

УДК 629.2

<https://doi.org/10.15407/itm2025.04.120>

Т. Ф. МОКРІЙ, Л. Г. ЛАПІНА, С. С. ПАСІЧНИК

**ЄДИНИЙ ПРОФІЛЬ ОБОДІВ КОЛІС ПАСАЖИРСЬКИХ І ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ
ДЛЯ СПІЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ І ЗАХІДНОЇ ЄВРОПИ***Інститут технічної механіки**Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: mokriyt@gmail.com*

Однією з найактуальніших задач сучасного розвитку залізничного транспорту України є прискорення інтеграції України в європейські залізничні перевезення. Для забезпечення можливості експлуатації вагонів на залізницях України і Західної Європи без заміни візків разом із застосуванням розсувних колісних пар для автоматичної зміни відстані між колесами необхідно також забезпечити сумісність контактної пари "колесо–рейка" на коліях залізниць обох стандартів: з рейками Р65 з підхилом 1/20 в Україні; з рейками UIC60 з підхилом 1/40 в країнах Західної Європи.

Для вирішення цієї проблеми в Інституті технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України (ІТМ НАНУ і ДКАУ) було розроблено профілі поверхні кочених коліс для використання у пасажирських вагонах – ІТМ-73ЕР, у вантажних вагонах – ІТМ-73ЕС.

Мета даної роботи полягала у визначенні можливості використання одного з цих профілів як єдиного профілю коліс пасажирських і вантажних вагонів з перспективними візками, призначених для експлуатації на українських і європейських залізницях.

Об'єктом дослідження були пасажирські вагони з візками 68-7041 та вантажні вагони з візками 18-7020 (з осьовим навантаженням 23,5 тс) і 18-9817 (з осьовим навантаженням 25 тс). Виконано порівняння застосування коліс з обома профілями ободів з огляду на стійкість ходу вагонів при експлуатаційних швидкостях руху на прямолінійних ділянках українських і європейських залізниць, а також на показники їхньої взаємодії з коліями в криволінійних ділянках (з урахуванням різного ступеня бічного зносу рейок). На підставі результатів розрахунків визначено профіль ободів коліс, який доцільно використовувати як єдиний для коліс пасажирських і вантажних вагонів. За прогностичними оцінками використання коліс з цим профілем дозволить пришвидшити перехід поїздів на колію з іншими параметрами та забезпечити високі показники динамічних якостей екіпажів і поліпшені показники їхньої взаємодії з коліями обох залізниць.

Ключові слова: *пасажирські та вантажні вагони, профілі ободів коліс, стійкість руху, знос коліс і рейок.*

One of the most important problems in the current development of the Ukrainian railway transport is to speed up the integration of Ukraine into the European railway service. For cars to operate on the Ukrainian and West-European railways, it is necessary to use gauge-changeable wheelsets, which can automatically change from one gauge to another, and provide wheel–rail contact pair compatibility on the railways of both standards: with R65 rails of cant 1/20 in Ukraine and UIC rails of cant 1/40 in West Europe.

To solve this problem, the Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine and the State Space Agency of Ukraine developed wheel profiles for passenger and freight cars: ITM-73EP and ITM-73EC, respectively.

The goal of this work was to study the possibility of using one of these profiles as a common wheel profile for passenger and freight cars with prospective trucks to be operated both on the Ukrainian and on the European railways.

The study was concerned with passenger cars with 68-7041 trucks and freight cars with 18-7020 (an axle load of 23.5 tf) and 18-9817 (an axle load of 25 tf) trucks. The use of wheels with both profiles was compared in terms of car dynamic stability at service speeds on tangents of the Ukrainian and European railways and wheel–track interaction indices in curves (with account for different degrees of rail side wear). The results of the calculations made it possible to identify the profile expedient to be used as a common one for passenger and freight cars. According to predictive estimates, the use of wheels with this profile will speed up passing between tracks with different gauges and provide a high ride quality and improved indices of wheel–track interaction on both railways.

Keywords: *passenger and freight cars, wheel profiles, dynamic stability, wheel and rail wear.*

Прискорення інтеграції України в європейські перевезення є важливим

© Т. Ф. Мокрій, Л. Г. Лапіна, С. С. Пасічник, 2025

Техн. механіка. – 2025. – № 4.

завданням сучасного розвитку вітчизняного залізничного транспорту. Невід'ємною складовою цього завдання є забезпечення можливості спільної експлуатації вагонів без заміни візків на залізницях України та країн Західної Європи.

