

УДК 629.463.65.027.2

МЯМЛІН С.В., д.т.н., професор, проректор з наукової роботи (ДІТ)

НЕДУЖА Л.О., к.т.н., доцент (ДІТ)

ШВЕЦЬ А.О., науковий співробітник (ДІТ)

## Технічний стан ковзунів як один із факторів впливу на динаміку вантажних вагонів

### Вступ

Залізничний транспорт України відіграє важливу роль у соціально-економічному житті нашої держави та не дивлячись на деякий спад здійснює великий обсяг перевізної роботи (його питома вага в загальному вантажообігу складає біля 85 % – українські залізниці займають четверте місце в Євразії та шосте місце в світі за обсягами перевозимих вантажів, а в пасажирообігу – 45 %); при цьому на залізничному транспорті працює 2 % всього працездатного населення держави.

Це підтверджує, що транспортна галузь повинна рухатися в напрямку інноваційних змін, підвищувати своє значення як важливої транзитної підсистеми на шляху оновлення не тільки інфраструктури, а й стратегії всіх складових перевізного процесу, в тому числі і при роботі у взаємозв'язку з іншими видами транспорту.

На сучасному етапі саме життя ставить перед залізничною галуззю стратегічні задачі, основні серед яких:

- розвиток швидкісного руху поїздів;
- розробка нового рухомого складу і модернізація експлуатуємого парку;
- збільшення маси вантажних поїздів (за рахунок використання вагонів із збільшеними навантаженнями на вісь та впровадженням довгоскладних поїздів);
- реконструкція залізничної інфраструктури;
- удосконалення технології залізничних перевезень та підвищення їх якості, в тому числі організація ко-

нтейнерних і контейнерних перевезень;

- підвищення рівня безпеки руху;
- покращення техніко-економічних показників роботи залізниць завдяки переходу на інноваційний шлях створення рухомого складу.

Очевидно, що ці та інші задачі можливо реалізувати тільки на основі саме інноваційних технічних рішень, технологій, наукових досліджень, конструкторських розробок, на які орієнтована залізнична галузь України у перспективі.

### Основний матеріал

Як відомо, установлення допустимих швидкостей руху вагонів по прямим та кривим ділянкам колії є складною інженерною задачею, яка вимагає диференційного підходу і враховує технічний стан верхньої будови колії (ВБК) та ходових частин рухомого складу [2].

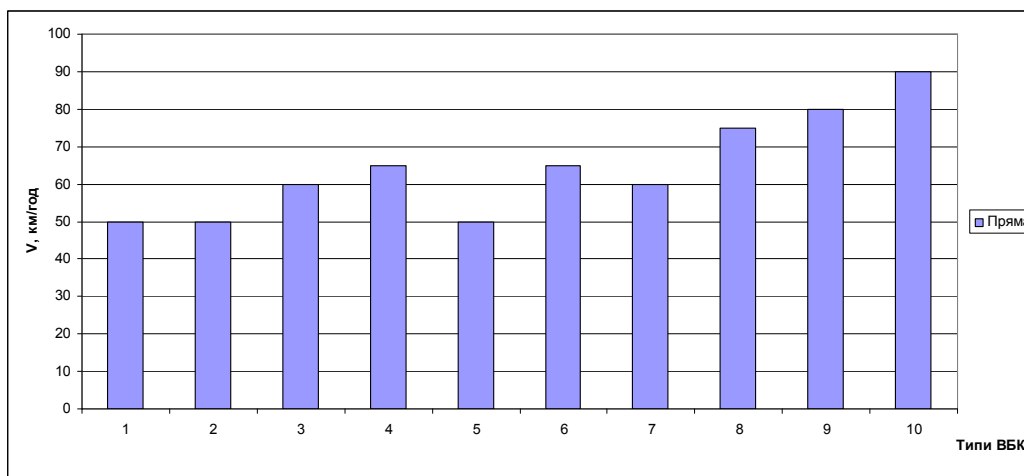
Теоретичні дослідження проводилися при русі вантажного вагона в порожньому і завантаженому стані з візками ЦНИИ-ХЗ (модель 18-100) в прямих та кривих ділянках колії різних радіусів з установленими швидкостями руху.

