



УДК 629.463.65.027.4:625.143.3.033.373

ЗНОС КОЛІС ТА РЕЙОК ПРИ НЕРІВНОМІРНОМУ ЗАВАНТАЖЕННІ ПІВВАГОНІВ

Швець А. О., пров. інженер каф. «Теоретична та будівельна механіка», Болотов О. М., с.н.с. ГНДЛ ДМРС, Сапарова Л. С., с.н.с. ГНДЛ ДМРС, Швець А. О., ст.. гр.. ВГ1511 Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. А. Лазаряна, м. Дніпро, Україна

У статті викладено результати теоретичних досліджень, мета яких полягала в аналізі впливу повздовжнього та поперечного зміщення центру ваги вантажу піввагонів з урахуванням можливого підвищення швидкості руху на показник фактору зносу поверхонь коліс та рейок. Описано залежності фактору зносу коліс, направляючої сили та виляння колісної пари вантажного рухомого складу. Досліджено вплив швидкості руху на означені показники.

Ключові слова: зміщення центру ваги вантажу, знос гребнів коліс, піввагони, фактор зносу.

Питання зносу деталей рухомого складу та колії завжди мали велике значення для залізничного транспорту, безперебійна робота якого пов'язана з надійністю елементів рухомого складу та колії. Забезпечення безпеки руху поїздів вимагає розробки заходів щодо зниження рівня інтенсивності зношування деталей ходової частини локомотивів, вагонів та елементів рейкової колії [1-4].

Знос гребенів коліс та внутрішніх бічних поверхонь головок рейок є однією з актуальних проблем для залізничного транспорту. Втрати від зносу взаємодіючих елементів коліс й рейок досягають значних величин. Важливим аспектом цієї проблеми є забезпечення безпеки руху поїздів при наявності зносів гребенів коліс і рейок. Крім цього важливе значення має те, що втрати енергії при зносі збільшують опір руху рухомого складу й відповідно витрати енергоресурсів.

Процес зносу гребенів коліс та рейок є результат безперервного накопичення ушкоджень зовнішніх шарів матеріалу під впливом зовнішніх сил. Аналіз фрикційної взаємодії контактуючих поверхонь показує, що при важкому режимі навантаження, який має місце при вписування рухомого складу в криві, відбуваються пластичні деформації матеріалу в області контакту [5-7].

Першопричиною зносу є силові дії на контактуючі тіла, які визначаються динамічною взаємодією колеса та рейки. Тому важливим аспектом зниження інтенсивності зносу колеса і рейки є зниження динамічної навантаженості взаємодіючих поверхонь. При русі вантажних потягів по колії, параметри якої розраховані на пропуск швидкісних пасажирських поїздів, неминуче змінюється характер вписування візків вантажних вагонів в криві ділянки колії зі збільшенням кутів набігання на зовнішню рейку. Це призводить до збільшення бокового зносу рейок та коліс. В цьому напрямку умовою зниження зносу є зменшення поперечних горизонтальних сил взаємодії колеса й рейки та зменшення кутів набігання колісних

пар на рейок в кривій, тобто зменшення величин, що визначають значення фактора зносу.

До того ж, підвищення швидкості руху залізничних екіпажів дозволить посилити інтеграційні процеси між країнами, але призводить до необхідності удосконалення контролю, кількісної оцінки динамічної навантаженості рухомого складу для забезпечення безпечного та надійного сполучення на залізницях. Визначення допустимих швидкостей руху й вантажопідйомності, витрати на утримання рухомого складу і колійного господарства та збільшення міжремонтних пробігів вагонів суттєво залежать від конструкції вантажного рухомого складу залізниць [8-12].

Проведення попередньої оцінки динамічних якостей вагона можна здійснити за допомогою математичного моделювання. Моделювання дозволяє визначити динамічні показники вагонів при їх русі по прямолінійним та криволінійним ділянкам залізничної колії з реальними нерівностями в вертикальній й горизонтальній площинах (рис. 1), з урахуванням реальної поверхні кочення колеса і профілю головки рейки [13-17].

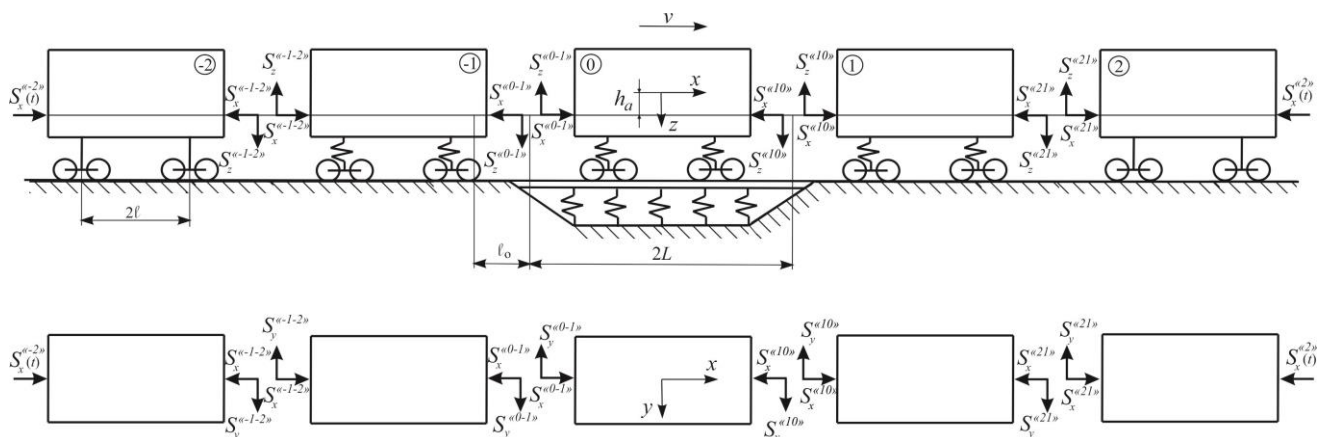


Рис. 1. Сили, які виникають від дії поздовжніх сил в автозчепленнях вагонів

Доповнення математичних моделей просторових коливань інерційними характеристиками елементів вагонів та вантажів за допомогою «Програмного комплексу для визначення моментів інерції кузовів вагонів» наближує результати розрахунків до реального стану об'єктів і тим самим підвищує об'єктивність математичного та комп'ютерного моделювання [17-22].

