УДК [629.463:629.4.023.1]:[531.391+539.4] https://doi.org/10.15407/itm2023.01.090

О. М. МАРКОВА, М. Б. СОБОЛЕВСЬКА, О. М. КОВТУН, В. В. МАЛИЙ, Д. В. ГОРОБЕЦЬ

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПЕРСПЕКТИВНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА ЗІ ЗМІННИМИ КУЗОВАМИ

Інститут технічної механіки
Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: sobmb@i.ua

Актуальність даної роботи полягає в необхідності використання в Україні нових ефективних технологій вантажних перевезень, оновлення парку вантажного рухомого складу, поповнення його вагонами зі змінними кузовами та підвищення безпеки їх експлуатації. Вагони зі змінними кузовами є інновацією у сфері транспортних послуг. Традиційно універсальні та спеціалізовані залізничні вагони складаються з екіпажної частини (ходові частини, автозчіпні та автогальмівні пристрої), яка як правило, є універсальною, та кузовної частини (рама з кузовом), що визначає спеціалізацію вагона під конкретний вид вантажу. При цьому вартість екіпажної та кузовної частин становить відповідно 80 % і 20 % від вартості всього вагона. Ідея розробки вагонів із змінними кузовами полягає у відокремленні рами від кузова вагона та віднесення її до екіпажної частини, в той час як до кузовної частини вагона буде належати тільки кузов. Таким чином, екіпажною частиною такого вагона є платформа для перевезення змінних кузовів, що складається з рами, ходових частин, автозчіпного, автогальмівного обладнання та пристроїв кріплення змінних кузовів. Новий вид вантажного рухомого складу для унімодальних залізничних перевезень – вагон зі змінними кузовами, які при сезонних змінах вантажів можуть замінюватись у порожньому стані. Для вітчизняних залізниць доцільно розробити свою конструкцію вантажного вагона зі змінними кузовами. Створення сучасних вантажних вагонів зі змінними кузовами потребує науково-технічного супроводження на етапах їх проєктування та експериментального відпрацювання. Метою досліджень, викладених в статті, є визначення максимальних навантажень на несучі елементи конструкцій вагонів зі змінними кузовами при нормативних режимах руху та розробка пропозицій щодо перспективної конструкції вантажного вагона зі змінними кузовами. Наукову новизну має розроблена математична модель просторових коливань вантажного вагона зі змінними кузовами при нормативних режимах руху по колії довільного обрису з урахуванням технічного стану екіпажної частини вагона та колії. Розрахункову схему вагона зі змінними кузовами, який рухається по колії, представлено механічною системою твердих тіл. Колія моделюється приведеною до кожного колеса масою, що має тільки вертикальне і поперечне горизонтальне переміщення та спирається в цих напрямках на пружини і демпфери в'язкого тертя, які моделюють пружно-дисипативні властивості рейок і підрейкової основи. Розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь, які представляють динамічну модель коливань системи, що розглядається, здійснюється за допомогою метода Адамса–Башфорта. Проведено розрахункову оцінку динамічних процесів, що мають місце під час руху вагонів зі змінними кузовами різної довжини та маси. Визначено, що для всіх розглянутих варіантів руху вагона максимальні сили, що виникають в фітингових упорах, через які кузови спираються на екіпажну частину, не перевищують допустимих значень. Аналіз розрахункових значень динамічних показників платформи показує, що з точки зору її безпеки для всіх розглянутих варіантів розміщення змінних кузовів на екіпажній частині вагона рух зі швидкістю вище 80 км/год не є безпечним. Практичну значимість мають розроблені пропозиції щодо перспективної конструкції вантажного вагона зі змінними кузовами. Впровадження інноваційної технології перевезень вантажів вагонами зі змінними кузовами дозволить уникнути їх простою при сезонних коливаннях відправки вантажів, а також пришвидшити заміну кузовів при пошкодженні. Крім того, у змінного кузова та екіпажної частини може бути різний термін служби, що дозволяє зменшити операційні витрати, знизити витрати на придбання і утримання рухомого складу.