Для швидкого переходу рухомого складу на залізницю з іншими стандартами ефективним технічним рішенням є застосування розсувних колісних пар [1], які дають змогу змінювати відстань між колесами візка на спеціальних колійних пристроях без зупинки потяга. При цьому має бути забезпечена не лише висока надійність самої колісної пари, відмова якої може призвести до аварій з тяжкими наслідками, а й якісна взаємодія коліс і рейок, від якої також залежить безпека руху. Наразі Укрзалізниця та оператор залізничної інфраструктури Іспанії Adif розробляють пілотний проєкт з установлення в пункті перетину кордону автоматизованої системи зміни ширини колії між українським (1520 мм) і європейським (1435 мм) стандартами і виготовлення вагонів, які буде обладнано розсувними колісними парами [2].

Проте при практичному застосуванні ходових частин з розсувними колісними парами на українських та європейських залізницях для забезпечення сумісності пари "колесо–рейка" потрібне вирішення додаткової проблеми – розробка профілю ободів коліс з урахуванням профілів головок рейок Р65 (Україна) і UIC (Європа) та їх підхилу 1/20 і 1/40 відповідно [3 – 6].

Для вирішення цієї проблеми в Інституті технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України (ІТМ НАНУ і ДКАУ) розроблено нові профілі поверхні кочення коліс для використання при спільній експлуатації на українських і європейських залізницях у пасажирських вагонах – ІТМ-73ЕР [7], у вантажних вагонах – ІТМ-73ЕС [8]. Побудова профілю виконувалась з використанням розробленої в ІТМ НАНУ і ДКАУ просторової математичної моделі взаємодії залізничного екіпажа та інерційної пружнодисипативної колії, в якій враховуються розміри плям контакту пари «колесо–рейка» та розподіл по них нормальних та дотичних сил взаємодії [9]. Профіль коліс обирався за двома критеріями: необхідний запас стійкості руху вагона на прямолінійних ділянках колій із експлуатаційними швидкостями і поліпшені показники взаємодії з коліями на криволінійних ділянках українських і європейських залізниць. При виборі профілю коліс пасажирських вагонів більше уваги приділялося першому критерію, при виборі профілю коліс вантажних вагонів – другому. За прогнозними оцінками використання коліс з цими профілями в розсувних колісних парах пасажирських і вантажних вагонів дозволить пришвидшити перехід поїздів на колію з іншими параметрами та забезпечити високі показники динамічних якостей екіпажів і поліпшені показники їхньої взаємодії з колією при спільній експлуатації екіпажів на українських і європейських залізницях [7, 8].

Мета даної роботи полягала у визначенні можливості використання одного з цих профілів як єдиного профілю коліс розсувних колісних пар залізничних вагонів з перспективними візками, призначених для експлуатації на українських і європейських залізницях.

Досліджувалися вітчизняні швидкісні пасажирські вагони з візками 68-7041, розробленими на Крюковському вагонобудівному заводі для експлуатації на залізницях колії 1520 мм зі швидкістю руху до 160 км/год [10], і вантажні піввагони двох типів: з візками моделі 18-7020 розробки Крюковського вагонобудівного заводу (зі звичайним осьовим навантаженням 23,5 тс) [11] і

з візками моделі 18-9817 спільної розробки американської компанії ASF Keystone та української промислово-інвестиційної групи «ИнтерКарГруп» (зі збільшеним до 25 тс навантаженням на вісь) [12] для руху зі швидкостями до 120 км/год. Візки моделі 18-7020 і 18-9817 прийнято в Україні як базові для вантажних вагонів нового покоління, їх конструкція передбачає можливість використання на залізницях з шириною колії як 1520 мм, так і 1435 мм (при підкочуванні відповідних колісних пар та переобладнанні гальмівної важільної передачі).

Виконано порівняння показників стійкості ходу вагонів, обладнаних колесами з профілем ITM-73EC і профілем ITM-73EP, при русі по прямолінійних ділянках колій зі швидкостями руху пасажирських вагонів до 160 км/год, вантажних – до 120 км/год і показників взаємодії екіпажів з коліями українського і європейського стандартів.

На рис. 1 показано порівняння розроблених профілів ободів коліс. Як бачимо, за формою робочої поверхні кочення вони досить близькі і відрізняються, в основному, обрисом гребенів.

