

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОВЖИНИ ПРЯМОЇ ВСТАВКИ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ВАГОНІВ СУМІЖНИМИ ПЕРЕВОДАМИ, УКЛАДЕНИМИ ЗА ПЕРШОЮ СХЕМОЮ

Наведено результати експериментального дослідження впливу довжини прямої вставки між суміжними стрілочними переводами, укладеними за першою схемою, на безпеку руху вагонів (за критерієм стійкості колеса від сходу з рейок).

Ключові слова: стрілочний перевід, пряма вставка, вагон, безпека руху

Відсутність або недостатня довжина прямої вставки d між суміжними стрілочними переводами є порушенням «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України» [1], яке повинне усуватися під час їх ремонту або модернізації. Але через брак коштів та досліджень впливу довжини прямої вставки на безпеку руху поїздів і витрати з утримання таких переводів навіть під час модернізації це робиться дуже рідко. У результаті тривалий час розташування значної кількості переводів на залізницях України вимогам [1] не відповідає.

Об'єктом цього дослідження є пряма вставка між стрілочними переводами типу Р65 на залізобетонних брусах. Зважаючи на відмінну просторову стабільність таких переводів та практичну неможливість провалювання колісних пар всередину колії безпека руху поїздів по них гарантується за умови виконання двох основних вимог:

– показники взаємодії переводу та рухомого складу (напруження в металевих частинах, горизонтальні сили, що діють на рейки, горизонтальні переміщення брусів) не повинні перевищувати допустимих значень, наведених у [2];

– можливість викочування гребеня колеса рухомого складу на рейку(гостряк) стрілочного переводу має бути виключена.

У результаті виконаних раніше досліджень [3] виявлено, що зменшення довжини прямої вставки між суміжними переводами типу Р65 марки 1/11, укладеними за першою схемою, під час руху поїздів по бокових напрямках обох переводів призводить до збільшення горизонтального та, ймовірно, вертикального навантаження на криволінійний гостряк у межах бокового стругання. Але для переводів, конструкція яких передбачає повну кількість упорів у межах рамних рейок, допустимі величини показників взаємодії переводу та рухомого складу не перевищуються. Тому швидкості руху поїздів такими суміжними переводами, укладеними за

першою схемою, можна встановлювати як для одиночних, незалежно від довжини прямої вставки між ними.

У цій статті наведено результати наступного етапу досліджень безпеки руху поїздів по бокових напрямках обох суміжних переводів, розташованих за першою схемою: визначення впливу довжини прямої вставки на можливість викочування гребеня колеса вагонів на рейку.

Методика проведення дослідження та обробки даних

Оцінка безпеки руху екіпажа за критерієм можливості викочування гребеня колеса на рейку в цій роботі здійснюється за допомогою величини, що називається «коефіцієнт запасу стійкості проти сходу під час викочування гребеня колеса на рейку» [4] (далі – коефіцієнт запасу стійкості). Для будь-якого моменту часу він розраховується за наведеною в [4] формулою, до якої входять коефіцієнти вертикальної динаміки в першому ступені підвішування обох коліс колісної пари, рамна сила, що на неї діє, та деякі постійні величини. Можливість викочування колеса на рейку виключена, якщо мінімальне значення коефіцієнта запасу стійкості перевищує нормативну величину.

Дослідження проводилося на тих самих переводах, що й дослідження [3], – переводі № 29 і № 43 ст. Запоріжжя-Вантажне Придніпровської залізниці (фрагмент схеми станції із зображеними на ній дослідними переводами наведено на рис. 1).

Вплив довжини прямої вставки на безпеку руху вагонів суміжними переводами визначався шляхом порівняння результатів, одержаних за крайніх значень довжини прямої вставки ($d = 0$ і $d = \infty$), з допустимими величинами. Цикл $d = 0$ – дослідний поїзд рухається по бокових напрямках обох суміжних переводів, цикл $d = \infty$ – тільки по боковому напрямку дослідного

переводу. Аналогічно [3] дані, одержані за циклом $d = \infty$, виконують функцію контролю: дають змогу оцінити стан дослідних переводів та вагонів з позиції їх придатності для досліджень, а два експерименти проведено для підвищення надійності їх результатів (спочатку дослідний поїзд рухався з переводу № 43 на перевід № 29, а потім, після розвороту, навпаки).

