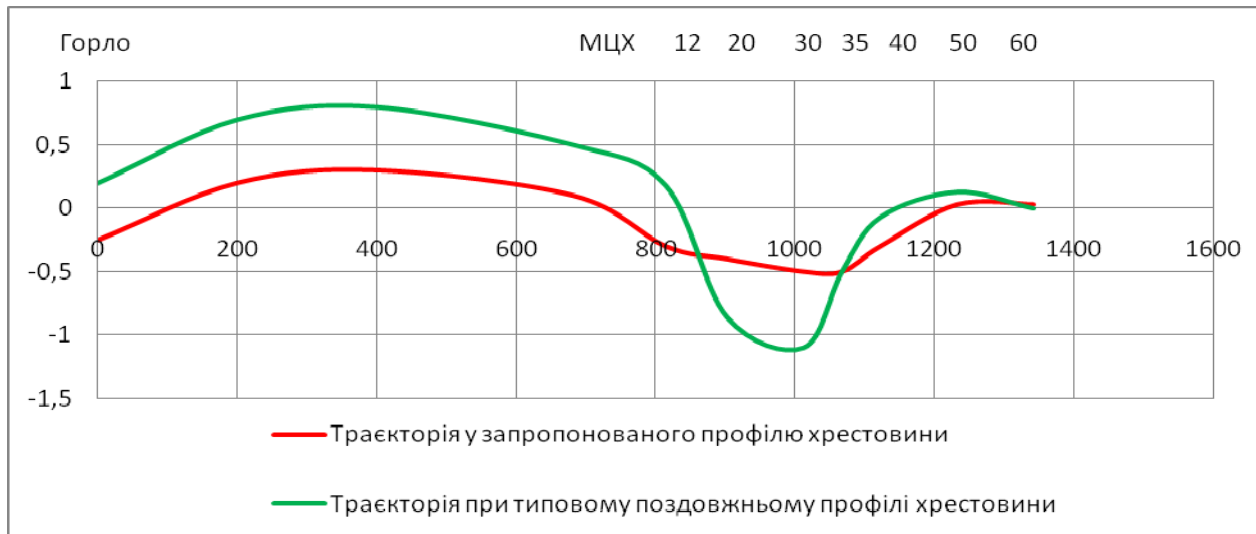


Рис. 8. Траєкторії руху

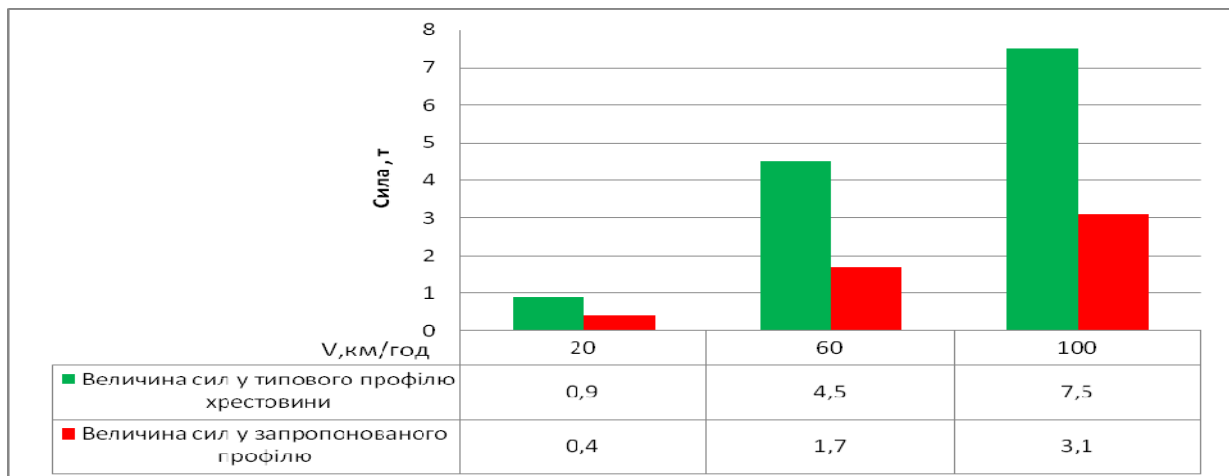


Рис. 9. Динамічна добавка вертикальних сил

Результати розрахунку, наведені на рис. 9, свідчать, що величина динамічних вертикальних сил у запропонованого профілю у 2,5 рази є меншою, ніж у типового профілю ГОСТ 28370-89. У зв'язку із меншою величи-

ною динамічних сил даний профіль може збільшити термін служби хрестовин у колії, що дасть змогу зменшити витрати колійного господарства на ремонт та поточне утримання хрестовин стрілочних переводів.

БИБЛИОГРАФИЧНИЙ СПИСОК

1. Крысанов, Л. Г. Эксплуатационные характеристики колесных пар грузовых вагонов [Текст] / Л. Г. Крысанов // Вестник ВНИИЖТ. – 1972. – № 3. – С. 34–39.
2. Совершенствование ведения стрелочного хозяйства [Текст] / С. В. Амелин [и др.]; под ред. С. В. Амелина. – М.: Транспорт, 1983. – 238 с.
3. Амелин, С. В. Геометрические неровности рельсовых нитей [Текст] / С. В. Амелин, В. Ф. Яковлев, И. И. Семенов // Труды ЛИИЖТа. – 1964. – № 222. – С. 43–64.
4. Клименко, В. Н. Исследование динамических сил взаимодействия крестовин и тележки четырехосного вагона [Текст] / В. Н. Клименко, А. М. Микитенко // Труды ДИИТа. – Л., 1968. – № 98. – С. 34–40.
5. Дослідження й аналіз експлуатаційної стійкості елементів стрілочних переводів за 2009 рік [Текст] : звіт про НДР. – ДИИТ, КГНДЛ. – 2009. – 47 с.

Надійшла до редколегії 05.10.2011.

Прийнята до друку 14.10.2011.

А. М. ОРЛОВСКИЙ, К. Л. КАЛЕНИК, В. В. КОВАЛЬЧУК

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЖЕСТКИХ КРЕСТОВИН НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БРУСЬЯХ

В данной работе исследовано влияние продольного профиля жестких крестовин типа Р65 марки 1/11 на железобетонных брусьях на взаимодействие пути и подвижного состава в зоне неровностей на поверхности катания.

Ключевые слова: продольный профиль жестких крестовин типа Р65 марки 1/11, железобетонный брус, взаимодействие пути и подвижного состава, зона неровностей на поверхности катания

A. M. ORLOVS'KYI, K. L. KALENYK, V. V. KOVALCHUK

INVESTIGATION OF LONGITUDINAL PROFILE OF RIGID FROGS ON REINFORCED CONCRETE SLEEPERS

In the paper the effect of longitudinal profile of rigid frogs of type R65 mark 1/11 on reinforced concrete sleepers on the interaction in the 'wheel-rail' system in the zone of rolling surface irregularities is investigated.

Keywords: longitudinal profile of rigid frogs of type R65 mark 1/11, reinforced concrete sleeper, interaction in the 'wheel-rail' system, zone of rolling surface irregularities