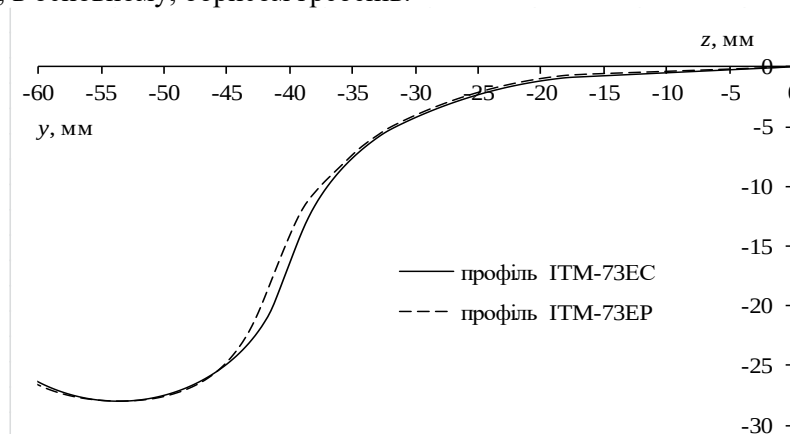


Рис. 1

Одним із найважливіших показників динамічних якостей залізничних екіпажів є стійкість руху. Вплив використання профілів коліс ITM-73EP і ITM-73EC на стійкість руху пасажирського вагона вивчався за результатами розрахунків його руху з постійною швидкістю (до 170 км/год) по прямих ділянках колій з малими збуреннями. На рис. 2 показано залежності середньоквадратичних відхилень $\sigma(\ddot{y}_n)$ поперечних прискорень п'ятників кузова $\ddot{y}_n$ в частках прискорення вільного падіння g від швидкості руху вагона по коліях з рейками двох типів: графіки з літерою «а» стосуються колії з рейками UIC60 (Західна Європа), літерами «б» – колії з рейками Р65 (Україна).

Як бачимо, середньоквадратичні значення відхилень поперечних прискорень п'ятників кузова пасажирських вагонів, обладнаних колесами з обома профілями ободів, близькі і мало зростають при швидкостях руху до 160 км/год. При більших швидкостях руху показники $\sigma(\ddot{y}_n)$ інтенсивніше зростають на коліях з рейками UIC60, причому більші значення показників спостерігаються у вагона з профілем коліс ITM73-EC (рис. 2, а)).

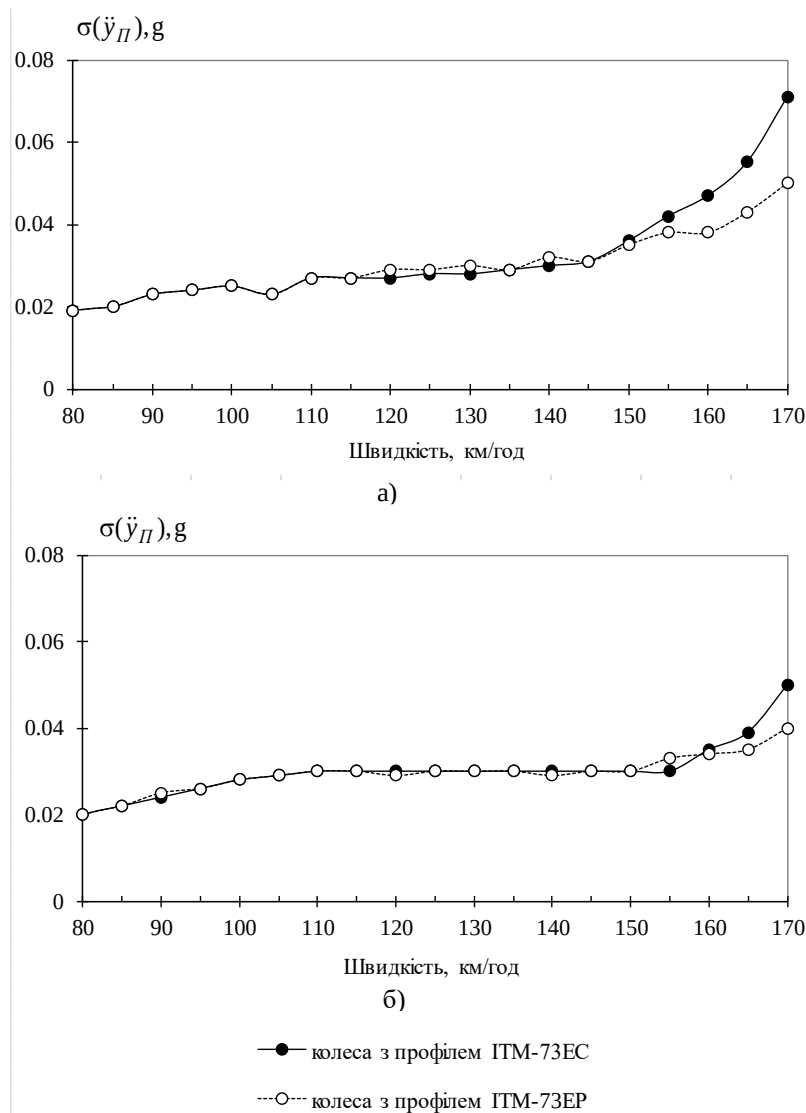
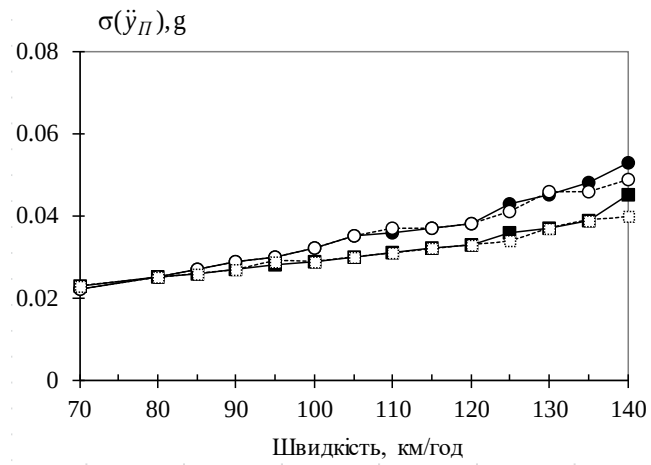