Дослідні переводи розташовані на головній колії, тип Р65, марка 1/11, проект 1740, бруси залізобетонні, пряма вставка між ними відсутня. По прямому напрямку переводів для пасажирських поїздів встановлена максимальна швидкість 100 км/год, для вантажних – 80 км/год; по боковому – 40 км/год для обох категорій поїздів. Переважна більшість поїздів рухається по прямому напрямку дослідних переводів, по боковому – здебільшого виконується тільки маневрова робота. На початок випробувань по дослідних переводах було пропущено близько 240 млн т вантажу бруто, але завдяки регулярній заміні та якісному утриманню металевих частин їх вертикальний та горизонтальний знос не перевищував 1...2 мм. Баластний шар та залізобетонні бруси, стан стрілочних переводів і прилеглих колій за рівнем та положенням у плані загалом відповідали вимогам [1] (детальні обміри дослідних переводів, виконані після закінчення випробувань за технологією, аналогічною наведеній у [5], підтвердили цей висновок).

Як дослідні вагони були вибрані чотиривісний піввагон на візках моделі 18-100 в завантаженому (маса вагона 88,5 т, щебінь) та порожньому (20,7 т) станах та пасажирський вагон на візках КВ3-ЦНИИ (вагон-лабораторія ГНДЛ «Вагони»). Крім вагонів до дослідного поїзда входили також два електровози серії ВЛ11 (один у голові поїзда, другий – у хвості) для організації руху дослідного поїзда «човником». Візки завантаженого піввагона пройшли модернізацію: ковзуни звичайної конструкції були

замінені на пружні (за рахунок постійного контакту надресорної балки з кузовом вагона ця модернізація зумовлює деяке збільшення моменту опору повороту візка відносно кузова та сприяє зростанню рамної сили, що, за інших рівних умов, на коефіцієнт запасу стійкості впливає негативно). Під час випробування технічний стан вагонів контролювався працівниками служби вагонного господарства та ГНДЛ «Вагони» – відступів від норм утримання зареєстровано не було.

Вертикальні та рамні сили, необхідні для розрахунку коефіцієнта запасу стійкості проти сходу, визначалися для перших за напрямком руху дослідних вагонів осей обох візків. Крім того, реєструвалися деякі інші процеси, потрібні для прив'язки одержаних даних до переводів (прискорення букс колісних пар пасажирського вагона) та повнішого опису динаміки та кінематики руху вагонів суміжними переводами (рис. 2).

Датчики, за допомогою яких проводилися вимірювання, встановлювалися на рухомому складі відповідно до вимог [4] та з'єднувалися комутаційними мережами з апаратурою вагона-лабораторії. Далі вони тарувалися відповідно до стандартних методик ГНДЛ «Вагони», яка проводила випробування. Під час досліджень застосовувалися прямокутні тензорезистори КФ5П1 з базою 20 мм виробництва ВФ «Веда» (ТВ 3.06 України 7710-0001-93), тензопідсилювачі типу ТУМ-12, вимірювально-реєстраційна станція на базі ПЕОМ з частотою опитування датчиків 300 Гц, швидкостемір, датчики вимірювання лінійних переміщень типу ЛХ-704, акселерометри типу АТ 1105-5. Вимірювальна апаратура була атестована та перевірена.

Польова частина досліджень проводилася з 12 до 15 травня 2008 року. Поїздки дослідного поїзда здійснювалися із швидкостями 5, 15, 25 і 40 км/год у режимі вибігу (по 3 поїздки з кожною швидкістю).

