

очікування, дисперсія, а також мінімальні та максимальні значення зусиль. Результати досліджень свідчать, що випадкові процеси, які характеризують зміну коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки, розподілені за нормальним законом.

В подальшому, використовуючи отримані дані, обчислені кореляційні функції для випадкових процесів, що характеризують сумісну дію зміни коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки вагона.

Побудовані кореляційні функції дозволяють виконати оцінку надійності буксового вузла.

Моделювання динамічних навантажень що діють на ходові частини вантажних вагонів, показало достатню збіжність з результатами ходових випробувань. Тому запропонована модель може бути використана для оцінки збурюючих навантажень при розрахунках надійності буксових вузлів вантажних вагонів. Доведено, що цей процес має стаціонарний та ергодичний характер. Отримані результати моделювання підпорядковуються нормальному закону розподілення. Визначені основні параметри, що характеризують ці процеси в залежності від швидкості та режиму руху.

### Список використаних джерел

1. Донченко, А. В. Результати динамічних випробувань вагонів з дослідними роликотіпшипниками [Текст] / А. В. Донченко [та ін.] // Зб. наук. праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Сер. Транспортні системи і технології. – К., 2003. – Вип. 4. – С. 106-110.
2. Болотин, В. В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений [Текст] / В. В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с.
3. Мартинов, І. Е. Результати експлуатаційних випробувань здвоєних касетних циліндричних підшипників в буксах вантажних вагонів [Текст] / І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, Є. Р. Можейко [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №7 (73).
4. Gurumoorthy, K. Failure investigation of a taper roller bearing [Text] / K. Gurumoorthy, A. Ghosh // Case Studies in Engineering Failure Analysis. – 2013. – Vol. 1, Iss. 2. – P. 110-114.
5. Yang, Xia. Analyzing the load distribution of four-row tapered roller bearing with [Text] / Xia Yang, Qingxue Huang, Chuang Yan // Engineering Analysis with Boundary Elements. – 2015. – Vol. 56. – P. 20-29.

УДК 629.463.004.4:[656.211.7+656.073.235]

*А. О. Ловська*

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ ЗЧЛЕНОВАНОГО ТИПУ ПРИ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

*А. А. Lovskaya*

### RESEARCH OF THE LOADS OF FLAT WAGON BEARING STRUCTURE OF COUPLED TYPE FOR COMBINED TRANSPORTATION

Розвиток конкурентного середовища на ринку транспортних послуг зумовлює необхідність введення в експлуатацію

комбінованих транспортних систем. Географічне положення України на стику міжнародних транспортних коридорів між

країнами Європи та Азії сприяє розвитку таких систем. Одними з найбільш перспективних на сьогоднішній день є залізнично-поромні, а також контейнерні перевезення вантажів.

Необхідність підвищення обсягів перевезень через міжнародні транспортні коридори обумовила перевезення контейнерних поїздів на залізничних поромках через акваторії Чорного та Каспійського морів, що є ланцюгами “Шовкового шляху” з України у Китай. Враховуючи прискорені темпи інтеграції України в систему міжнародних транспортних коридорів, прогнозується розвиток комбінованих систем транспорту.

Перевезення контейнерів залізницею здійснюється здебільшого на вагонах-платформах. Для підвищення ефективності контейнерних перевезень залізничним транспортом знайшли використання вагони-платформи нового покоління, у тому числі зчленованого типу, які дозволяють збільшити корисне навантаження вагона контейнерами [1-4]. На Україні відомий досвід виготовлення та успішної експлуатації таких вагонів [5, 6], але їх виробництво вимагає значних капітальних вкладень.

Недостатній рівень поповнення вагонного парку Укрзалізниці за останні роки зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію нових технічних рішень щодо удосконалення несучих конструкцій кузовів вагонів для здійснення потреб у перевезеннях заданої номенклатури вантажів.

З метою створення вагона-платформи зчленованого типу для перевезення контейнерів як прототип обраний вагон-платформа моделі 13-401. Вибір оптимальних параметрів елементів несучої конструкції вагона-платформи за критерієм мінімуму матеріалоемності здійснено за їх резервами міцності при експлуатаційних режимах навантаження.

Для дослідження динамічної навантаженості вагона-платформи зчленованого

типу використано математичну модель, наведену у [7]. При цьому дана модель доопрацьована шляхом урахування переміщень двох секцій вагона-платформи при експлуатаційних режимах навантаження, а також в ній скасовані пружні зв'язки між контейнерами та несучою конструкцією вагона-платформи, що обумовлено меншою довжиною секції, створеної на базі типового вагона-платформи моделі 13-401, у порівнянні з довгобазним вагоном-платформною, динаміка якого досліджувалася у [7]. До уваги прийняті вертикальне, кутове відносно вертикальної осі та повздовжнє переміщення вагона-платформи [8].

Розв'язання диференціальних рівнянь руху несучої конструкції вагона-платформи при дії повздовжньої сили на неї здійснено у програмному комплексі MathCad за методом Рунге-Кутта. Результати досліджень дозволили зробити висновок, що прискорення, які припадають на несучу конструкцію першої з боку дії сили секції вагона-платформи, складають 0,36g, а другої – близько 0,37g.

Отримані теоретичні результати досліджень підтверджені шляхом комп'ютерного моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. Перевірка адекватності розробленої моделі здійснена за F-критерієм.

Для дослідження міцності несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу проведений розрахунок за методом скінченних елементів. Встановлено, що найбільша величина напружень виникає при I розрахунковому режимі (ривок-розтягнення), зосереджена в зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складає близько 330 МПа, але не перевищує допустиме значення [9, 10], максимальні переміщення в конструкції виникають у середній частині основних повздовжніх балок рами та складають 64,5 мм, деформації в конструкції становлять 2026  $\sigma$ .

