

УДК 629.4.02.001.76



КОНСТРУКТИВНИЙ АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУНКЕРНИХ ВАГОНІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ

О. В. Фомін, д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство»
Державний університет інфраструктури та технологій

Н. Г. Мурашова, науковий співробітник ПКБ
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

В. С. Воропай, к.т.н., старший викладач,
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Виконаний аналіз сучасного стану парку вагонів-хоперів для перевезення зерна в Україні. Висвітлені конструкційні особливості вагонів-хоперів різного типу, визначена конструктивна досконалість зерновозів (з сімейства бункерних вагонів-хоперів) та перспективи її розвитку. Запропонований кузов нового покоління «краплеподібної» форми зі збільшеним об'ємом за рахунок максимально якісного використання розрахункового габариту.

Ключові слова: транспорт, транспортна механіка, вантажні вагони, конструктивна досконалість, хопери-зерновози.

Важливим напрямком реалізації вимог, які висуваються до сучасного залізничного транспорту, є формування вантажного парку на основі інноваційних моделей вагонів [1-3] вітчизняного виробництва, які мають сучасний рівень техніко-економічних і експлуатаційних показників.

При цьому для України, як країни з потужним аграрним комплексом, особливо важливими є питання, пов'язані з транспортуванням саме таких культур. Так, найважливішою складовою інфраструктури, що забезпечує експорт зерна, є транспортна система. Більше 91% зернових вантажів з України експортується

морським транспортом. Доставка зерна в порти здійснюється залізничним, автомобільним і водним транспортом. Співвідношення обсягів перевезення зерна в порти різними видами транспорту представлені на рис. 1.

Основні потоки зерна в порти для перевалки на експорт забезпечуються залізничним транспортом [5, 8]. Основним типом залізничного рухомого складу, що використовується для перевезень зернових, є бункерний вагон-хопер для перевезення зерна [4].

В Україні вагони-хопери для перевезення зерна (далі — зерновози) в основному представлені вагонами

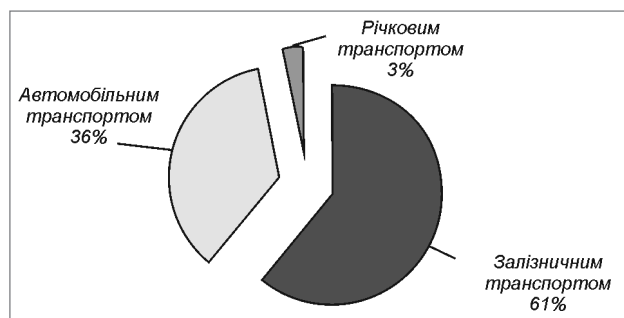


Рис. 1. Транспортне забезпечення доставки зернових вантажів в морські порти

інвентарного парку. «Укрзалізниця» має 11485 інвентарних вагонів, з яких придатні до експлуатації всього 8650 вагонів. Ще 731 приватних зерновозів належать державному підприємству «Стрийський вагонобудівний завод», який входить до структури «Укрзалізниці». Середній вік зерновозів в Україні становить 27,4 року, що на 2,8 року (на 12%) більше середнього значення по країнах СНД і Балтії. Також необхідно відзначити, що 69% українських зерновозів експлуатуються понад 27 років при нормативному терміні експлуатації 30 років. Темпи списання зерновозів в Україні в найближчі роки будуть складати 1,5-2,0 тис. вагонів на рік.

Структуру парку зерновозів за терміном служби в СНД і Україні ілюструє діаграма, наведена на рис. 2.

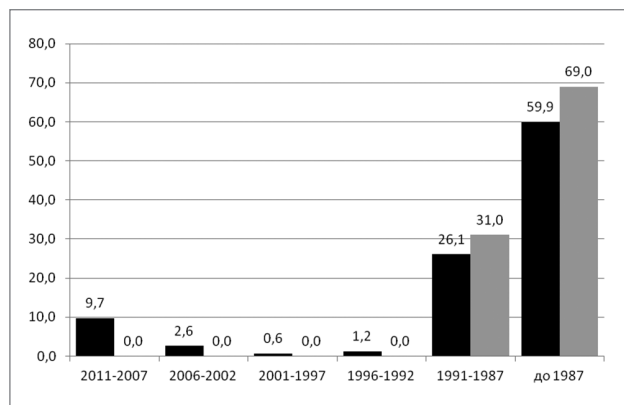


Рис. 2. Структура парку зерновозів СНД і України щодо терміну служби

Для оновлення парку вантажних вагонів і зменшення кількості спеціалізованих вагонів з вичерпаним терміном служби необхідне створення вагонів нового покоління. Тому тема даного дослідження пов'язана з розглядом сучасних особливостей конструкцій вагонів-хоперів і є актуальною для залізничного транспорту.