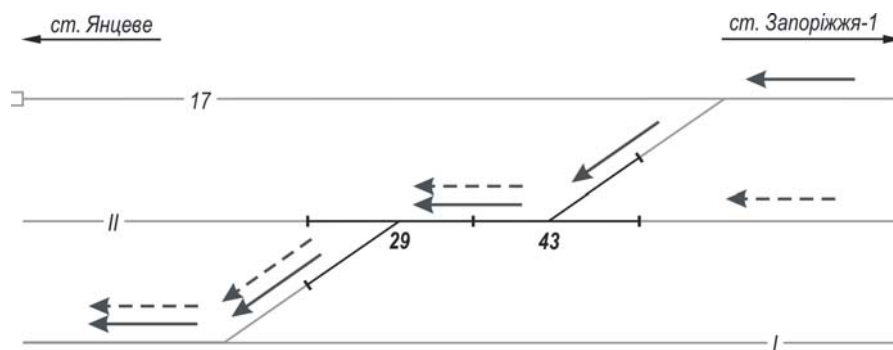
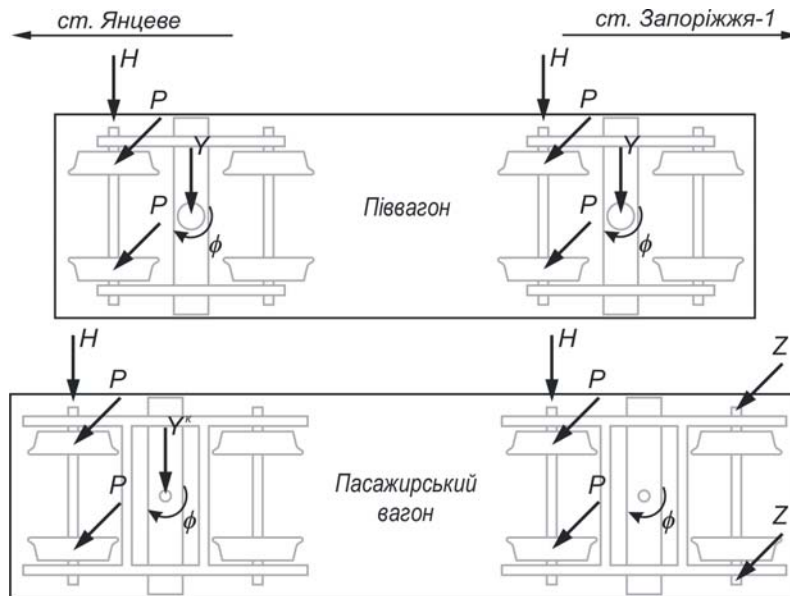


Рис. 1. Фрагмент схеми станції Зaporіжжя-Вантажне (суцільними стрілками зображено маршрут руху поїзда під час випробувань переводу № 29 за циклом $d = 0$, пунктирною – $d = \infty$)



Умовні позначення:

- P – коефіцієнт вертикальної динаміки в першому ступені підвішування;
- H – рамна сила;
- Y – горизонтальне прискорення підп'ятника піввагона;
- Y^* – горизонтальне прискорення кузова пасажирського вагона над шворневою балкою на рівні підлоги;
- ϕ – кут повороту візків відносно кузова;
- Z – вертикальне прискорення букс

Рис. 2. Процеси, що вимірювалися під час досліджень

Перед розрахунком коефіцієнта запасу стійкості процеси, що вимірювались (крім прискорень букс), були профільтовані з метою вилучення високочастотних складових (відповідно до вимог [4] діапазон частот процесів перед обробкою та аналізом має бути в інтервалі 0...20 Гц). Для цього використовувалося програмне забезпечення ГНДЛ «Вагони», розроблене на основі дискретних прямого та зворотного перетворень Фур'є. Значення постійних величин, що застосовувалися під час розрахунку коефіцієнта запасу стійкості, наведені нижче:

1. Кут нахилу твірної гребеня колеса до горизонтальної осі (для коліс за [6]) 60°
2. Коефіцієнт тертя поверхні коліс по рейках 0,25
3. Вертикальне статичне навантаження на шийку осі колісної пари, кН:
 - завантажений піввагон 208,46
 - порожній піввагон 36,05
 - пасажирський вагон 105,16
4. Вага непрацюючих частин, що припадає на колісну пару, кН:
 - для піввагонів 14,4
 - для пасажирського вагона 15,6
5. Відстань між серединами шийок осі колісної пари, м 2,036
6. Відстань від точок контакту коліс з рейками до середини шийки осі колісної пари, м:
 - для колеса, що набігає 0,264

- для колеса, що не набігає 0,219
- 7. Відстань між точками контакту колісної пари з рейками, м 1,58
- 8. Радіус кола кочення (для коліс за [6]), м 0,475.

Для кожного дослідного перевалу, вагона, циклу й швидкості руху було одержано по три реалізації коефіцієнта запасу стійкості (тільки в одному випадку через технічні причини вийшла одна реалізація та в кількох – дві). За початок та кінець реалізації прийнято відповідно передній стик рамної рейки дослідного перевалу та найближчий до нього кінець відхилення контррейки – на нашу думку, схід вагона через викочування колеса на рейку на ділянці дії контррейки та вусовика хрестовини практично неможливий. Довжина реалізації складала 28,8 м.

Лише у 5 % випадків реалізації відрізнялися одна від іншої, причому три чверті незбігів припадало на порожній вантажний вагон і чверть – на пасажирський. Найімовірніше, що причинами такого хорошого збігу реалізацій є плавний рух дослідного поїзда перевалами та ефективна робота гасителів коливань візків вагонів, а велику частку незбігів, які припадають на порожній вагон, можна пояснити надмірною для порожнього режиму жорсткістю ресорного підвішування візків моделі 18-100.