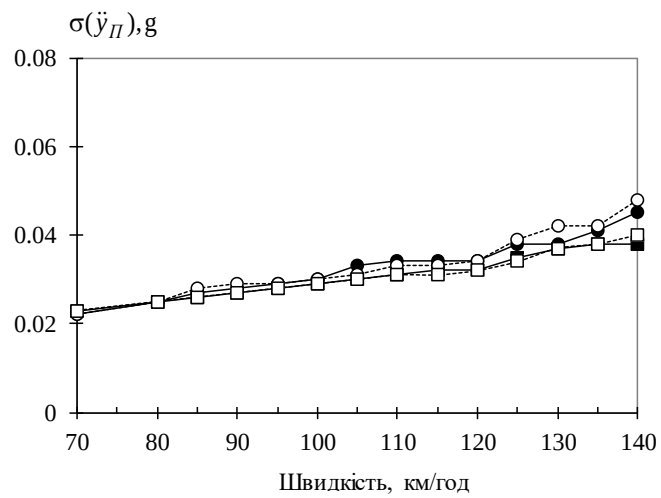
Рис. 2

На рис 3, 4 наведено аналогічні показники для вантажних вагонів з візками моделей 18-7020 і 18-9817 при швидкостях руху до 140 км/год в навантаженому (рис. 3) і порожньому (рис. 4) станах.

У цих вагонах в навантаженому стані показники $\sigma(\ddot{y}_\Pi)$ мало розрізняються між собою при використанні обох профілів коліс при русі як по коліях українських, так і європейських залізниць. Профіль коліс також мало впливає на значення $\sigma(\ddot{y}_\Pi)$ порожніх вантажних вагонів з візками 18-9817 при русі по коліях обох залізниць, а вагонів з візками 18-7020 – при русі по коліях українських залізниць.



а)



б)

- віз. 18-7020, проф. коліс ІТМ-73ЕС
- віз. 18-9817, проф. коліс ІТМ-73ЕС
- віз. 18-7020, проф. коліс ІТМ-ЕР
- віз. 18-9817, проф. коліс ІТМ-ЕР

Рис. 3

Більш суттєвим є вплив на стійкість ходу профілів ободів коліс у вагонів з візками 18-7020 при їх русі по європейській колії зі швидкостями понад 120 км/год. У цих випадках менший запас стійкості руху мають вагони, обладнані колесами з профілем обода ІТМ-73ЕС (рис. 4, а)).