Крім того, безпека руху поїздів та збереження вантажів залежать від способу розміщення й кріплення вантажів. Математична модель дозволяє розглянути коливання вагона при несиметричному розміщенні вантажу у вагоні й різних жорсткостях ресорного підвішування. Для стійкості та безпеки транспортування центр ваги повинен бути на перетині центральних поздовжніх і поперечних ліній. Якщо потрібно перевезти нестандартний вантаж, то можливе незначне зміщення центру ваги. Іноді, у процесі перевезення вантажів виникає необхідність в несиметричному розташуванні їх у вагоні. Зсув вантажу відносно центру ваги вагона можливий й під час транспортування. Часто потрібно оцінити вплив такої

несиметричності на динамічні якості вагона та встановити допустимі величини зсуву вантажів [23-25].

Загальний центр ваги вантажів (ЦВ_B^3) повинен розміщуватися, як правило, на лінії перетину повздовжньої та поперечної площин симетрії вагона. У випадках, коли дана вимога нездійсненна з об'єктивних причин (геометричні параметри вантажу, умови розміщення та кріплення), допускається зміщення ЦВ_B^3 відносно повздовжньої та поперечної площин симетрії вагона (рис. 2) [23, 24].

Допустима величина зміщення ЦВ_B^3 у повздовжньому напрямку ℓ_{3M} (відносно поперечної площини симетрії) при завантаженні вантажу й при перевірках на шляху прямуювання визначається відповідно до [23, 24] в залежності від загальної маси вантажу у вагоні.

Допустима величина зміщення ЦВ_B^3 у поперечному напрямку b_{3M} (відносно повздовжньої площини симетрії) при завантаженні вантажу та при перевірках на шляху прямуювання визначається відповідно до [23, 24] в залежності від загальної маси вантажу у вагоні й висоти загального центру ваги вагона з вантажем ($H_{\text{ЦВ}}^3$) над рівнем верху головок рейок.

Допускається одночасне зміщення ЦВ_B^3 відносно повздовжньої та поперечної площин симетрії вагона (рис. 2) в межах значень, зазначених у [23, 24].

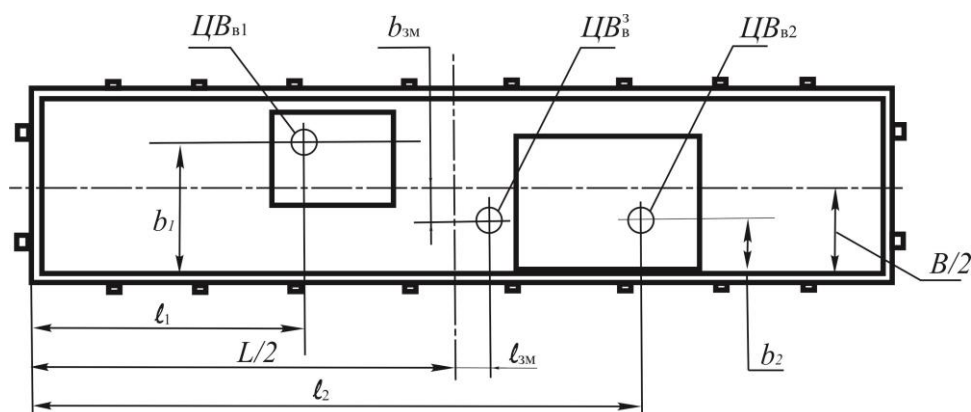


Рис. 2. Розрахункова схема визначення повздовжнього та поперечного зміщень загального центру ваги вантажів у вагоні

Допускається перевезення двох вантажів (або груп вантажів) однакової маси з кососиметричним розміщенням їх у вагоні (рис. 3) при дотриманні таких умов:

- висота загального центру ваги вагона з вантажем ($H_{\text{ЦВ}}^3$) над РГР не перевищує 2300 мм;
- відстані між центрами ваги вантажів ЦВ_{B1} та ЦВ_{B2} у повздовжньому та поперечному напрямках не перевищують допустимих значень, які визначаються згідно табл. 3 в залежності від загальної маси вантажів;
- ЦВ_B^3 знаходиться на перетині повздовжньої й поперечної площин симетрії вагона.

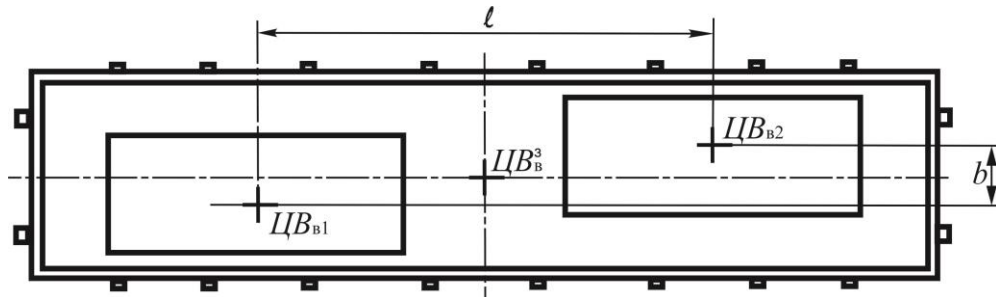


Рис. 3. Кососиметричне розміщення вантажу у вагоні

$ЦВ_{В1}$, $ЦВ_{В2}$ – центри ваги вантажів; $ЦВ_{В^3}$ – загальний центр ваги вантажу в вагоні

Дослідження проводилося методом математичного моделювання з використанням моделі просторових коливань зчепу п'яти вагонів (рис. 1) та програмного комплексу розробленого в ГНДЛ ДМРС ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Теоретичні дослідження проводилися при русі піввагона моделі 12-532 з типовими візками 18-100 зі швидкостями в діапазоні від 50 до 90 км/год в кривих радіусами 350 й 600 м, з підвищеннями зовнішньої рейки 130 та 120 мм відповідно [13, 24, 25].

Для оцінки зносу коліс та рейок фактор зносу визначений як характеристика, що дорівнює добутку спрямовуючої сили на кут набігання колеса на рейку. Направляюча сила Y_N обчислюється як сума рамної сили та сил тертя на обох колесах колісної пари, тобто [1-4, 26]:

$$Y_N = H_p + 2f_t \cdot P_{ст}, \quad (1)$$

де f_t – коефіцієнт тертя, прийнятий рівним 0,25; $P_{ст}$ – статичний тиск колеса на рейку, кН; H_p – рамна сила, кН.

Фактор зносу дорівнює:

$$\Phi = Y_N \cdot \psi_{кп}, \quad (2)$$

де $\psi_{кп}$ – кут набігання колеса на рейку, рад.