Зважаючи на невелику кількість значень у одній реалізації (800...6200), за мінімальне значення коефіцієнта запасу стійкості приймався мінімум цієї функції, а не мінімальне ймовірне значення, як звичайно. Хороший збіг реалізацій між собою дозволив збільшити точність визначення коефіцієнта запасу стійкості за рахунок його розрахунку як середнього з кількох одержаних величин (різниця між крайніми значеннями коефіцієнта найчастіше складала 0,3...0,5, у деяких випадках досягала 0,9). У разі значної різниці між реалізаціями до уваги брався найбільш несприятливий випадок.

Відповідно до кількості значень в одній реалізації за граничне значення коефіцієнта запасу стійкості проти сходу прийнято для пасажирського вагона 1,7, для вантажного – 1,5 [4].

Результати дослідження

Залежності коефіцієнта запасу стійкості проти сходу під час викочування на рейку(гостряк) дослідного перевodu від швидкості для колеса, що набігає, наведені на рис. 3 і 4. Тут чорним кольором показано дані, одержані за циклом $d = 0$, сірим – $d = \infty$, кружечками позначені величини, отримані для дослідного перевodu № 43, трикутниками – № 29, горизонтальна лінія вказує допустиму величину. На рис. 5–7 зображені оригінальні реалізації коефіцієнта запасу стійкості по довжині перевodu, одержані для різних вагонів під час руху із швидкістю 40 км/год (відібрані найбільш несприятливі випадки відповідно до даних рис. 3 і 4: завантажений піввагон – перевід № 43, порожній піввагон та пасажирський вагон – перевід № 29). Значення сірого та чорного кольорів тут таке саме, як і на рис. 3 і 4.

Аналіз цих даних дозволяє зробити такі висновки:

– безпека руху дослідних вагонів за умови прямування по кожному з дослідних переводів як по одиночному (цикл досліджень $d = \infty$) гарантується, що підтверджує справний стан дослідних переводів і вагонів та їх придатність для проведення досліджень;

– коефіцієнт запасу стійкості, зареєстрований за циклу $d = 0$, більший за допустиму величину в усіх досліджених випадках. Це дозволяє з упевненістю стверджувати, що конструкції перевodu типу Р65 марки 1/11 проекту 1740, піввагонів на візках 18-100 та пасажирського вагона на візках КВЗ-ЦНИИ гарантують неможливість викочування колеса на рейку під час прямування по бокових напрямках суміжних переводів, укладених за першою схемою. Та-

ким чином, довжина прямої вставки між стрілочними переводами зазначеного проекту на безпеку руху вагонів наведеної вище конструкції за цим критерієм не впливає;

– для завантаженого піввагона та пасажирського вагона наявна тенденція щодо зменшення коефіцієнта запасу із збільшенням швидкості руху незалежно від циклу досліджень. Для порожнього вагона підстави для такого твердження відсутні – не виключено, що в цьому випадку швидкість впливає на коефіцієнт запасу стійкості меншою мірою.

Звертає на себе увагу залежність коефіцієнта запасу стійкості від швидкості, що спостерігалася для другого візка завантаженого піввагона під час руху дослідним переводом № 43 за циклу $d = \infty$ – коефіцієнти суттєво менші, ніж у решті випадків, хоча граничної величини все ж не досягають (див. рис. 4, а). Аналіз первинних даних показує, що в цьому випадку за всіх швидкостей руху вагона мінімум коефіцієнта реєструвався на відстані 2...3 метри від переднього стику рамної рейки. Це зумовлено значними величинами рамних сил і коефіцієнта вертикальної динаміки (КВД) на колесі, що набігає (КВД на колесі, що не набігає, на величину коефіцієнта впливає дуже мало). Найімовірніше, що причиною появи значних рамних сил та розвантаження колеса, що набігає, стало осідання величиною 14 мм у передньому стику рамної рейки разом із зім'яттям кінців рейок до 2 мм та невеликим кутом у плані. За відсутності цих відступів коефіцієнти були б суттєво більшими.

Зображені на рис. 5–7 залежності пояснюють, чому коефіцієнти запасу, одержані для різних циклів досліджень (див. рис. 3 і 4), відрізняються між собою більшою або меншою мірою: якщо екстремуми обох функцій припадають на ділянку збігу, тоді різниця невелика, в іншому випадку – значна.