Дослідження конструктивних особливостей вагонів-хоперів проводиться шляхом вивчення конструкторської документації на вагони-хопери різних виробників, а також за матеріалами публікацій наукового та практичного характеру, а також даними розробників про отримані в ході теоретичних і експериментальних досліджень результати.

Хопер — вид вантажного вагона [6, 7, 9, 10] бункерного типу для перевезення залізничним транспор-

том об'ємних сипучих вантажів: вугілля, цемент, зернові культури, руда та інше. Кузов виконаний у формі воронки, вгорі якої знаходяться люки для наповнення, а в нижній частині розміщені люки, за допомогою яких вантаж вільно вивантажується під дією сили тяжіння. Таким чином вагон зроблений з автоматичним вивантаженням, що робить процес розвантаження набагато швидше і легше. Закрита форма вагона (в деяких видах) захищає вантаж від атмосферних опадів і зовнішніх можливих перешкод (гілки дерев). Такий вагон широко використовують країни СНД і Балтики, де ширини колії становить 1520 мм.

Даний залізничний вагон має два основних види: відкритий і закритий. Закритий тип застосовується для захисту перевезеного товару від опадів і інших перешкод. Відкритий використовують для тих видів вантажу, яким атмосферні опади не приносять шкоди або процес висушування ніяк не впливає на якість продукту. Ще однією характеристикою для розрізнення вагона служить міжрейковий простір або сторона залізничної колії для розвантаження вантажу, повна механізація або потреба в ручній роботі при використанні люків. При створенні хопера кузовні торцеві стінки виконуються з нахилом 41-60° для того, щоб вантаж самопливом виводився з бункерів при відкриванні люків.

Вагони-хопери з відкритим кузовом застосовуються при перевезенні вугілля, коксу, торфу, гарячих окатишів або агломерату [6, 7]. Для перевезення гарячого агломерату, окатишів і коксу була створена спеціальна обшивка кузова, яка відрізняється від інших типів вагонів, що не з'єднуються жорстко бічних і торцевих стін з несучим каркасом, що робить кузов більш стійким від високих температур і робить ремонт більш легким. В основному у відкриті вагони вбудована дистанційна автоматизована система розвантаження вантажу, що перевозиться, за допомогою якої вантаж виходить з обох боків залізничної колії. Дана система керується за допомогою стиснутого повітря, що надходить від силової установки на локомотиві. Часте залучення роторних вагоноперекидачів створює скорочення використання відкритих типів вагонів-хоперів.

Закриті вагони використовують при перевезенні цементу, технічного вуглецю (сажі), мінеральних добрив і різних зернових культур, рослин: зерна, кукурудзи, ячменю. За допомогою нижніх люків під тиском вантаж виходить в міжрейковий простір. Кришки розвантажувальних люків потрібно відкривати вручну. При транспортуванні мінеральних добрив використовують криті вагони-хопери, де розвантаження відбувається по одну сторону залізничної колії.

Ефективне використання вагонів-хоперів на залізничному транспорті обумовлюється їх гарними техніко-економічними параметрами, збереженням перевезених вантажів, що дає їм перевагу над іншими видами вагонів. У країнах СНД та Україні експлуатуються і виробляється значна кількість моделей хоперів для перевезення зерна.

Метою роботи є висвітлення особливостей та результатів проведеного дослідження з визначення конструктивної досконалості залізничних зерновозів (з сімейства бункерних вагонів-хоперів) та визначення перспектив їх розвитку.

Проаналізувавши ринок вагонів-хоперів для перевезення зерна можна зробити висновок, що обраний типовий вітчизняний вагон-прототип програє вагонам-конкурентам, бо володіє низькою вантажопідйомністю. Пропонується для вирішення цієї проблеми в вагоні спроектувати кузов нового покоління «краплеподібної» форми зі збільшеним об'ємом за рахунок максимально якісного використання розрахункового габариту. При цьому вагон-прототип володіє маленькими лінійними розмірами, а саме: довжиною і базою, що можна вважати перевагою в порівнянні з конкурентами. У спроектованому вагоні пропонується залишити довжину вагона і базу такими ж, як і у вагона-прототипу. У сукупності зі збільшеним об'ємом кузова, вантажопідйомністю і маленькою довжиною вагона можна буде включати в поїзди при тій же довжині складу, що і при використанні вагонів-конкурентів, більшу кількість вагонів. Це в цілому дозволить провозити більшу кількість вантажу. Така характеристика добре позначиться на конкурентоспроможності проектного вагона.