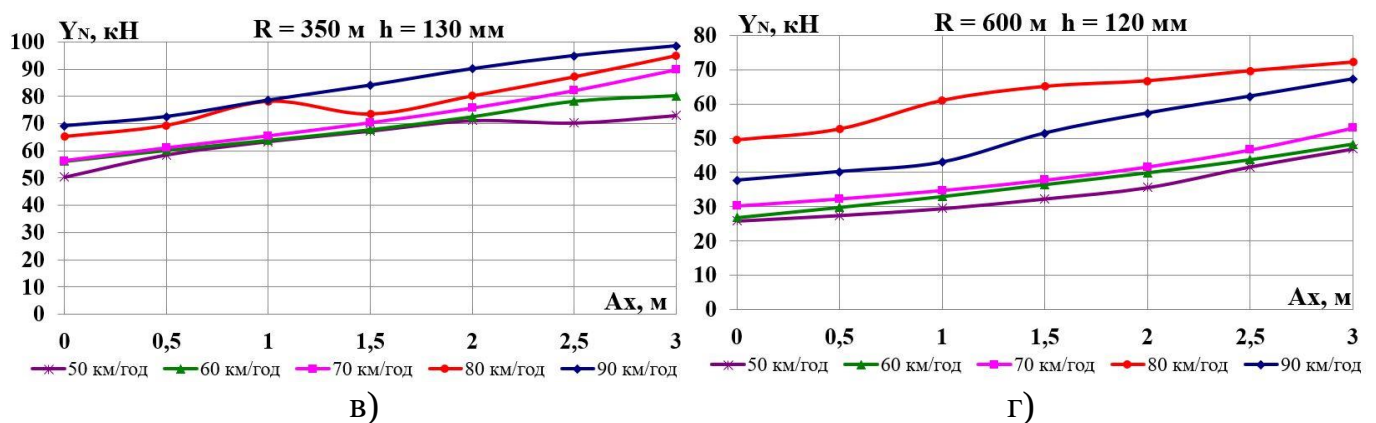
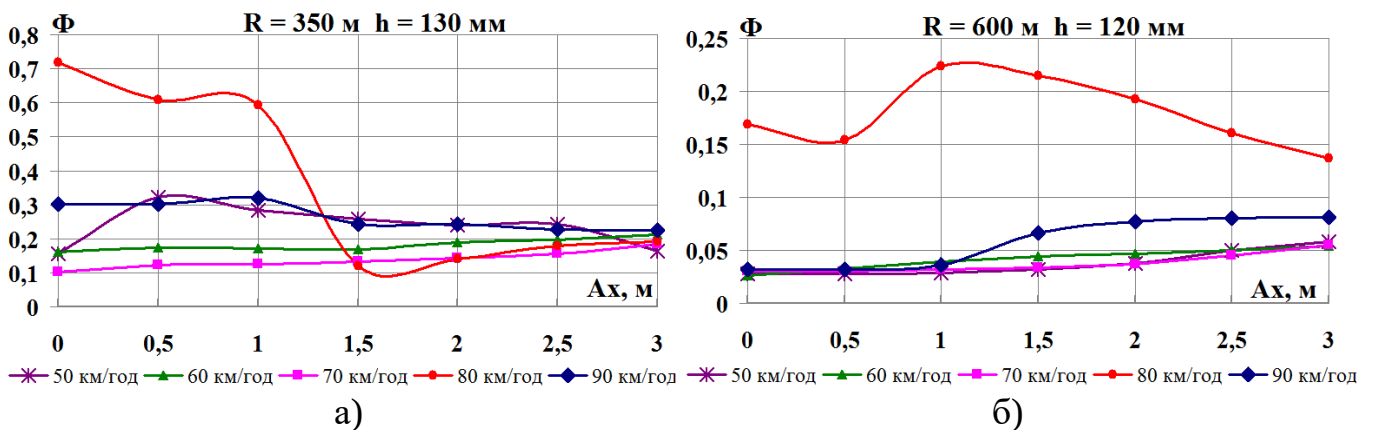
Від так, для детального аналізу фізичних явищ, що відбуваються при ковзанні гребеня колеса по бічній грані рейки потрібно досліджувати відповідні залежності направляючої сили та куту набігання колісної пари.

У даному дослідженні розглядався вплив зсуву центру ваги вантажу у кузові піввагона у повздовжньому та поперечному напрямках, а також в обох напрямках одночасно. Графіки зміни динамічних показників при русі в кривих ділянках колії $R = 600$ м й 350 м приводяться на рис. 4-6. Зсув у повздовжньому напрямку (рис. 4) розглядався в межах до $A_x = 3$ м, яке допускається по нормам для вантажів малої ваги [13, 24, 25].

Як видно з рис. 4 (а, б) в цілому із збільшенням повздовжнього зміщення центру ваги вантажу фактор зносу збільшується, але не значно, в усьому діапазоні швидкостей за винятком швидкості 80 км/год в обох кривих. Рівень фактору зносу у кривих малого радіусу в середньому у 2 рази більший за відповідні значення у кривих середнього радіусу. Це може бути пояснено більшими рівнями направляючих сил Y_N (рис. 4 в, г) та кутів виляння $\psi_{кп}$ (рис. 4 д, е) у кривих $R = 350$

м. При швидкості 80-90 км/год показники $\psi_{\text{кп}}$ при збільшенні повздовжнього зсуву від 0 до 3 м значно відрізняються від діапазону швидкостей 50-70 км/год.

Характер зміни кутів виляння $\psi_{\text{кп}}$ піввагонів на візках моделі 18-100 може бути пов'язаним з втратою стійкості руху, коли динамічні поперечні коливання виляння частин вагона перестають затухати, набуваючи стійкого характеру (автоколивання). Колісні пари після втрати стійкості руху безперервно коливаються в межах колійного зазору, при цьому амплітуда автоколивань може змінюватися в межах рейкового зазору, але згасання коливань не спостерігається. Бокові рами візка піддаються автоколиванням виляння, оскільки динамічні переміщення колісних пар порушуються переважно в протифазі. Кузов вагона в свою чергу починає виляти через протифазні динамічні переміщення візків [27].