Найкраще залежності коефіцієнта запасу стійкості від довжини перевodu збігаються для пасажирського вагона, трохи гірше – для завантаженого і зовсім погано – для порожнього піввагона, хоча іноді (найчастіше для другого візка) траплялися випадки дуже непоганого збігу. Рахуючи від переднього стику рамної рейки, довжина ділянки незбігу для пасажирського вагона досягає 3 м, а для завантаженого – 12 м. Також слід зазначити, що одержані за різних швидкостей руху дослідного поїзда залежності коефіцієнта запасу стійкості по довжині перевodu дуже подібні між собою (незалежно від циклу дослідження).

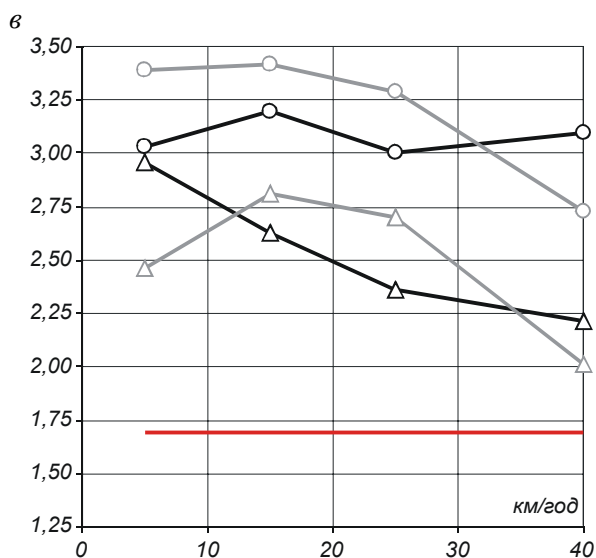
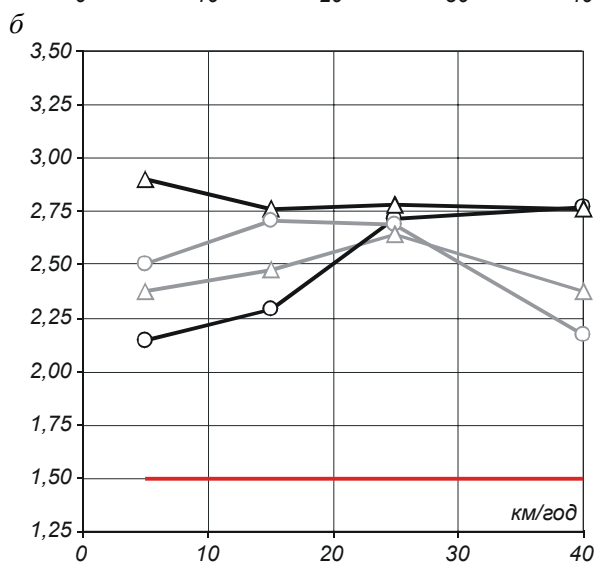
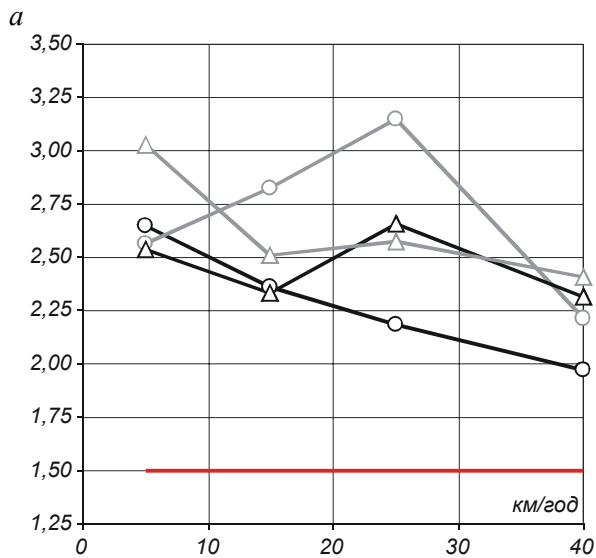


Рис. 3. Залежність коефіцієнта запасу стійкості від швидкості для різних типів вагонів (перший візок):
a – завантажений піввагон, *б* – порожній піввагон,
в – пасажирський вагон