Дослідження проводилися методом математичного моделювання динамічної навантаженості вантажного вагону з використанням програмного комплексу «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL») [5, 7].

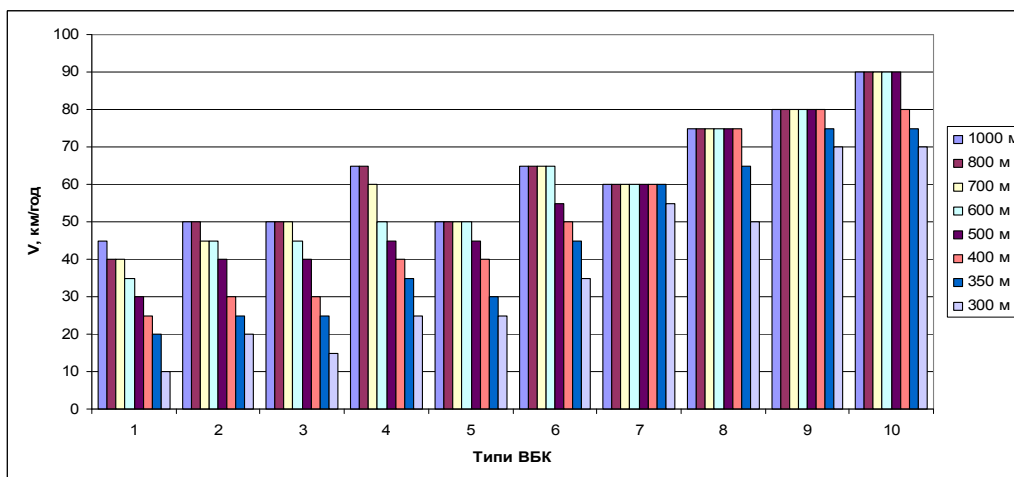
Результати установлення допустимих швидкостей (на підставі проведених раніше досліджень) наведені у вигляді гістограм для прямих (рис. 1, а) та кривих ді-

лянок колії (рис. 1, б – нумерація типів ВБК згідно з табл. 1), які демонструють розподіл значень швидкості руху в залежності від конструкції верхньої будови ко-

лії (для прямих ділянок) або від радіусу кривої та типу верхньої будови колії (для кривих ділянок).



а)



б)

Рис. 1. Значення швидкості руху в залежності від верхньої будови колії для прямих (а) та кривих (б) ділянок

Згідно цих даних найбільш міцними з усіх обраних типів ВБК є рейки марки Р65(6) 1840, 2000Щ, Гр, П, і важче, які дозволяють рухатись зі швидкістю 90 км/год згідно ПТЕ як в кривих, так і в прямих ділянках колії. Використання рейок цієї марки дозволяє рух у кривих малого радіусу зі швидкістю 70 км/год, що значно вище у порівнянні з іншими марками (табл. 1).

Допустимі швидкості руху визначались за результатами порівняння динамічних

показників з їх допустимими значеннями. Діючі зараз рекомендує та допустимі величини динамічних показників для вагонів згідно Норм [4] наведені в табл. 2.

Найбільші горизонтальні поперечні зусилля сприймаються колесами від рейок на криволінійних ділянках колії [1]. Ці зусилля, особливо в кривих малого радіуса, можуть в декілька разів перебільшувати зусилля, які виникають при виїзні рейкового екіпажу на прямих ділянках колії. Значна кількість сходів вантажних

вагонів, обумовлених недоліком міцності конструкції колії або рухомого складу, а також втратою їх стійкості руху, відбувається на кривих ділянках.