Основними техніко-економічними параметрами вагонів-хоперів [1, 4, 6], що характеризують їх ефективність, є вантажопідйомність, тара, обсяг кузова і навантаження від вагона на 1 пог. м шляху. При виборі цих параметрів в процесі проектування вагонів-хоперів необхідно забезпечити наступні відповідності: параметрів хопера — характеру вантажу; розмірів і конструкції кузова — характеристик навантажувальних машин і механізмів; конструкції і устаткування хопера — умовам експлуатації. За умовою відповідності характеру вантажу співвідношення між ємністю кузова і його вантажопідйомністю має бути таким, щоб при нормальному завантаженні кузова вантажопідйомність вагона використовувалася повністю.

Розглянемо більш детально конструктивні особливості спеціалізованого вагона-хопера моделі 19-752 для перевезення зерна (рис. 3), який має суцільно-металевий кузов з шістьма розвантажувальними люками бункерного типу (11) з шістьма механізмами (12) для відкривання і закривання кришок (13) люків, на яких передбачені пристрої для встановлення вібраторів для забезпечення полегшення висипання зерна. Кузов вагона складається з рами (8), бічних (5) і торцевих (6) стін і даху (1). Для механізованого навантаження зерна в даху є чотири щільних завантажувальних люки (2) із кришками (з гумовими ущільненнями) і пружними закидами (3), валом (4) і приводом (7) механізму запирання. Вагон обладнаний площадкою з огороженням (10) для безпечного переходу.

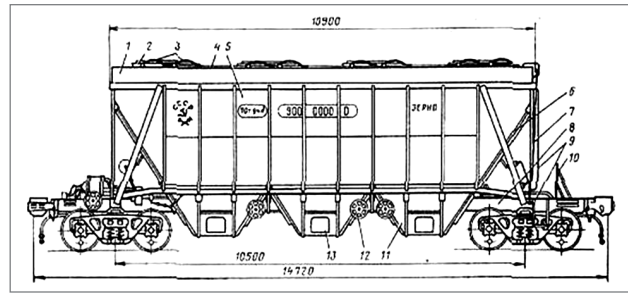


Рис. 3. Вагон-хопер для перевезення зерна

Бічні стіни (рис. 4) виготовлені з гофрованої металевої обшивки (6) товщиною 3 мм із підкріпленнями десятьма стійками (5) (двотавр № 10), верхньої (4) і нижньої (7) обв'язки.

Похилі торцеві стіни (12) кузова нахилені у бік крайніх розвантажувальних люків під кутом 55° до площини рами і посилені двома стояками-розкосами (швелер № 14) з метою підвищення міцності та жорсткості кузова.

Бункери (9) зварені з листів товщиною 5 мм в формі урізаної піраміди та мають розвантажувальні кришки (10) люків з гумовими ущільненнями. Кожні два протилежні бункери оснащені одним важільним механізмом розвантаження з привідним штурвалом (8). Цей механізм забезпечує попарне відкривання та закривання кришок люків бункера, а також дозволяє дозувати висипання зерна або зовсім призупинити вивантаження в будь-який час. Нижній лист обшивки посилений двома поєздовжніми (15) та одним поперечним (13) поясами та підкосами (11). Для придання консольним частинам кузова достатньої міцності та жорсткості кожна торцева стіна посилена двома стійками-розкосами (14) та (16) з швелера № 14.

Дах кузова зварений з гофрованих металевих листів (1) товщиною 3 мм у середній частині і 1,8 мм із боків, підкріпленими дванадцятьма дугами (3) (кутник $75 \times 50 \times 5$ мм). З торцевими стінами дах скріплюється фрамугами (17), а з боковими – безпосередньо приваркою до верхньої обв'язки (4) стіни. По всій довжині даху проходить трап (2). Для підйому обслуговуючого персоналу на дах з метою виконання ремонтних, підготовчих і навантажувально-розвантажувальних робіт є зовнішні сходи, а для спускання в середину кузова є внутрішні сходи.