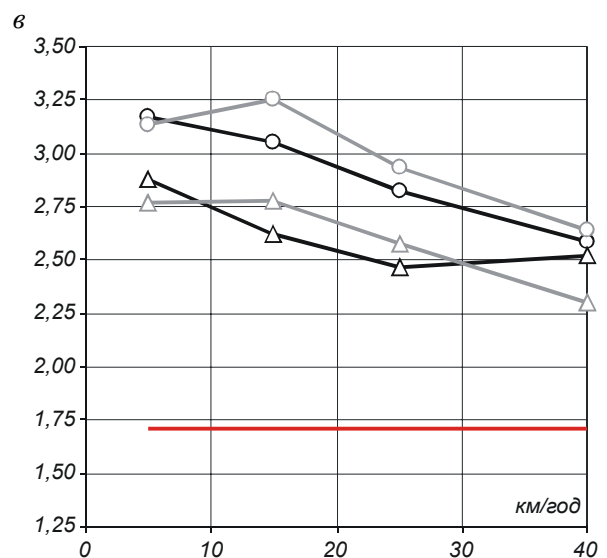
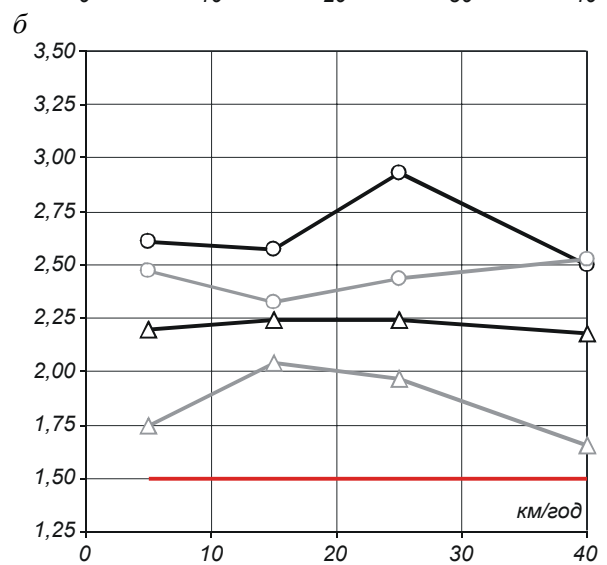
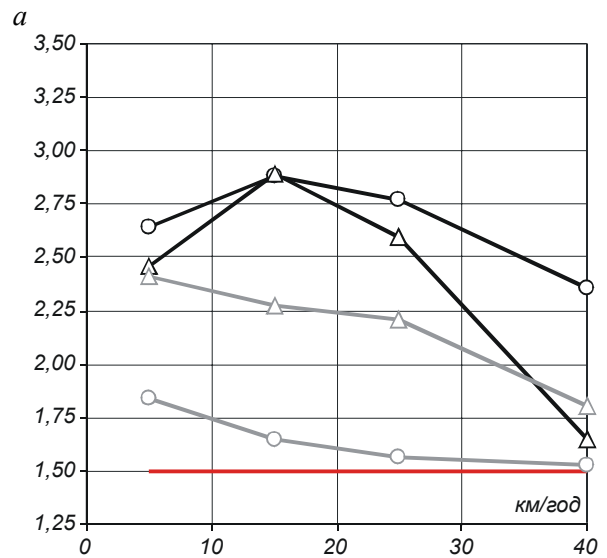


Рис. 4. Залежність коефіцієнта запасу стійкості від швидкості для різних типів вагонів (другий візок):
a – завантажений піввагон, *б* – порожній піввагон,
в – пасажирський вагон