Таблиця 1

## Типи ВБК

№ з/п	Тип верхньої будови колії
1	P43(6) 1600 П
2	P430(6) 1840, 2000 П
3	P43(6) 1600 Гр
4	P430(6) 1840, 2000 Гр
5	P43(6) 1600Щ
6	P43(6) 1840, 2000Щ
7	P50(6) 1600Щ, Гр, П
8	P50(6) 1840, 2000Щ, Гр, П
9	P65(6) 1600Щ, Гр, П
10	P65(6) 1840, 2000Щ, Гр, П, і важче

Значення величин коефіцієнтів горизонтальної та вертикальної динаміки, коефіцієнта стійкості, направляючих, бокових й рамних сил при русі екіпажа в кривих необхідно для розрахунків конструкції колії та рухомого складу на міцність, для визначення найменших радіусів кривих, по яким можна пропускати ті або інші екіпажі, а також для розрахунків їх стійкості.

Таблиця 2

## Допустимі динамічні показники для вантажних вагонів

Критерій	Завантажений вагон	Порожній вагон
[Кдв]	0,8	0,85
[Кдг]	0,4	0,4
[Кст]	1,3	1,3
[Н <sub>р</sub> /Р <sub>о</sub> ]	0,3	0,38
[a <sub>г</sub> ]	0,3	0,3
[a <sub>в</sub> ]	0,6	0,7

Динамічні сили, діючі на вагон, залежать від багатьох факторів, один з яких пружні та дисипативні властивості ресорного підвішування.

Теоретичні дослідження присвячені визначенню впливу різних параметрів технічного стану ходових частин вантажних вагонів (які неминуче виникають при їх

експлуатації) на їх основні динамічні показники. Серед них важливу роль відіграють зазори між ковзунами і відхилення від нормального стану клинкової системи ресорного підвішування візка.

В конструкції візків вантажних вагонів передбачається можливість установки різних типів ковзунів в системі спирання кузова на надресорні балки [6]. На двовісних візках вантажних вагонів, які використовуються на пострадянському просторі, в більшості випадків застосовуються жорсткі ковзуни, як самі прості при виготовленні та експлуатації. Їх розташовують із зазором між ковзунами візка і кузова, що допускає перевалку кузова на п'ятниках до вибору цього зазору.

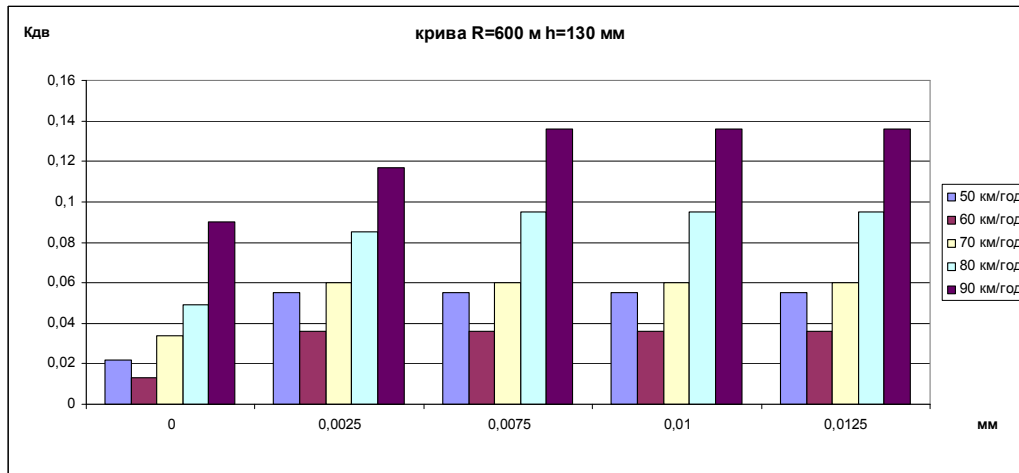
Відхилення розмірів як у ковзунах, так і в клинній системі, звичайно, оказує певний вплив на зміну показників елементів вагону; далі розглянемо яка ступінь цього впливу.