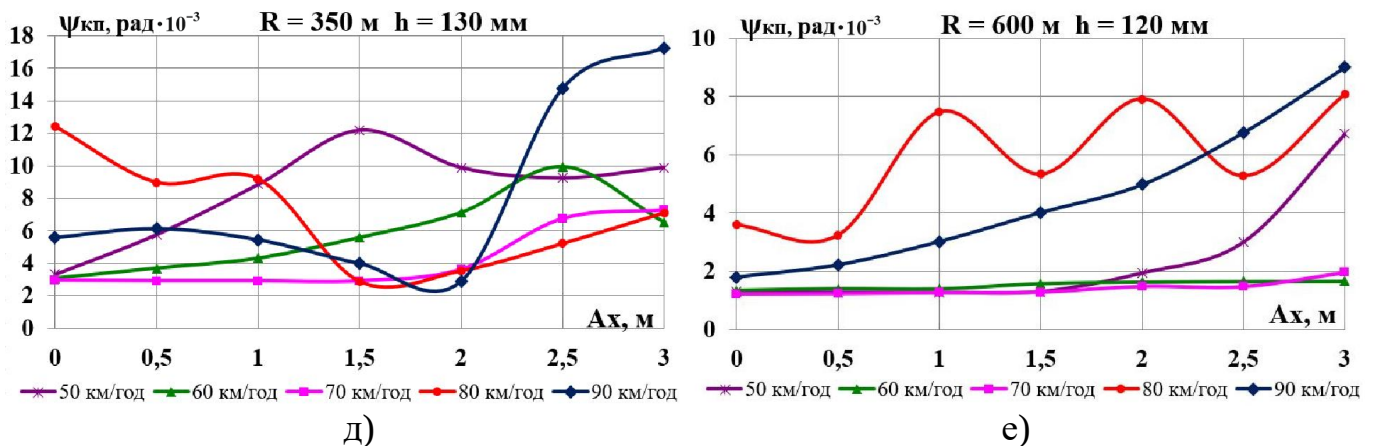


Рис. 4. Графіки залежності від зсуву вантажу в повздовжньому напрямку під час руху по відповідній кривій: а, б) фактору зносу; в, г) направляючої сили, що діє з боку колії на колесо; д, е) впливу колісної пари

Як відомо, безпечна швидкість руху поїздів, у складі яких є вагони на серійних візках мод. 18-100, визначається не конструктивною швидкістю V_k , а критичною – $V_{кр}$, яка є непостійною. Критична швидкість $V_{кр}$ змінюється в залежності від наступних факторів: - жорсткості пружного зв'язку між боковинами та колісними парами; - маси вагона – критична швидкість порожніх вагонів нижче, ніж у завантажених; - центру ваги вагона – з підвищенням центру ваги критична швидкість знижується.

Крім того, критична швидкість $V_{кр}$ постійно змінюється в процесі експлуатації в залежності від зносу ходових частин, в першу чергу ободів коліс, та плану колії – при проходженні криволінійних ділянок критична швидкість вище порівняно зі значенням на прямих. При швидкості, що перевищує критичну, вагон втрачає стійкість руху. Внаслідок цього виникають автоколювання бокового відносу колісних пар, впливання візків та кузова. Відбувається збільшення горизонтальних поперечних прискорень й рамних сил, що погіршує запас стійкості від сходу з рейок.

Отже, обмеження швидкості руху у кривих малого та середнього радіусу, позначене нормами, має дотримуватися, воно обумовлене різким зниженням коефіцієнта запасу стійкості від сходу коліс з рейок та підвищенням фактору зносу бокової грані бандажа колеса [24, 28].

Поперечне зміщення вантажу розглядалося в межах від $A_y = 0$ до 0,2 м (рис. 5). Для вантажів вагою 63 т, при якій проводились розрахунки, допускається повздовжнє зміщення $A_y = 0,15$ м, на шляху прямуювання це значення може становити 0,2 м [23, 24].

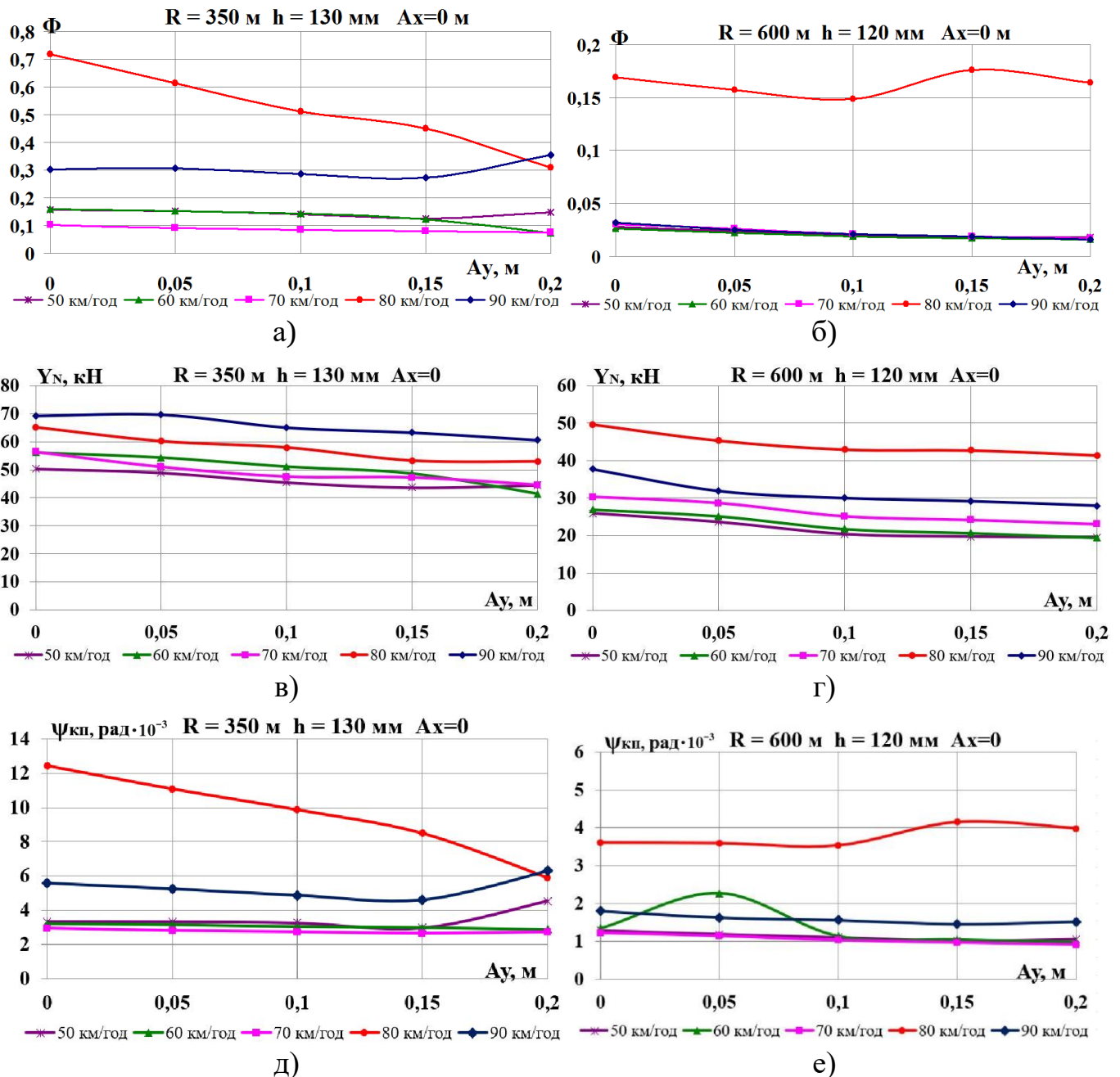


Рис. 5. Графіки залежності від зсуву вантажу в поперечному напрямку під час руху по відповідній кривій: а, б) фактору зносу; в, г) направляючої сили, що діє з боку колії на колесо; д, е) впливання колісної пари