Рама (рис. 5) складається з хребтової балки (3), двох бокових (2), двох кінцевих (5), двох шворневих (1) та двох середніх (4) балок. В консольній частині хребтова балка посилена ударною розеткою (7) та упорами автозчепи. Для безпечної роботи складачів вагонів на кінцевій балці встановлені поручні (6). Шворневі балки коробчатого перетину складаються з двох вертикальних (12) 6 мм та двох горизонтальних (13) 10 мм листів. На нижньому горизонтальному листі шворневої балки укріплені ковзуни (10) та п'ятник (11). Для забезпечення міцності опорного вузла та підвищення жорсткості сполучення шворневої та хребтової балок між ними встановлена надп'ятникова

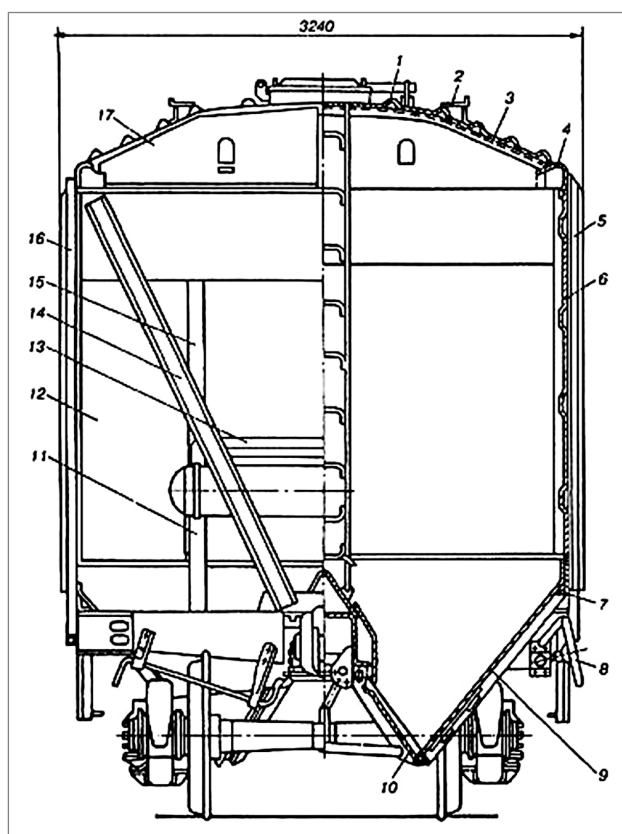


Рис. 4. Поперечний перетин кузова критого вагона-хопера для зерна

коробка (9). Середні поперечні балки складаються з вертикального (14) 6 мм та нижнього похилого (15) 8 мм листів.

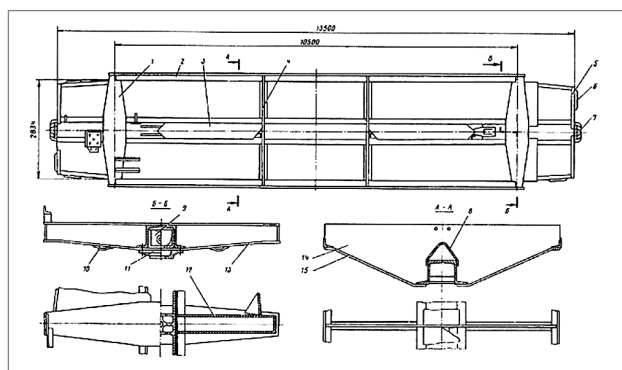


Рис. 5. Рама критого вагона-хопера для зерна

Конструкція спроектованого вагона-хопера повинна забезпечувати:

- збільшення вантажопідйомності і зниження коефіцієнта тари завдяки раціональній конструкції, застосування більш міцних і корозієстійких сталей, алюмінієвих сплавів;
- підвищення пристосованості вагонів до комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт і максимальне зниження важкої ручної праці при цих операціях;
- зниження матеріаломісткості і трудомісткості виготовлення вагонів завдяки поліпшенню технологічності конструкції, застосування великих блоків при складанні, максимальної уніфікації вузлів і деталей;

— міцність і надійність роботи вагона в експлуатації та ін.

Прикладами реалізації оригінальних технічних рішень можуть також послужити конструкції критих вагонів виробництва ПАТ «Азовмаш», ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» та ін., вказаних на рис. 6-7.