## Результати досліджень

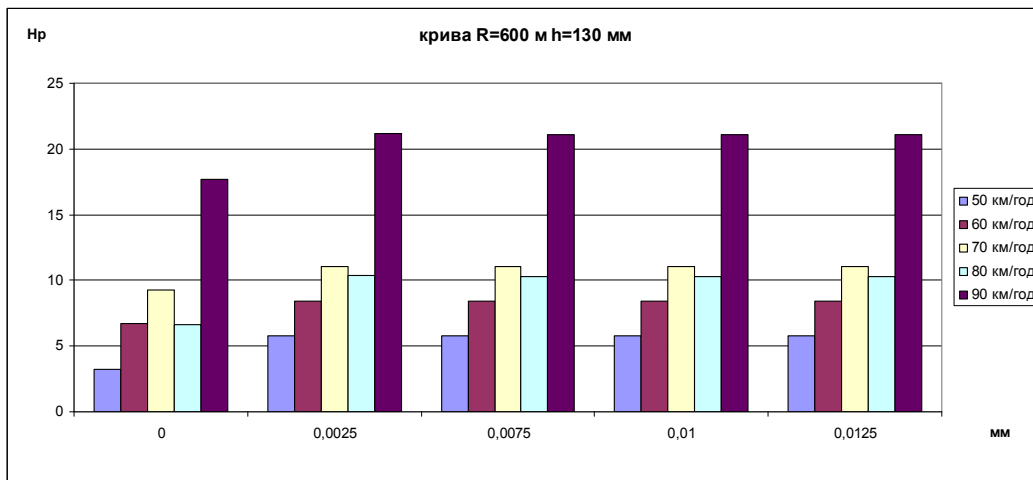
Теоретичні дослідження з визначенню впливу зазорів в ковзунах на динамічну навантаженість вантажних вагонів виконувались при номінальних зазорах у всіх чотирьох ковзунах, рівних 5 мм. Це означає, що сумарний зазор з обох сторін кожного кінця вагона дорівнювався 10 мм. Допустимі зазори при депоєському ремонті вантажних вагонів складає в сумі 6 – 16 мм для всіх типів чотиривісних вагонів крім хоперів і думпкарів, для яких це значення дорівнює 6 – 12 мм. В розрахунках розглядалися зазори між ковзунами до 12,5 мм, тобто в сумі – 25 мм, що перевищує допустиме значення при депоєському ремонті, але зустрічається в експлуатації.

На рис. 2 (а – б) та рис. 3 (а – б) наведені результати значень динамічних показників коефіцієнтів вертикальної динаміки Кдв і коефіцієнта стійкості від вповзання колеса на головку рейки Кст, величина рамної сили Н<sub>р</sub> та величина верти-

кального прискорення в зоні п'ятників  $Z_p$  радіусом 600 м.  
при русі вантажного піввагона по кривій



а)

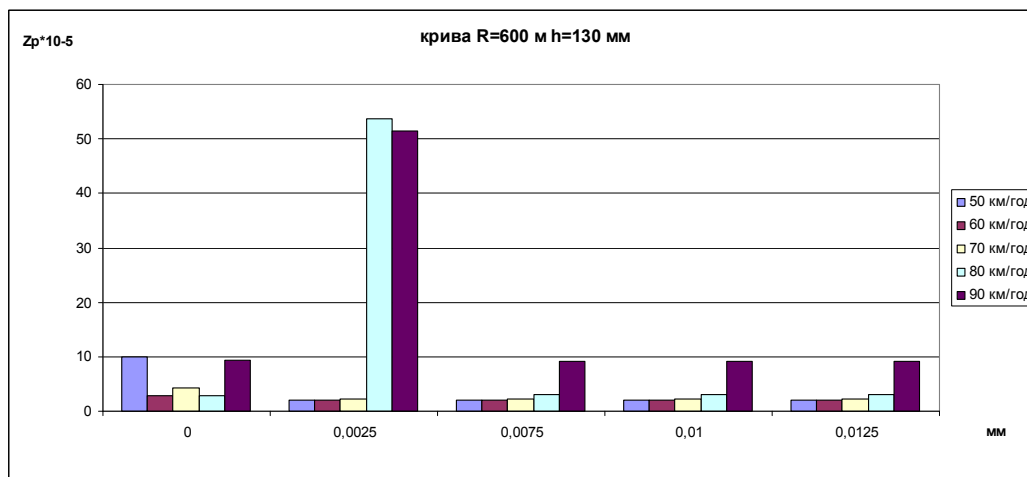


б)