На рис. 5 показано вплив на досліджуванні показники поперечного зміщення центру ваги вантажу A_y у кривих $R = 350$ м та $R = 600$ м відповідно. Із збільшенням A_y фактор зносу (рис. 5 а, б) у кривій $R = 350$ м зростає при перевищенні значення $A_y = 0,15$ м, а кривій $R = 600$ м навпаки навіть знижується. З усього діапазону швидкостей знову вирізняється швидкість 80 км/год. У кривих $R = 600$ м вона викликає значне зростання направляючої сили (рис. 5 в, г), а у кривих $R = 350$ м значне впливання колісних пар (рис. 5 д, е). Крім того, обмеження поперечного зсуву, позначене нормами, має дотримуватися тому, що воно обумовлене різким зниженням коефіцієнта запасу стійкості від сходу коліс з рейок [24].

Спільне зміщення центру ваги уздовж осей X , Y розглянуто в межах A_x та A_y від 0 до 0,15 м (рис. 6) [23, 24].

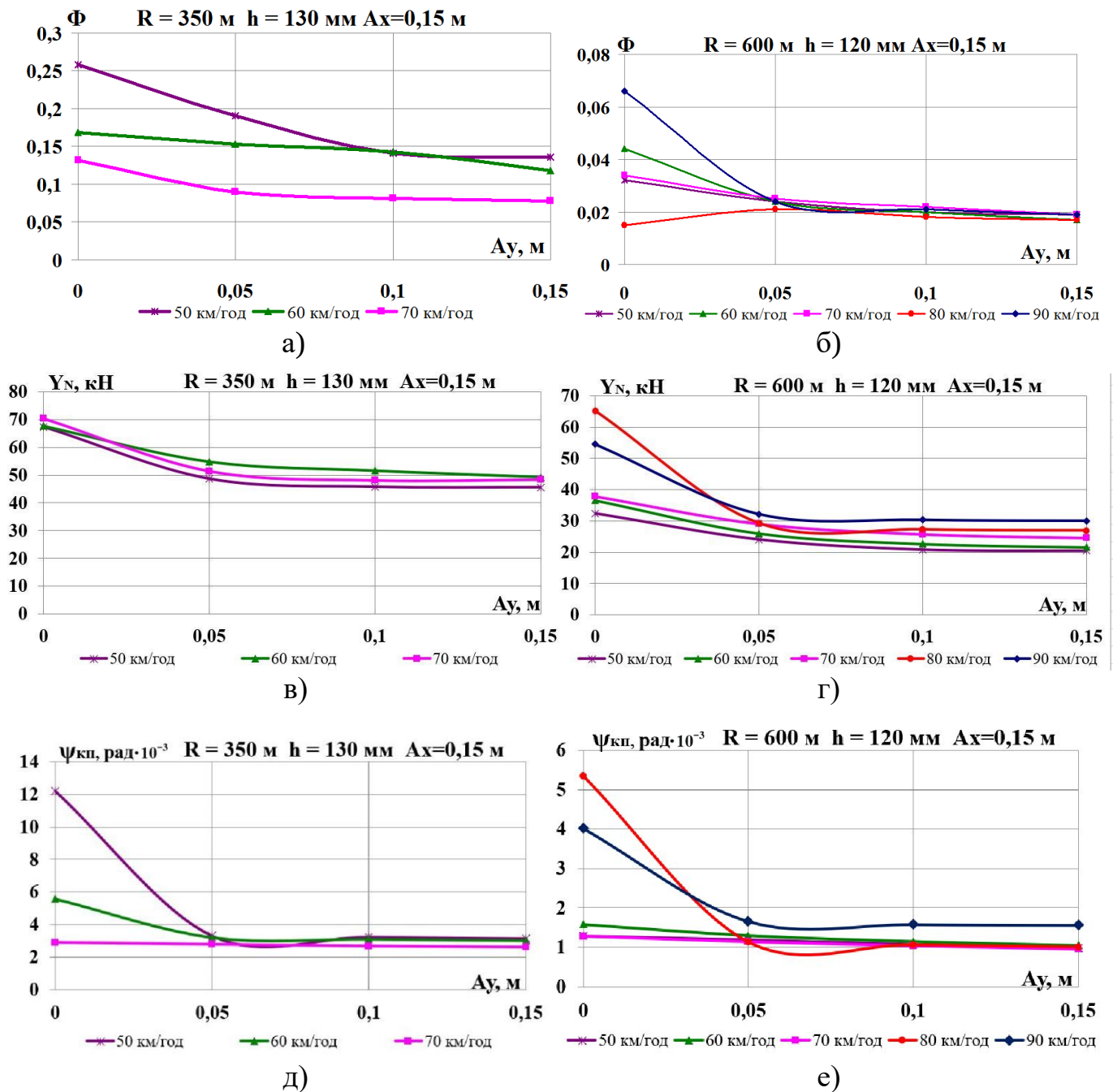


Рис. 6. Графіки залежності від одночасного зсуву вантажу в поперечному та поздовжньому напрямках під час руху у відповідній кривій: а, б) фактору зносу; в, г) направляючої сили, що діє з боку колії на колесо; д, е) впливу колісної пари

На рис. 6 побудовані графіки залежності досліджуваних показників від величини зміщення центру ваги вантажу в поперечному напрямку A_y при величині поздовжнього зміщення центру мас вантажу $A_x = 0,15 \text{ м}$. Як видно з порівняння графіків, наведених на рис. 5 при $A_x = 0$ й рис. 6 при $A_x = 0,15 \text{ м}$ відмінності у показниках після $A_y = 0,05 \text{ м}$ невеликі, тобто наявність спільно поперечного та



поздовжнього зсувів центру ваги вантажу практично не позначається на досліджуваних показниках. Як продемонстрували попередні дослідження, коефіцієнти запасу стійкості $K_{\text{ст}}$ дещо більше залежать від спільного поздовжнього й поперечного зміщення центру ваги вантажу. Таке зміщення призводить до значного зниження коефіцієнта $K_{\text{ст}}$. Тому, обмеження спільного поздовжнього й поперечного зсуву, позначене нормами, також має дотримуватися. Крім того, розрахунки показали неможливість збільшення швидкості руху у кривих малого радіусу у зв'язку з великою ймовірністю сходу рухомого складу з рейок [23, 24, 29].