Для оцінки втомної міцності несучої конструкції вагона-платформи проведені розрахунки коефіцієнта запасу опору втоми. Результати досліджень показали, що розрахункове значення коефіцієнта перевищує нормативне [9, 10].

З метою можливості експлуатації вагона-платформи зчленованого типу у міжнародному залізнично-водному сполученні пропонується встановлення на його несучій конструкції вузлів для закріплення ланцюгових стяжок. Результати розрахунків на міцність несучої конструкції з урахуванням навантаження її через вузли для закріплення ланцюгових стяжок при перевезенні залізничним поромом в умовах морської хитавиці дозволили зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження зосереджені в зоні взаємодії шворневої балки з основною повздовжньою та складають близько 300 МПа, що не перевищує допустимі для марки сталі металоконструкції, максимальні переміщення виникають у середній частині основних повздовжніх балок рами та дорівнюють 15,6 мм, максимальні деформації –  $1,52 \cdot 10^2$ .

Проведені дослідження сприятимуть створенню вагонів-платформ зчленованого типу нового покоління на базі існуючих, урахуванню на стадії їх проектування уточнених величин динамічних навантажень, які діють на несучу конструкцію у експлуатації, а також підвищенню ефективності комбінованих перевезень через міжнародні транспортні коридори.

#### Список використаних джерел

1. Кожокарь, К. В. Особенности разработки скоростного сочлененного вагона-платформы для перевозки контейнеров [Текст] / К. В. Кожокарь // Трансп. Рос. Федерации. – 2013. – № 3. – С. 21–24.

2. WBN Waggonbau Niesky GmbH: Developing a flexible platform of freight wagons // Intern. Edition. – 2016. – № 1. – P. 46.

3. Niezgoda, T. Simulations of motion of prototype railway wagon with rotatable loading floor carried out in MSC Adams software / T. Niezgoda, W. Krasoń, M. Stankiewicz // J. of KONES. Powertrain and Transport. – 2015. – Vol. 19. – Iss. 4. – P. 495–502.

4. Sandu, N. Static and dynamic tests performed on a flat wagon / N. Sandu, N. L. Zaharia // Problemy kolejnictwa. – 2014. – Z. 163 (2014). – P. 67–77.

5. Бубнов, В. М. Совершенствование конструкции подвижного состава для перевозки контейнеров [Текст] / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Л. Гуржи // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2009. – №26. – С. 11-14.

6. Гуржи, Н. Л. Оценка сопротивления усталости вагона-платформы для крупнотоннажных контейнеров секционного типа [Текст] / Н. Л. Гуржи, В. И. Нагаевский // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. праць ПДТУ. – Маріуполь, 2010. – Вип. 12. – С. 205-210.

7. Нагруженность контейнеров-цистерн, расположенных на железнодорожной платформе, при ударах в автосцепку [Текст] / Г. И. Богомаз, Д. Д. Мехов, О. П. Пилипченко [и др.] // Динаміка та керування рухом механічних систем: зб. наук. праць / АНУ, ін-т техн. механіки. – К., 1992. – С. 87-95.

8. Lovskaya, A. A. The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision / A. O. Lovska, A. V. Rybin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 3. – P. 4-8.

9. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

10. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам [Текст]: ГОСТ 33211-2014. – [Действителен

от 01.07.2016]. – М.: Стандартиформ, 2014. – 53 с.

УДК 629.463.001.63

*О. В. Фомін, А. А. Стецько*

**СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВПРОВАДЖЕННЯ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОГО І/АБО ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В ВАГОННІ СКЛАДОВІ З УРАХУВАННЯМ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ**

*A. V. Fomin, A. A. Stetsko*

**SYSTEMATIZATION OF THE POTENTIAL INTRODUCTION OF PRE-STRESS AND/OR STRAIN STATE IN A WAGON COMPONENTS TO MEET THE DESIGN AND OPERATIONAL FEATURES**

Постійна конкуренція залізничного транспорту з іншими видами транспорту, як на внутрішньому ринку перевезень вантажів, так і в рамках міжнародних транспортних коридорів, зумовлює необхідність проектування та впровадження в експлуатацію вагонів нового покоління (вагонів з суттєво покращеними техніко-економічними та експлуатаційними показниками). Це можливо досягти шляхом реалізації в їх конструкціях нетривіальних та проривних рішень. Тому на сучасному етапі розвитку залізничної галузі необхідним є генерування та впровадження прогресивних рішень при проектуванні рухомого складу ХХІ сторіччя.

На сьогодні питання оновлення вантажного рухомого складу залишається вкрай важким, а потенціал України з продажу вантажних вагонів нереалізованим. Причини, що заважають отриманню позитивного економічного результату, такі [1-3]: нереалізовані можливості зі зниження тари вантажних вагонів та з підвищення вантажопідйомності; необґрунтована вартість матеріалів та комплектуючих у конструкціях вантажних вагонів, що

використовуються; недостатньо ефективні схеми використання вантажного парку.

Одним з перспективних напрямків конструктивного вирішення цих проблем може стати впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в конструкції вантажних вагонів.

Метою доповіді є представлення особливостей та результатів наукового обґрунтування з впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в конструкції вантажних вагонів відповідно до можливих випадків навантажень на етапах життєвого циклу.

Основним завданням дослідження є систематизація потенціалу щодо впровадження попередньо напруженого і/або деформованого стану в вагонні складові з урахуванням конструктивних та експлуатаційних особливостей. Проте для його вирішення необхідно виконати ряд інших додаткових завдань, або підзавдань. Вирішення кожного з них являє наукову цінність.

Необхідно було зрозуміти: як створювати попередні напруження; як їх конструктивно виконати; які сили можливо компенсувати. З цією метою була виконана