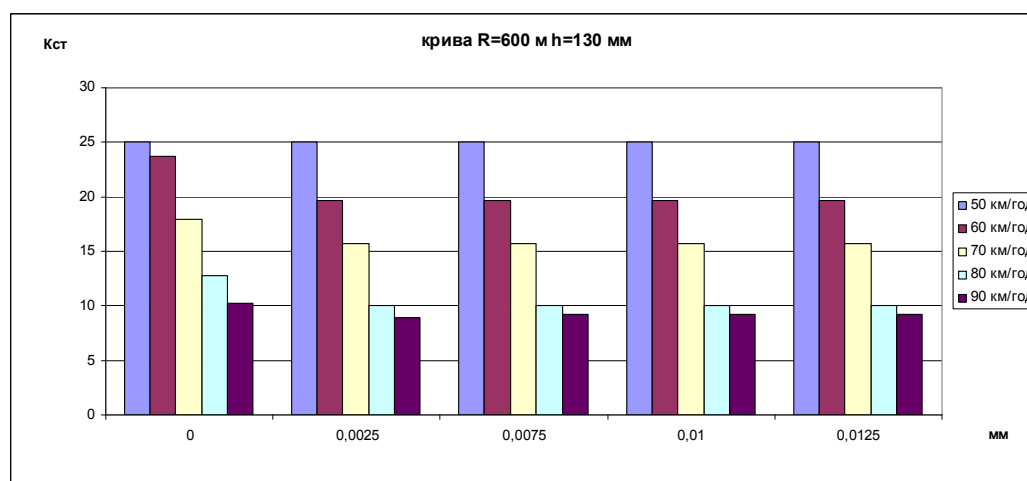
Рис. 2. Залежність коефіцієнта вертикальної динаміки (а) та рамної сили (б) вантажного вагона від зазору в ковзунах при русі по кривій радіусом 600 м

Отримані результати показують, що величини  $K_{dv}$  та  $K_{st}$  вище допустимих значень (табл. 2). Однак, величина  $Z_p$  значно

збільшується при швидкостях руху 80 и 90 км/год і досягають максимального значення вже при зазорі в 2,5 мм (рис. 3, а).



а)

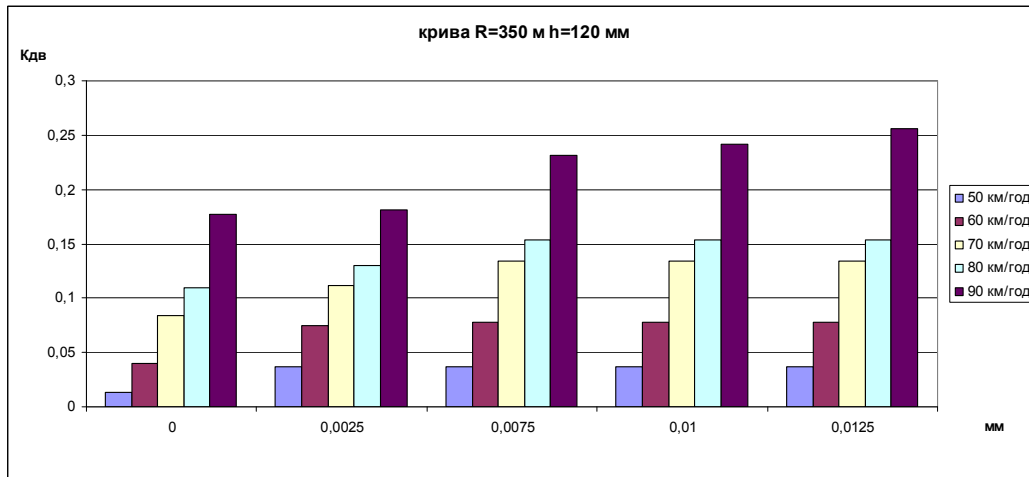


б)