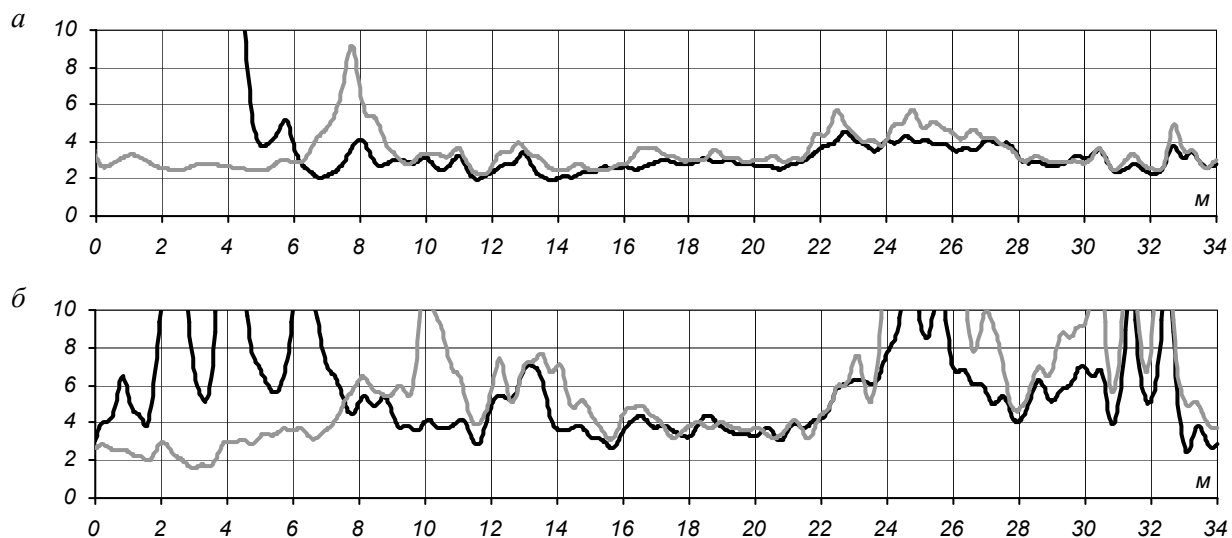


Рис. 5. Коефіцієнти запасу стійкості завантаженого піввагона: *a* – перший візок, *б* – другий візок

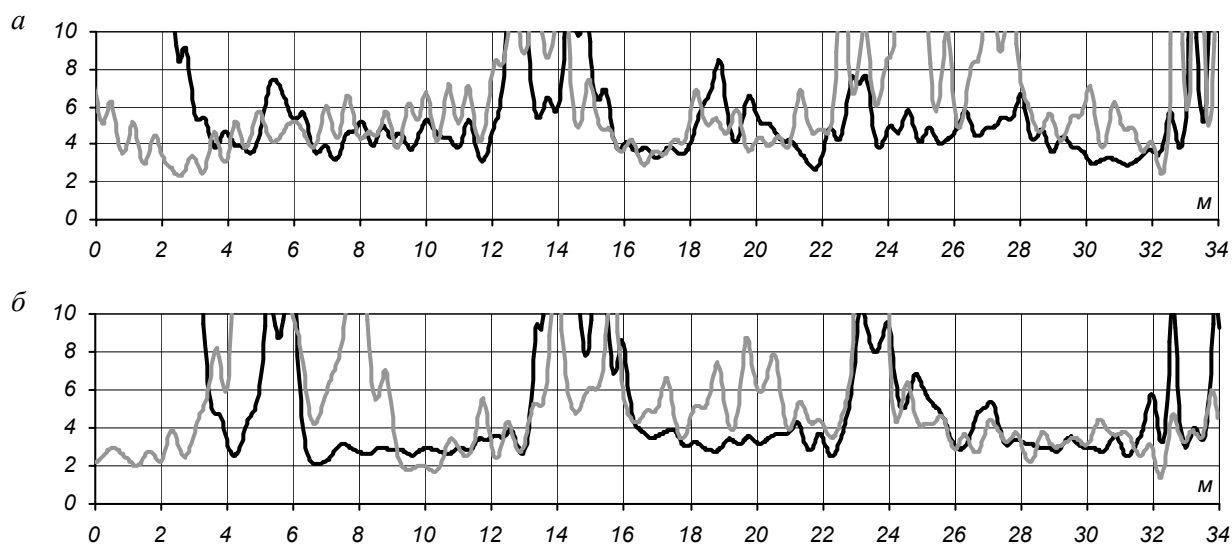


Рис. 6. Коефіцієнти запасу стійкості порожнього піввагона: *a* – перший візок, *б* – другий візок