Раніше було зазначено, що вплив поперечного зміщення центру ваги вантажу більш істотно позначається на динамічних показниках ніж поздовжній зсув. Але на підставі отриманих залежностей (рис. 4, а, б) можливо зробити висновок, що поздовжній зсув значно позначається на фактор зносу, а від так на направляючі сили та виляння колісних пар, ніж поперечне зміщення центру ваги вантажу (рис. 5, 6).

Висновки: В ході виконання теоретичних досліджень з урахуванням процесів коливання вантажного вагону та вантажу при повздовжньому та поперечному зміщеннях центру ваги вантажу у піввагоні отримано залежності фактору зносу з урахуванням швидкості руху. На підставі проведеного теоретичного дослідження можна зробити наступні висновки:

- поздовжні зміщення вантажу викликають збільшення направляючих сил та кутів виляння колісних пар і не повинні перевищувати значень, визначених нормами;
- обмеження поперечного зсуву повинне дотримуватися, бо воно спричинене різким зниженням коефіцієнта запасу стійкості від сходу коліс з рейок.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Влияние поперечного зазора, в рельсовой колее на износ гребней колесных пар грузовых вагонов в кривых: «Колесо-рейка» / Е. П. Блохин, В. Д. Данович, М. Л. Коротенко // *Залізничний транспорт України*. – 1997. – № 2/3. – С. 9–12.
2. Разработка рекомендаций по снижению износа колес и рельсов за счет снижения сил динамического взаимодействия железнодорожных экипажей и пути с учетом стационарных и нестационарных режимов движения. В 3 т. Т. 2. Исследования влияния на износ различных факторов при стационарном режиме движения грузового вагона : отчет по НИР (заключ.) : 91.134.95.97/379.95.97 ЦТех / Днепропетр. нац. ун-т ж. д. трансп. им. акад. В. Лазаряна ; рук. Блохин Е. П., Пишнько А. Н. ; исполн.: Данович В. Д. [та ін.]. – Дніпропетровськ, 1998. – 176 с. – № ДР 0196U023134. – Инв. № 416(II).
3. Разработка рекомендаций по снижению износа колес и рельсов за счет снижения сил динамического взаимодействия железнодорожных экипажей и пути с учетом стационарных и нестационарных режимов движения. В 3 т. Т. 3. Исследования влияния различных факторов на износ колес вагонов и рельсов при стационарных режимах движения поезда : отчет по НИР (заключ.) : 91.134.95.97/379.95.97 ЦТех / Днепропетр. нац. ун-т ж. д. трансп. им. акад. В. Лазаряна ; рук. Блохин Е. П., Пишнько А. Н. ; исполн.: Данович В. Д. [та ін.]. – Дніпропетровськ, 1998. – 190 с. – № ДР 0196U023134. – Инв. № 416(III).



4. Малышева, А. А. Влияние разности диаметров колес на их износ / А. А. Малышева // *Транспорт : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 1999. – Вип. 2. – С. 139–143.*
5. Effect of the state of car running gears and railway track on wheel and rail wear / E. P. Blokhin, O. M. Pshinko, V. D. Danovich, M. L. Korotenko // *Railway Bogies and Running Gears : Proceedings of the 4th International Conference, 1998 / Technical University of Budapest, – Budapest : SSME-TUB, 1998. – С. 313–323.*
6. Мямлін, С. В. Технічний стан ковзунів як один із факторів впливу на динаміку вантажних вагонів / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець // *Збірник наукових праць ДНІЗТ. – № 35. – 2013. – С. 65–72.*
7. Мямлін, С. В. Визначення впливу показників тертя в системі «кузов–візок» на динаміку вантажного вагона / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець // *Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – № 2(50). – 2014. – С. 152–163. doi: 10.15802/stp2014/23792.*
8. Fomin, O. Determination of up-to-date directions of development of domestic system of testing and certification of railways rolling stock / O. Fomin, N. Murashova, A. Shvets // *Metallurgical and Mining Industry. – 2016. – vol. 10. – pp. 30–34.*
9. Моніторинг сучасного рівня розвитку безпеки руху вітчизняної інфраструктури / О. В. Фомін, Н. Г. Мурашова, А. О. Швець, Н. О. Щупик, А. Х. Полежаєва // *Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2017. – № 5(45). – С. 6–22.*
10. Некоторые аспекты определения устойчивости порожних вагонов от выжимания их продольными силами в грузовых поездах / А. А. Швец, К. И. Железнов, А. С. Акулов [и др.] // *Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – № 4 (58). – С. 175–189. doi: 10.15802/stp2015/49281.*
11. Determination of the issue concerning the lift resistance factor of lightweight car / A. A. Shvets, K. I. Zheliezov, A. S. Akulov [и др.] // *Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – № 6 (60). – С. 134–148. doi: 10.15802/stp2015/57098.*
12. Определение допустимых сил при оценке устойчивости грузовых вагонов от выжимания в поездах / А. А. Швец, К. И. Железнов, А. С. Акулов [и др.] // *Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – 2016. – № 1 (61). – С. 180–192. doi: 10.15802/stp2016/61045.*
13. Данович, В. Д. Математическая модель пространственных колебаний сцепа пяти вагонов, движущихся по прямолинейному участку пути / В. Д. Данович, А. А. Малышева // *Транспорт. Нагруженность и прочность подвижного состава : Сб. науч. тр. – Днепропетровск : «Наука и образование», 1998. – С. 62–69.*
14. Недужа, Л. О. Теоретичні та експериментальні дослідження міцнісних якостей хребтової балки вантажного вагона / Л. О. Недужа, А. О. Швець // *Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 1 (73). – 2018. – С. 131–147. doi 10.15802/stp2018/123457.*
15. Недужа, Л. О. Використання сучасного пакета програм при розв'язанні інженерних задач на залізничному транспорті / Л. О. Недужа, А. О. Швець // *Локомотив-інформ. – 2016. – №5/6. – С. 42–44.*
16. Мямлін, С. В. Дослідження динаміки та міцності вантажних вагонів: навч. посіб. / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець. – Дніпро : «Свідлер А.Л.». – 2018. – 257 с.
17. Динамические показатели некоторых типов вагонов / В. А. Литвин, С. В. Мямлин, А. А. Малышева, Л. А. Недужая // *Механика транспорта: вес поезда, скорость,*