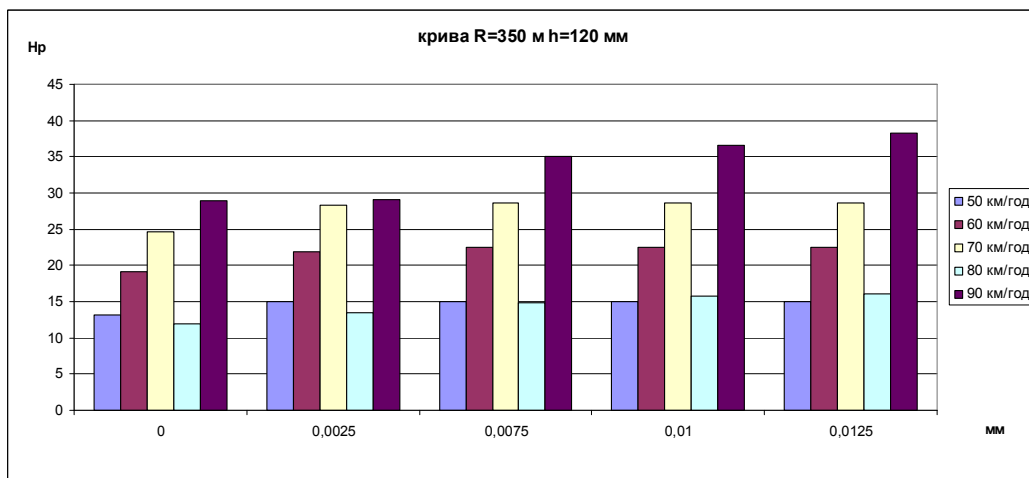
Рис. 3. Залежність величини вертикального прискорення в зоні п'ятника (а) та коефіцієнта стійкості (б) вантажного вагона від зазору в ковзунах при русі по кривій радіусом 600 м

На рис. 4 – 5 наведені аналогічні значення динамічних показників при русі вагона по кривій радіусом 350 м. Отримані результати показують, що величини Кдв і Кст також вище мінімально допустимих значень (табл. 2). Величина рамної сили майже в 1,5 рази перевищує значення, отримані для кривої радіусом 600 м, а прискорення в зоні п'ятників вже при швидкості руху в 70 км/год не є стабільною величиною. Допустиму швидкість руху в кривих малого радіуса слід розглядати на рівні 65 км/год (рис. 1, б).

Однчасне збільшення або зменшення всіх зазорів в ковзунах в межах допустимих значень не суттєво впливає на динамічні показники. Зміни зазорів в ковзунах, які розташовані по діагоналі кузова, також не суттєво впливають на згадані вище показники і на коефіцієнти запасу стійкості. Зміна зазорів в ковзунах, розташованих з однієї сторони, від 5 мм до 0 не істотно впливає тільки на коефіцієнт запасу стійкості, в той же час всі інші показники динаміки в діапазоні зазорів від 0 до 5 мм змінюються, а потім стабілізуються.



а)