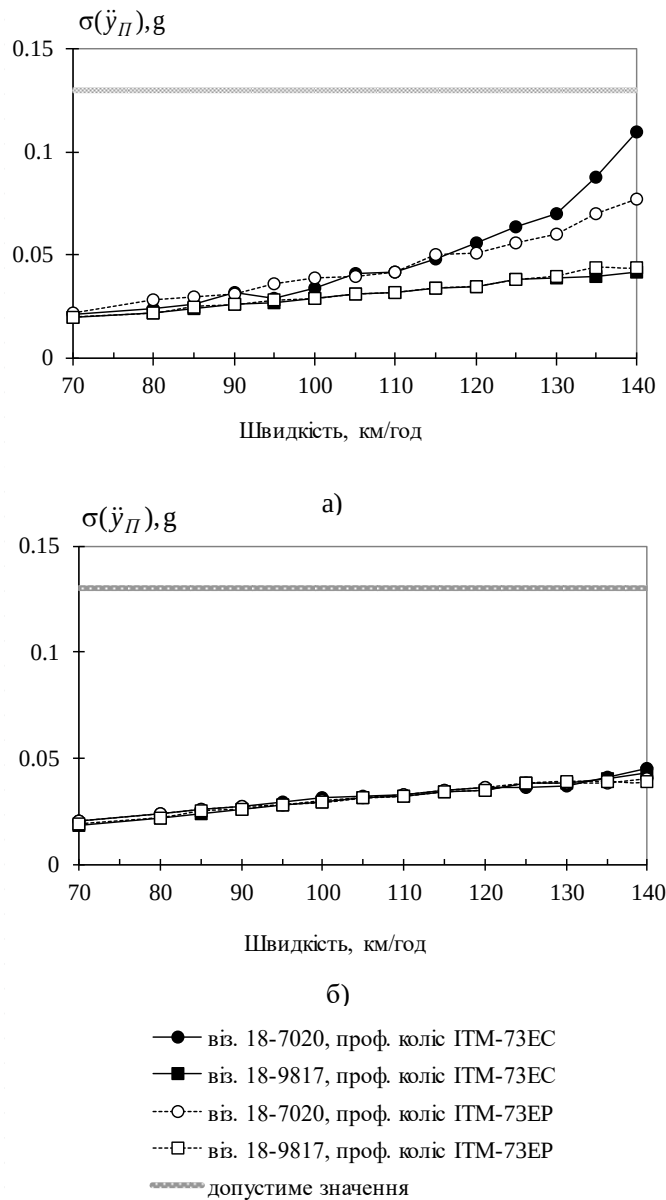


Рис. 4

Далі виконано порівняльну оцінку показників взаємодії з коліями пасажирського і вантажних вагонів, які обладнані колесами з профілями ободів ITM-73EP і ITM-73EC, в криволінійних ділянках українських і європейських залізниць. При розрахунках розглядалися форми головок як незношених рейок Р65 (Україна) і UIC60 (Європа), так і рейок з різним ступенем їх бічного зносу [13, 14] внаслідок контакту зі стандартними колесами відповідної залізниці.

На рис. 5 наведено залежності від величини бічного зносу рейок максимальних значень гребеневого зносу A (питома робота сил тертя) набіжних на зовнішню рейку коліс пасажирського вагона при різних швидкостях руху V в круговій кривій радіуса 300 м, а на рис. 6, 7 – завантажених вантажних вагонів з візками моделі 18-7020 і моделі 18-9817 відповідно. Терміном «гребневий» названо знос гребеня і галтелі. Тут і далі графіки на рисунках, які поз-

начено літерами «а)», відповідають колії з рейками Р65, літерами «б)» – колії з рейками UIC60.

З аналізу графіків на рис. 5 – рис. 7 видно, що при русі і пасажирського, і вантажних вагонів по коліях українських та європейських залізниць показники гребеневого зносу коліс з обома профілями ободів, як правило, зростають при збільшенні бокового зносу головок рейок. Проте, ці показники у вагонів, обладнаних колесами з обома профілями ободів, при русі з однаковою швидкістю по колії з рейками Р65 здебільшого близькі, а при русі по колії з рейками UIC60 більша інтенсивність зносу гребенів (до 20 %) має місце у вагонів з колесами з профілем ITM-73EP.