- безопасность движения / Межвуз. сб. науч. тр. – Днепропетровск : ДИИТ, 1994. – С. 95–104.
18. Швець, А. О. Аналіз засобів проектування та методів удосконалення конструкцій вантажного рухомого складу / А. О. Швець // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2018. – № 2(48). – С. 61–73.
19. Мямлин, С. В. Формирование исходных данных при моделировании динамических параметров грузовых вагонов / С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Швец // Подъемно-транспортная техника. – № 4. – 2009. – С. 152–160.
20. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 42224 (Україна). Комп'ютерна програма «Програмний комплекс для визначення моментів інерції кузовів вагонів» / Мямлін С. В., Недужа Л. О., Тен О. О., Швець А. О. (Україна) ; заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – заявл. 13.02.2012.
21. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 42263 (Україна). Алгоритм розрахунку до комп'ютерної програми «Програмний комплекс для визначення моментів інерції кузовів вагонів» / Мямлін С. В., Недужа Л. О., Швець А. О. (Україна) ; заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – заявл. 15.02.2012.
22. Швець, А. О. Особливості визначення моментів інерції кузовів вантажних вагонів / А. О. Швець // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2018. – № 5 (51). – С. 20–34.
23. Збірник № 17 Правил перевезення і тарифів залізничного транспорту України. – Київ : САМ, 2005. – 176 с.
24. Швець, А. О. Вплив поздовжнього та поперечного зміщення центру ваги вантажу в піввагонах на їх динамічні показники / А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – № 5. – С. 115–128. doi: 10.15802/stp2018/146432.
25. Малышева, А. А. Влияние загрузки кузова и смещения центра масс на износ колес и рельсов / А. А. Малышева // Проблемы взаимодействия пути и подвижного состава : Тезисы докладов Международная научно–практическая конференция, посвященная 40-летию отраслевой научно-исследовательской путепытательной лаборатории, 01-02 ноября 1998 г. / Мин-во инфраструктуры Украины, Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск : ДНУЖТ, 1998. – С. 52–54.
26. Швець, А. О. Вплив режиму гальмування на знос коліс та стійкість вантажного рухомого складу / А. О. Швець, О. М. Болотов, Л. С. Сапарова // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2018. – № 4 (50). – С. 68–82.
27. Лазарян, В. А. Устойчивость движения рельсовых экипажей / В. А. Лазарян, Л. А. Длугач, М. Л. Коротенко. – Киев : Наукова думка, 1972. – 197 с.
28. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії / А. Орловський, О. Патласов, В. Циганенко, Л. Воробейчик, В. Климов, М. Курган: ЦП/0056: Затв. Наказом Укрзалізниці від 27.04.99 № 124-Ц. – Дніпропетровськ: Арт-Прес, 1999. – 44 с.
29. ДСТУ ГОСТ 33211:2017. Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей (ГОСТ 33211-2014, IDT). – Введ. 2017–07–01. – Київ : УкрНДНЦ, 2017. – 58 с.



Wear wheels and rails at the uneven loading of gondola cars

Shvets A.O., Bolotov O.M., Saparova L.S., Shvets A.O., Dneprovsky National University of Railway Transport named after acad. V.A. Lazaryan

The article presents the results of theoretical studies, the purpose of which was to analyze the influence of the longitudinal and lateral displacement of the center of gravity of the cargo of gondola cars, taking into account the possible increase in speed of movement on the indicator of the wear factor of wheel surfaces and rails. The dependences of the wheel wear factor, the guiding force and the wagging of the wheelset of freight rolling stock are described. The influence of the speed of movement on these indicators.

Keywords: displacement the center of gravity of the load, wear of the crests of wheels, gondola cars, wear factor.

REFERENCES:

1. Blokhin, E. P., Danovich, V. D., & Korotenko M. L. (1997). Vliyanie poperechnogo zazora, v rel'sovoj kolee na iznos grebnej kolesnyh par Грузовых вагонов в кривых: «Koleso-rejka». Railway transport of Ukraine. 2/3, 9–12. (in Russian)
2. Blokhin, E. P., Pshinko, O. M., & Danovich, V. D. (1998). Razrabotka rekomendacij po snizheniyu iznosa koles i rel'sov za schet snizheniya sil dinamicheskogo vzaimodejstviya zheleznodorozhnyh ehkipazhej i puti s uchetom stacionarnyh i nestacionarnyh rezhimov dvizheniya. Issledovaniya vliyaniya na iznos razlichnykh faktorov pri statsionarnom rezhime dvizheniya Грузового вагона (№ ГР 0196U023134). Dnipropetrovsk: Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. (in Russian)
3. Blokhin, E. P., Pshinko, O. M., & Danovich, V. D. (1998). Razrabotka rekomendacij po snizheniyu iznosa koles i rel'sov za schet snizheniya sil dinamicheskogo vzaimodejstviya zheleznodorozhnyh ehkipazhej i puti s uchetom stacionarnyh i nestacionarnyh rezhimov dvizheniya. Issledovaniya vliyaniya razlichnykh faktorov na iznos koles vagonov i rel'sov pri statsionarnykh rezhimakh dvizheniya poezda (№ ГР 0196U023134). Dnipropetrovsk: Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. (in Russian)
4. Malysheva, A. A. (1999). Vliyanie raznosti diametrov koles na ikh iznos [Influence of difference of diameters of the wheels on their wear]. Transport. Stress loading and durability of a rolling stock: collect. of sc. papers, DGTURT, Dnipropetrovsk: «Science and education», 2, 139–143. (in Russian)
5. Blokhin, E. P., Pshinko, O. M., Danovich, V. D., & Korotenko M. L. (1998). Effect of the state of car running gears and railway track on wheel and rail wear. Railway Bogies and Running Gears: Proceedings of the 4th International Conference, Budapest, 313–323.
6. Myamlin, S. V., Neduzha, L. A., & Shvets, A. A. (2013). Tekhnichniy stan kovzuniv yak odyin iz faktoriv vplyvu na dynamiku vantazhnykh vahoniv. Collection of scientific works DonIRT, 35, 65–72. (in Ukrainian)
7. Myamlin, S. V., Neduzha, L. A., & Shvets, A. A. (2014). Vyznachennja vplyvu pokaznykiv tertja v systemi «kuzov-vizok» na dynamiku vantazhnogho vaghona [Determining the impact of friction parameters in the «body-bogie» on the dynamics of freight cars]. Nauka ta prohres transportu—Science and Transport Progress, 2 (50), 152–163. doi: 10.15802/stp2014/23792. (in Ukrainian)