Ключові слова: *вантажний вагон зі змінними кузовами, елементи кріплення кузова до екіпажної частини, математичне моделювання, динаміка вагона, нормативні режими руху.*

1. *Орлова А. В* чем отличия и преимущества сменных и съемных кузовов грузовых вагонов. URL: https://wagon-cargo.ru/news/v-chem-otlichiya-i-preimushchestva-smennykh-i-semnykh-kuzovov-gruzovykh-vagonov/ (дата звернення: 30.11.2021).
2. *Давидан А.* Сменный кузов вагона – перспективная инновация в сфере транспортных услуг. URL: https://spec.rzd-partner.ru/page16921814.html (дата звернення: 30.11.2021).
3. *Давидан А. Е. Бороненко Ю. П.* Сменный кузов вагона – перспективная инновация в сфере транспортных услуг. URL: http://%D0%BC%D0%BE%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%8F1520.%D1%80%D1%84/new/7411/ (дата звернення: 30.11.2021).
4. Вагоны со сменными кузовами. URL: https://www.uniwagon.com/multimedia/media_about_us/vagony-so-smennymi-kuzovami/ (дата звернення: 30.11.2021).
5. SECU-Box for Better utilization of Load Capacity. Advantage Environment – 2009. URL: http://advantage-environment.com (дата звернення: 30.11.2021).
6. Innofreight. InnoWaggon – No base, no go. URL: https://www.innofreight.com/en/logistics-solutions/inno-waggon/ (дата звернення: 14.03.2023).

7. New body module for the WASCOSA flex freight system® in successful practical use. URL: https://www.wascosa.ch/en/media/press-releases/new-body-module-for-the-wascosa-flex-freight-systemr-in-successful-practical-use_m424 (дата звернення: 14.03.2023).
8. Innovations WASCOSA flex freight system® with timber cassette swap body. URL: https://www.wascosa.ch/wagenpark/pdf/en/innovationen/inno_wascosa_flex_freight_system_timber_swap_body.pdf (дата звернення: 14.03.2023).
9. Innovations WASCOSA flex freight system® with E-type swap body. URL: https://www.wascosa.ch/wagenpark/pdf/en/innovationen/inno_wascosa_flex_freight_system_e_type_swap_body.pdf (дата звернення: 14.03.2023).
10. Wascosa introduces the Wascosa flex freight system for transporting chemical products. URL: https://tanknewsinternational.com/wascosa-introduces-the-wascosa-flex-freight-system-for-transporting-chemical-products/ (дата звернення: 14.03.2023).
11. TransANT: инновационные грузовые вагоны. URL: https://www.railway.supply/transant-innovaczionnye-gruzovye-vagony/ (дата звернення: 14.03.2023).
12. В Австрии изготовлена первая партия инновационных модульных грузовых вагонов. URL: https://logist.today/dnevnik_logista/2019-11-23/v-avstrii-izgotovlena-pervaja-partija-innovacionnyh-modulnyh-gruzovyh-vagonov/ (дата звернення: 14.03.2023).
13. Шестиосный вагон-платформа сочлененного типа со сменными кузовами, модель 13-9994*. URL: http://%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%8F%D0%BE%D0%B2%D0%BA.online/view/wagons/13-9994/ (дата звернення: 30.11.2021).
14. *Петрухин В.* Модульные решения для железнодорожных перевозок. URL https://logist.fm/publications/modulnye-resheniya-dlya-zheleznodorozhnyh-perevozok (дата звернення: 14.03.2023).
15. Національна економічна стратегія 2030. URL: https://nes2030.org.ua/#rec246067109 (дата звернення: 14.03.2023).
16. 4-осная платформа для крупнотоннажных контейнеров, модель 13-470. URL: https:// ukrailtrans.com.ua/4-osnaya-platforma-dlya-krupnotonnazhnyx-kontejnerov-model-13-470/ (дата звернення: 14.03.2023).
17. ДСТУ ISO 1496-1:2013 Вантажні контейнери серії 1. Технічні вимоги та методи випробування. Частина 1. Контейнери загальної призначеності універсальні. Чинний від 2014–07–01. Київ: ТК 98 “Засоби і системи автоматизації технологічних процесів, пакування та контейнеризації”, 2014. 12 с. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=91532 (дата звернення: 14.03.2023).
18. *Лазарян В. А.* Динамика вагонов. М.: Транспорт, 1964. 256 с.
19. *Markova O., Kovtun H., Maliy V.* Modelling train motion along arbitrary shaped track in transient regimes. IMechE Part F: J. Rail and Rapid Transit. 2015. № 229 (1). P. 97–105. https://doi.org/10.1177/0954409713501806
20. ДСТУ EN 14363:2019 Залізничний транспорт. Випробування та моделювання для прийняття ходових характеристик залізничних транспортних засобів. Бігова поведінка та стаціонарні випробування. Чинний від 2020-01-01. Київ : ДП “ УкрНДНЦ ”, 2020. 198 с. URL: http://online. budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=85289 (дата звернення: 14.03.2023).
21. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Чинний від 2015-07-01. Київ: Державний Український науково-дослідний інститут вагонобудування (УкрНДІВ), 2014. 162 с. URL: http:// online. budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html? id_doc=73763 (дата звернення: 14.03.2023).

Отримано 16.03.2023,
в остаточному варіанті 30.03.2023