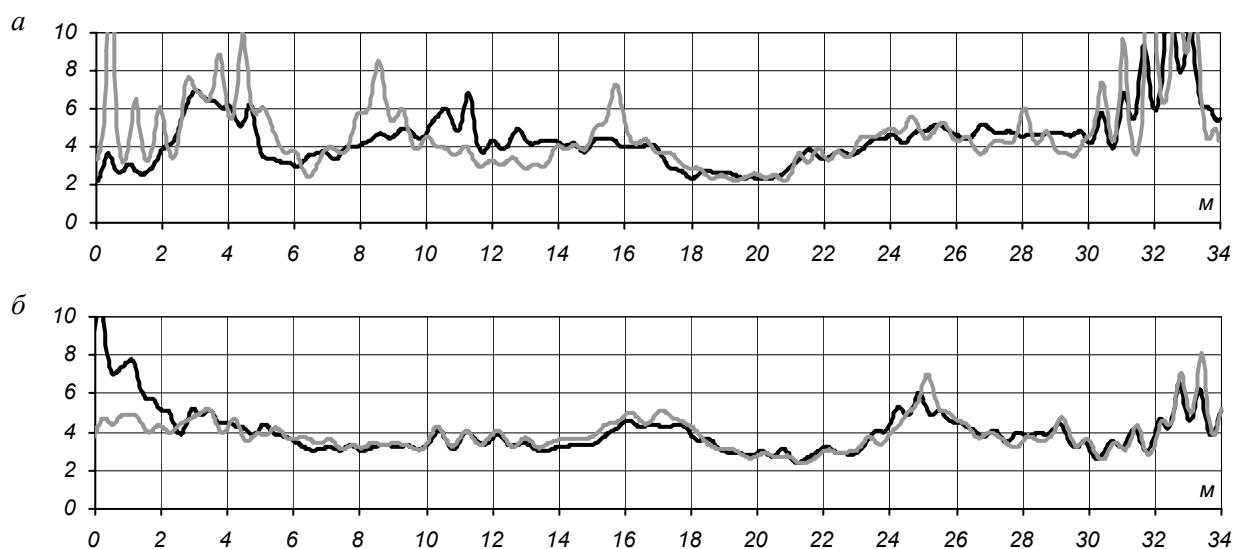


Рис. 7. Коефіцієнти запасу стійкості пасажирського вагона: *a* – перший візок, *б* – другий візок

Висновки

1. Результати виконаних досліджень дозволяють з упевненістю стверджувати, що конструкції переводу типу Р65 марки 1/11 проекту 1740, піввагонів на візках 18-100 та пасажирського вагона на візках КВЗ-ЦНИИ гарантують неможливість викочування колеса на рейку під час прямування по бокових напрямках суміжних переводів, укладених за першою схемою. Таким чином, довжина прямої вставки між стрілочними переводами зазначеного проекту на безпеку руху вагонів наведеної вище конструкції за цим критерієм не впливає.

2. Для завантаженого піввагона на візках моделі 18-100 та пасажирського вагона на візках моделі КВЗ-ЦНИИ під час руху по боковому напрямку стрілочного переводу проекту 1740 із збільшенням швидкості спостерігається зменшення коефіцієнта запасу стійкості проти сходу.

Можливо, що для порожнього піввагона на візках моделі 18-100 швидкість впливає на коефіцієнт запасу стійкості меншою мірою.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0138 [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 22.12.05. № 427-Ц. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2006. – 336 с.

2. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 04.03.10. № 028-ЦЗ. – К., 2010. – 15 с.
3. Мойсеєнко, К. В. Вплив довжини прямої вставки на допустимі швидкості руху поїздів суміжними стрілочними переводами, укладеними за першою схемою [Текст] / К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 38. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2011. – С. 117–126.
4. РД 24.050.37–90 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества [Текст]. – М.: ВНИИВ, 1990. – 49 с.
5. Курган, М. Б. Положення суміжних стрілочних переводів у плані й поздовжньому профілі [Текст] / М. Б. Курган, Т. А. Сенченко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 75–82.
6. ГОСТ 9036–88 Колеса цельнокатаные. Конструкция и размеры [Текст]. – Введен 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 15 с.

Надійшла до редколегії 22.06.2011.

Прийнята до друку 29.06.2011.

К. В. МОЙСЕЕНКО, А. В. ШАТУНОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ ПРЯМОЙ ВСТАВКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ ПО СМЕЖНЫМ ПЕРЕВОДАМ, УЛОЖЕННЫМ ПО ПЕРВОЙ СХЕМЕ

Приведены результаты экспериментального исследования влияния длины прямой вставки между смежными стрелочными переводами, уложенными по первой схеме, на безопасность движения вагонов (по критерию устойчивости колеса от схода с рельсов).

Ключевые слова: стрелочный перевод, прямая вставка, вагон, безопасность движения

K. V. MOYSEYENKO, O. V. SHATUNOV

EXPERIMENTAL RESEARCH OF INFLUENCE OF LENGTH OF DIRECT INSERT ON SAFETY OF RUN OF CARS ON ADJACENT SWITCHES LAID ACCORDING TO THE FIRST SCHEME

The results of experimental research of influence of length of a direct insert between adjacent switches, laid according to the first scheme, on the traffic safety of cars (by criterion of the wheel stability against derailment).

Keywords: switch, direct insert, car, traffic safety