8. Fomin, O. V., Murashova, N. G., & Shvets, A. O. (2016). Determination of up-to-date directions of development of domestic system of testing and certification of railways rolling stock. *Metallurgical and Mining Industry*, 10, 30–34.
9. Fomin, O. V., Murashova, N. G., Shvets, A. O., Shchupik, N. O., & Polezhaeva, A. H. (2017). Monitoryng suchasnogo rivnja rozvytku bezpeky ruhu vitchyznjanoi' infrastruktury. *Bulletin of Certification of Railway Transport*, 5(45), 6–22. (in Ukrainian)
10. Shvets, A. A., Zhelieznov, K. I., Akulov, A. S., Zabolotnyi, A. N., & Chabaniuk, Ye. V. (2015). Some Aspects of the Definition of Empty Cars Stability from Squeezing their Longitudinal Forces in the Freight Train. *Nauka ta prohres transportu—Science and Transport Progress*, 4 (58), 175–189. doi: 10.15802/stp2015/49281. (in Russian)
11. Shvets, A. A., Zhelieznov, K. I., Akulov, A. S., Zabolotnyi, A. N., & Chabaniuk, Ye. V. (2015). Determination of the issue concerning the lift resistance factor of lightweight car. *Nauka ta prohres transportu—Science and Transport Progress*, 6 (60), 134–148. doi: 10.15802/stp2015/57098.
12. Shvets A. A., Zhelieznov K. I., Akulov A. S., Zabolotnyi A. N., & Chabaniuk, Ye. V. (2016). Determination the Permissible Forces in Assessing the Lift Resistant Factor of Freight Cars in Trains. *Nauka ta prohres transportu—Science and Transport Progress*, 1 (61), 180–192. doi: 10.15802/stp2016/61045. (in Russian)
13. Danovich, V. D., & Malysheva, A. A. (1998). Mathematical Model of Spatial Oscillations of the Coupling of Five Cars Moving Along a Rectilinear Section of the Track. *Transport. Stress loading and durability of a rolling stock* (pp. 62-69). Dnepropetrovsk. (in Russian)
14. Neduzha, L. O., & Shvets, A. O. (2018). Theoretical and experimental research of strength properties of spine beam of freight cars. *Science and Transport Progress*, 1(73), 131-147. doi: 10.15802/stp2018/123457. (in Ukrainian)
15. Neduzha, L. O., & Shvets, A. O. (2016). Vykorystannja suchasnogho paketa proghram pry rozv'jazanni inzhenernykh zadach na zaliznychnomu transporti. *Lokomotyv-Inform*, 5-6, 42-44. (in Ukrainian)
16. Myamlin, S. V., Neduzha, L. O., & Shvets, A. O. (2018). Research of Dynamics and Strength of Freight Cars. *Dnipro : «Svidler A.L.»*. (in Ukrainian)
17. Litvin, V., Myamlin, S., Malysheva, A., & Neduzhaja, L. (1994). Dinamicheskie pokazateli nekotorykh tipov vagonov [Dynamic parameters of some cars types]. *Mechanics of transport: train weight, speed, safety of movement. Interuniversity collect. of sc. papers. Dnepropetrovsk, DIIT*, 95-104. (in Russian)
18. Shvets, A. O. (2018). Analysis of Design Tools and Methods to Improve Designs of Freight Rolling Stock. *Bulletin of Certification of Railway Transport*, 2(48), 61–73. (in Ukrainian)
19. Myamlin, S., Neduzha, L., & Shvets A. (2009). Formirovanie iskhodnykh dannykh pri modelirowanii dinamicheskikh parametrov gruzovykh vagonov [Preparation of initial data for modeling the dynamic parameters of freight cars]. *Transport handling machinery. Issue 4*, 152-160. (in Russian)
20. Myamlin, S. V., Neduzha, L. O., Ten, O. O., & Shvets, A. O. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir No. 42224 Ukraina. *Kompiuterna prohrama «Programnyj kompleks dlja vyznachennja momentiv inercii' kuzoviv vagoniv» [Computer program «The Programmatic complex for determination of moments of inertia of car bodies»]*. Certificate UA, no. 42224, 2012. (in Ukrainian)
21. Myamlin, S. V., Neduzha, L. O., & Shvets, A. O. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir No. 42263 Ukraina. *Algorytm rozrahunku do komp'juternoi' programy «Programnyj kompleks dlja vyznachennja momentiv inercii' kuzoviv vagoniv» [Product research and*



- practical «Algorithm to calculate of computer programs «The Programmatic complex for determination of moments of inertia of car bodies»»]. Certificate UA, no. 42263, 2012. (in Ukrainian)
22. Shvets, A. O. (2018). Osoblyvosti vyznachennia momentiv inertsii kuzoviv vantazhnykh vahoniv. *Bulletin of Certification of Railway Transport*, 5(51), 20–34. (in Ukrainian)
23. Zbirnyk № 17 Pravyl perevezennia i taryfiv zaliznychnoho transportu Ukrainy. (2005). Kyiv: SAM. (in Ukrainian)
24. Shvets, A. O. (2018). Influence of the Longitudinal and Transverse Displacement of the Cargo Gravity Center in Gondola Cars on their Dynamic Indicators. *Science and Transport Progress*, 5 (77), 115–128. doi: 10.15802/stp2018/146432. (in Ukrainian)
25. Malysheva, A. A. (1998). Vliyanie zagruzki kuzova i smeshcheniya centra mass na iznos koles i rel'sov. *Integratsiya Ukrainy v mezhdunarodnuyu transportnuyu sistemu: Tezisy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 01-02 noyabrya 1998, Dnepropetrovsk*, 52-54. (in Russian)
26. Shvets, A. O. (2018). Influence of Modes of Braking on the Wheel Wear and Stability of Freight Rolling Stock. *Bulletin of Certification of Railway Transport*, 4 (50), 68–82. (in Ukrainian).
27. Lazaryan, V. A., Dlugach, L. A., & Korotenko, M. L. (1972). *Ustoychivost dvizheniya relsovykh ekipazhey*. Kiev : Scientific thought. (in Russian)
28. *Pravyla vyznachennya pidvyshchennya zovnishnoyi reiky i vstanovlennya dopustymykh shvydkostey v kryvykh dilyankakh koliyi. TsP 0056 [Detection Rules superelevation and establishing permissible speeds in curved sections of track. 0056 CPU]. Dnipropetrovsk, 1999. 44 p.* (in Ukrainian)
29. *Vahony vantazhni. Vymohy do mitsnosti ta dynamichnykh yakostei, 58 DSTU 33211:2017 (2017).* (in Ukrainian)