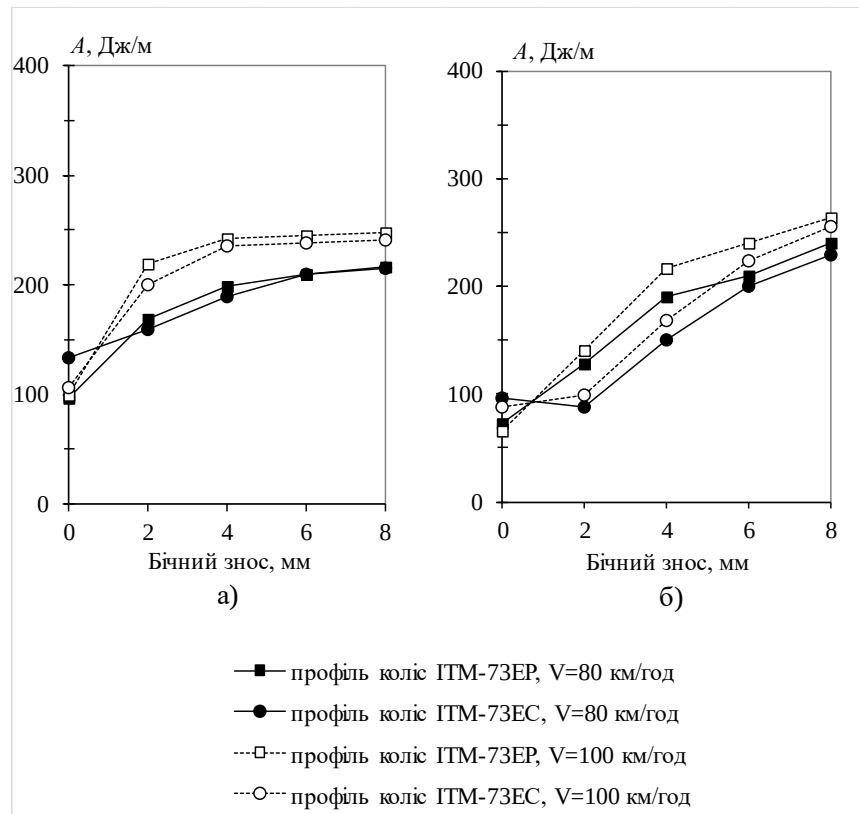


Рис. 5

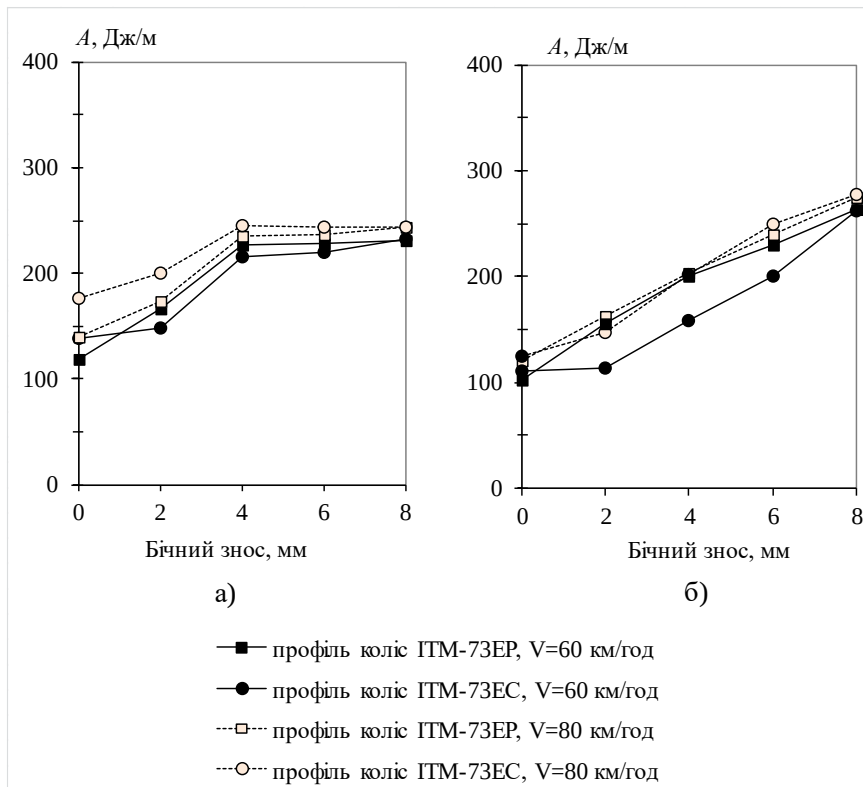


Рис. 6

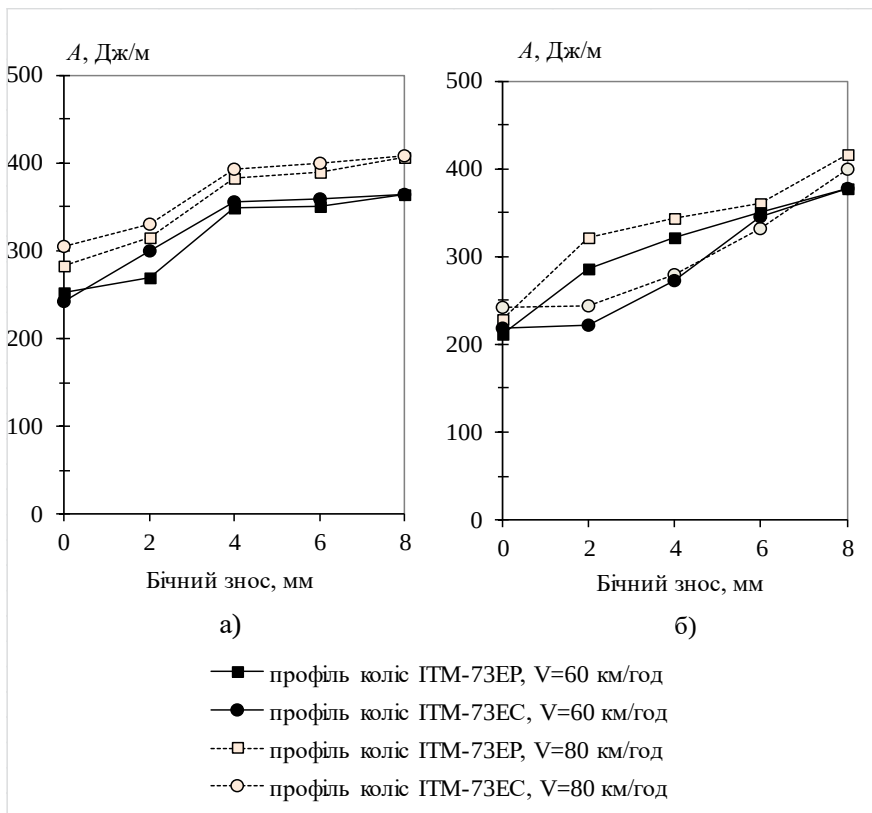


Рис. 7

Найбільші показники інтенсивності зносу гребенів коліс має вантажний вагон з візками моделі 18-9817 через підвищені значення зсувної жорсткості цих візків і осьового навантаження на колію, що ускладнює його вписування в криволінійні ділянки колії. Проте вони суттєво нижчі, ніж аналогічні показники цього вагона при застосуванні стандартних профілів коліс українських і європейських залізниць (відповідно ДСТУ ГОСТ 10791:2016 і S1002) [15, 16]. На рис. 8 показано показники гребеневого зносу коліс з різними профілями ободів коліс вантажних вагонів з візками моделі 18-9817 при русі зі швидкістю 60 км/год в круговій кривій радіуса 300 м.

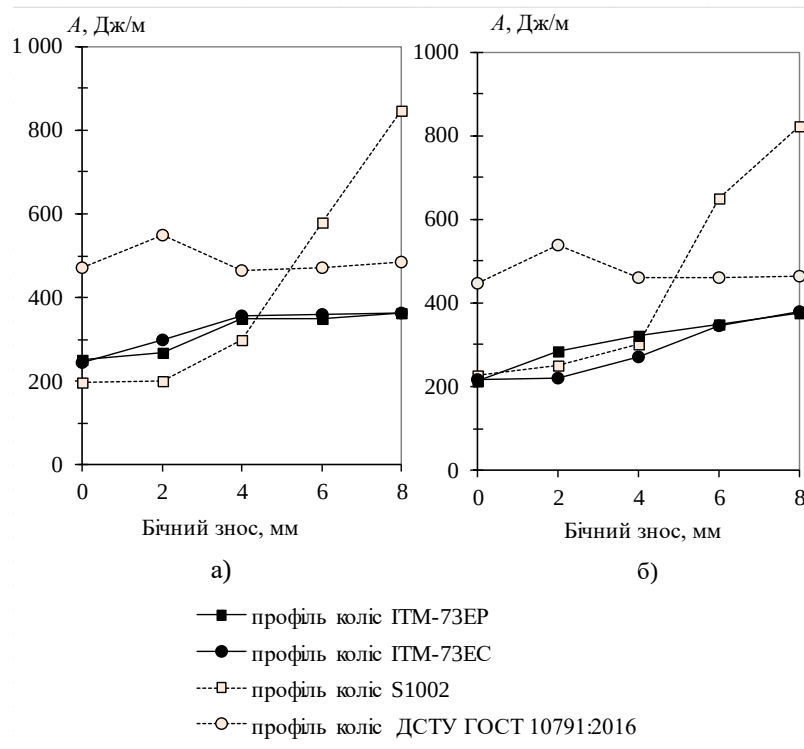


Рис. 8

Висновок. При застосуванні коліс з профілями ободів ITM-73EP, ITM-73ES забезпечуються стійкість ходу на прямолінійних ділянках українських і європейських залізниць пасажирських вагонів з візками моделі 68-7041 при швидкостях руху до 160 км/год, вантажних вагонів з візками моделей 18-7020, 18-9817 – до 120 км/год, а також покращені показники їх взаємодії з коліями в криволінійних ділянках колій обох стандартів (з урахуванням різного ступеня бічного зносу рейок). Проте за єдиний профіль коліс пасажирських і вантажних вагонів доцільно брати профіль ITM-73EP, оскільки він забезпечує більший запас стійкості ходу вагонів у порівнянні з профілем ITM-73ES, що є суттєвим фактором для безпеки руху вагонів з підвищеними швидкостями. При цьому показники взаємодії екіпажів з коліями дещо погіршуються у порівнянні з профілем ITM-73ES, але залишаються суттєво кращими, ніж при використанні стандартних профілів коліс українських і європейських залізниць.