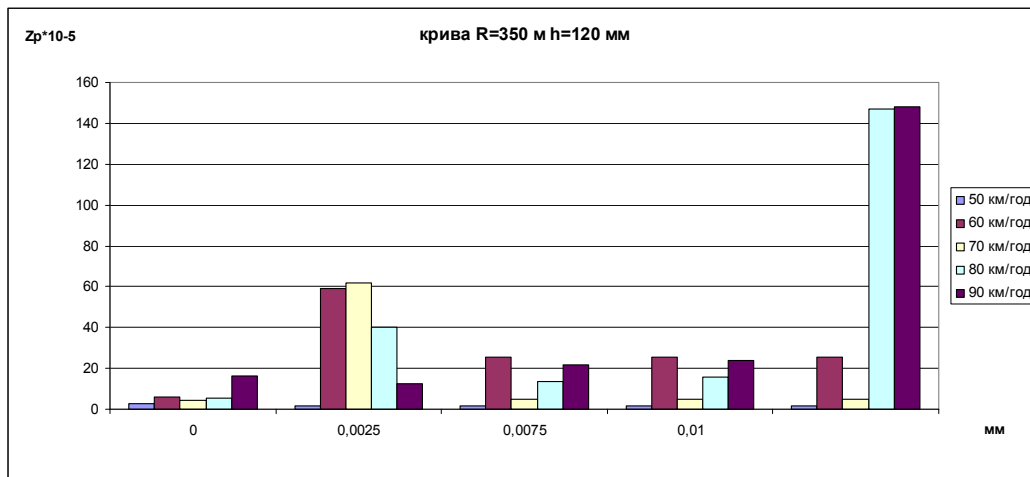
б)

Рис. 4. Залежність коефіцієнта вертикальної динаміки (а) та рамної сили (б) вантажного вагона від зазору в ковзунах при русі по кривій радіусом 350 м

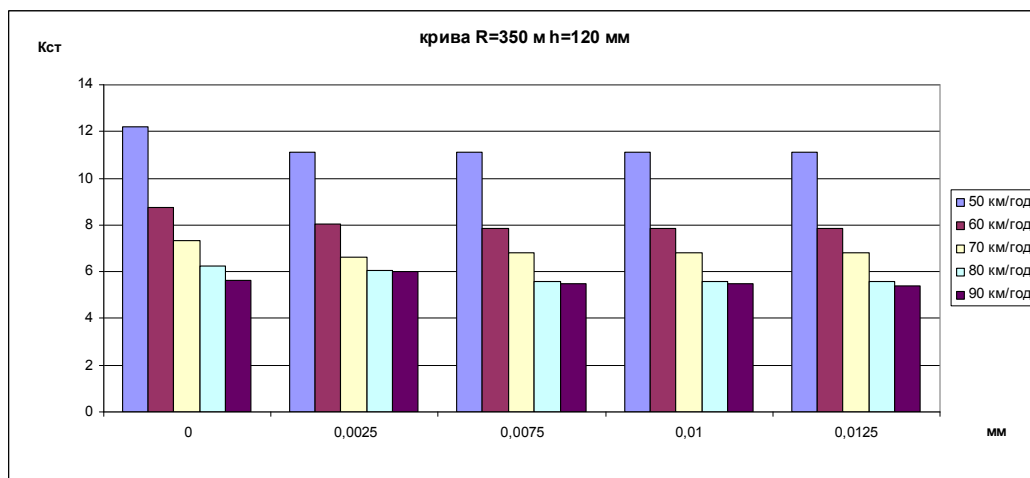
При подальшому збільшенні зазорів в ковзунах відбувається деяке погіршення динамічної навантаженості вагонів. Таким чином, обґрунтовано значення номінальних зазорів до 5 мм.

В результаті розрахунків також установлено, що сумарний поздовжній зазор

менше 7 мм (поперечний менше 5 мм) є недопустимим. Так як Нормами допускаються мінімальні зазори: поздовжній – 6 мм, поперечний – 5 мм, то ці зазори рекомендується прийняти як мінімальні.



а)



б)

Рис. 5. Залежність величини вертикального прискорення в зоні п'ятника (а) та коефіцієнта стійкості (б) вантажного вагона від зазору в ковзунах при русі по кривій радіусом 350 м

В дослідженні впливу відхилень від нормального стану клинової системи ресорного підвішування візків на динамічну завантаженість вагона розглянуто декілька станів клинової системи [3, 8]:

- нормальний, при якому коефіцієнт демпфування прийнятий рівним 1;
- стан із пониженим тертям, який виникає в конструкції візка при завищенні клина в порівнянні з нормальним станом, в цьому випадку коефіцієнт  $\phi$  прийнятий рівним 0,2 або 0,5;
- передемпфований стан системи, при якому коефіцієнт  $\phi$  прийнятий рівним 1,5;

– повна відсутність тертя в системі, при цьому коефіцієнт  $\phi$  прийнятий рівним 0.