1. Розсувні колісні пари. <https://www.railway.supply/uk/rozsuvni-zaliznichni-kolisni-pari/> (дата звернення 10.10.2025).
2. "Укрзалізниця" спільно з іспанцями виготовлятимуть вагони, які автоматично підлаштовуються під ширину колії. URL: <https://censor.net/n3498056> (дата звернення 11.10.2025).
3. Дьомін Р. Ю., Дьомін Ю. В., Черняк Г. Ю., Мостович А. В. Научно-технические основы створення залізничного рухомого складу типу «Схід-Захід»: монографія. Київ : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. 380 с. [https://doi.org/10.33216/MonographSNU\(978-617-8011-80-2\)-2024-380](https://doi.org/10.33216/MonographSNU(978-617-8011-80-2)-2024-380)
4. Піх Б. П., Корженевич І. П., Курган М. Б. Використання рухомого складу з розсувними колісними парами на напрямку Київ–Львів–Мостиська П. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2004. Вип. 3. С. 82–89. <https://doi.org/10.15802/stp2004/20907>
5. Курган Н., Возная Е. Повышение интероперабельности в международном железнодорожном сообщении Австрия – Словакия – Украина – Россия. Українські залізниці. 2014. № 12 (18). С. 24–33.
6. Kalivoda J., Neduzha L. Running Dynamics of Rail Vehicles. Energies. 2022. 15. 5843. <https://doi.org/10.3390/en15165843>
7. Мокрій Т. Ф., Малишева І. Ю., Ланіна Л. Г., Безрукавий Н. В. Профіль обода коліс пасажирського вагона для умов спільної експлуатації на українських і європейських залізницях. Технічна механіка. 2022. № 4. С. 111–120. <https://doi.org/10.15407/itm2022.04.111>
8. Мокрій Т. Ф., Малишева І. Ю., Пасічник С. С. Профіль обода коліс вантажного вагона з перспективними візками для умов спільної експлуатації на українських і європейських залізницях. Технічна механіка. 2023. № 4. С. 90–103. <https://doi.org/10.15407/itm2023.04.090>
9. Ушкалов В. Ф., Мокрій Т. Ф., Малишева І. Ю. Математическая модель взаимодействия железнодорожного экипажа и пути с учетом распределения контактных сил по пятнам контакта. Техническая механика. 2015. № 2. С. 79–89.
10. Двовісний візок моделі 68-7041 з пневмопідвішуванням. URL: <https://www.kvsz.com/index.php/ua/produksiya/pasazhirske-vagonobuduvannya/khodovi-chastini/item/1932-dvovisnyi-vizok-modeli-68-7041-z-pnevmpodvishuvanniam/> (дата звернення 20.10.2025).
11. Візок двовісний модель 18-7020 тип 2. URL: <https://www.kvsz.com/index.php/ua/produksiya/vantazhne-vagonobuduvannya/vizki-vantazhnogo-vagonobuduvannya/item/1974-vizok-dvovisnyi-model-18-7020-typ-2> (дата звернення 11.10.2025).
12. 18-9817 Візок двовісний TECHPROJECT GROUP/ URL: <https://tpgroup27.wixsite.com/tp-group> (дата звернення 1.09.2024).
13. Olofsson U., Telliskivi T. Wear, plastic deformation and friction of two rail steels – a full-scale test and a laboratory study. Wear. 2003. № 254 (1-2). P. 80–93. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(02\)00291-0](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(02)00291-0)
14. Подольников И. В. Определение типовых форм изношенных профилей головок рельсов на криволинейных участках пути. Техническая механика. 2009. № 3. С. 39–43.
15. ДСТУ ГОСТ 10791:2016 (ГОСТ 10791-2011, IDT). Колеса суцільнокатані. Технічні умови. Чинний від 01-09-2016. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 53 с.
16. Esveld C. Modern Railway Track. Second Edition. MRT-Productions. 2001. 654 p.

Отримано 05.11.2025,
в остаточному варіанті 01.12.2025