## Висновки

В результаті досліджень отримано залежності основних динамічних показників чотиривісного вантажного вагону від параметрів жорстких ковзунів з урахуванням швидкості руху.

Таким чином, отримані результати розрахунків дозволяють об'єктивно оцінити вплив технічного стану ходових частин вагонів на основні показники безпеки руху.

**Список використаних джерел**

1. Вериго, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – М.: Транспорт, 1986. – 560 с.
2. Данович, В. Д. Определение допускаемых скоростей движения грузовых вагонов по ж.-д. путям колеи 1520 мм [Текст] / В. Д. Данович, В. В. Рыбкин, С. В. Мямлин, А. Г. Рейдемейстер, А. Г. Трякин, Н. В. Халипова. – // Вісник ДНУЗТ. – 2003. – № 2. – С. 77–86.
3. Луханін, М. І. Динамика грузовых вагонов с учетом поперечного смещения тележек [Текст] / М. І. Луханін, С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2012. – Вип. 29. – С. 234–241.
4. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) (с изменениями и дополнениями № 1 (с 01.02.2000 г.) и № 2 (с 01.03.2002 г.)). – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.
5. Свидетельство о регистрации авторского права на произведение №7305. Компьютерная программа «Dynamics of Rail Vihscles» («DYNRAIL») / С. В. Мямлин; зарегистр. 20.03.2003.
6. Шадур, Л. А. Вагоны. Конструкция, теория и расчет [Текст] / под ред. Л. А. Шадура. – М.: Транспорт, 1980. – 440 с.
7. Myamlin, S. Spatial Vibration of Cargo Cars in Computer Modelling with the Account of Their Inertia Properties / S. Myamlin, A. Ten, L. Neduzha, A. Shvets // Proceedings of 15<sup>th</sup> International Conference. Mechanika. 2010. – Kaunas. – 2010. – P. 325–328.
8. Myamlin, S. Determination of Dynamic Performance of Freight Cars Taking Into Account Technical Condition of Side Bearers [Text] / S. Myamlin, L. Neduzha, O. Ten, A. Shvets // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – 2013. – Вип. 1 (43). – С. 162–169.

**Анотації:**

Робота присвячена дослідженню впливу різних факторів технічного стану ходових частин вантажних вагонів (відхилення розмірів як в ковзунах, так і в клиновій системі під час експлуатації) на основні динамічні показники.

Результати теоретичних досліджень дозволяють об'єктивно оцінити вплив технічного стану візків вантажних вагонів в частині параметрів ковзунів на показники безпеки руху.

**Ключові слова:** вантажні вагони, ковзуни візків, швидкість руху, прямі та криві ділянки колії, динамічні показники

---

Работа посвящена исследованию влияния различных факторов технического состояния ходовых частей грузовых вагонов (отклонение размеров как в скользунках, так и в клиновой системе во время эксплуатации) на основные динамические показатели.

Результаты теоретических исследований позволяют объективно оценить влияние технического состояния тележек грузовых вагонов в части параметров скользунгов на показатели безопасности движения.

**Ключевые слова:** грузовые вагоны, скользунги тележек, скорость движения, прямые и кривые участки пути, динамические показатели

---

This work is devoted to investigation of the influence from different factors of technical condition from running gears freight cars to their main dynamics indicators.

Results of theoretical investigations determination of the dynamic performance of freight cars in view of the technical condition of side bearing permit to evaluate the impact of technical conditions of tracks of freight cars objectively at parts of bogies parameters to indicators of traffic safety on the railway.

**Keywords:** freight cars, bogie side bearers, running speed, tangent and curved track sections, dynamic coefficients