Вагон-хопер з кузовом із композиційних матеріалів (рис. 7а) призначений для експлуатації по всій мережі залізниць колії 1520 мм країн СНД, Латвії, Литви, Естонії для безпечного перевезення безпечних мінеральних добрив та інших сипучих безпечних вантажів, що вимагають захисту від атмосферних опадів, з вивантаженням на пунктах, мають приймально-розвантажувальні пристрої.

Конструкція композитного кузова вагона-хопера є самостійною монококовою обшивкою зі склопластику, підкріпленою внутрішнім силовим набором, що складається з 7 поперечних шпангоутів і центральної хребтової рами, що заходить на торцеві стіни.

Склопластик є дуже перспективним легким матеріалом із заданими властивостями, який має велику область застосування. Склопластики мають низьку теплопровідність, міцність сталі, високу корозійну і біологічну стійкість. Термін служби конструкцій з композиційних матеріалів (склопластику і вуглепластику) при дотриманні умов експлуатації становить до 100 років. Завдяки цим властивостям вироби з композиційних матеріалів знаходять широке застосування в цивільному і промисловому будівництві, авіації, а відтепер і у вагонобудуванні.



Рис. 6. Криті вагони



Рис. 7. Вагони-хопери нового покоління:

7а – вагон-хопер для вантажів, що вимагають захисту від атмосферних опадів; 7б – вагон-хопер моделі 19-9549-01 зі збільшеним обсягом кузова; 7в – вагон-хопер для перевезення зерна моделі 19-6870

Збільшений обсяг кузова вагона-хопера моделі 19-9549-01 (рис.76) дає можливість перевозити всі зернові вантажі з використанням повної вантажопідйомності вагона. Це дозволяє отримати максимальний економічний ефект на вагон. Вагон має оптимальне співвідношення кутів нахилу розвантажувальних стін бункерів і торцевих стін для повного вивантаження.

На малюнку 7в вказаний вагон-хопер бункерного типу для перевезення зерна моделі 19-6870 призначений для перевезення зерна та інших сипучих харчових вантажів із гравітаційним навантаженням і розвантаженням вагона в мікррейковий простір. Вантажопідйомність вагона-зерновоза складає 76,2 т. Обсяг кузова становить 120 кубічних метрів. Ця модель вагона забезпечує більш високу економічну ефективність перевезень в порівнянні з існуючими аналогами.

Оскільки кузов вагона представляє складну статично невизначену систему, забезпечити інтенсивну роботу всіх несучих елементів і отримати конструкцію мінімальної металоємності методами традиційного проектування важко. Вирішити це завдання можна на підставі теорії оптимального проектування конструкцій. Під оптимальним проектуванням розуміється відшукування таких проектних параметрів конструкцій, при яких вона, з урахуванням заданих обмежень, буде найкращою з усіх можливих варіантів. Завдання оптимального проектування полягає в знаходженні таких параметрів проектування, які будуть задовольняти накладеним обмеженням, і при яких функція мети (критерій якості проектування) матиме екстремальне значення (наприклад, обсяг металу в конструкції буде мінімальним).

Представлені у статті матеріали є базовими при створенні бункерних вагонів-хоперів чи глибокій модернізації існуючих моделей, а також підвищенні ефективності експлуатації.

Результати проведеного розгляду сучасного стану конструктивної досконалості зерновозів обґрунтували необхідність цілеспрямованого відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт на розроблення їх зразків нового покоління, що безпосередньо пов'язано із застосуванням нових фізичних смислів при проектуванні їх конструкцій. Для розробки інноваційного конкурентоспроможного вантажного рухомого складу необхідно розробити та реалізувати на практиці оптимальні конструктивні рішення кон-

струкцій вагонів, на основі використання сучасних машинобудівних технологій з проектування, виготовлення, зварювання та сучасні засоби теоретичних та експериментальних досліджень нової техніки на рівні світових стандартів. **БП**

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Фомін, О. В. Розробка методики впровадження різних профілів в якості складових елементів несучих систем вантажних вагонів [Текст] / О. В. Фомін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». — Харків. — 26/2012 — С.29-33.
2. Panchenko, S. V., Butko, T. V., Prokhorchenko, A. V., Parkhomenko, L. O. (2016), "Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises", *Natsional'nyi Hirnychi Universytet. Naukovyi Visnyk*. — Vol. 2. — Pp. 93–99.
3. Fomin, O. V. (2013) *Evaluation of supplies of bearing strength of baskets of freight carriage building and their elements* // *Scientific-and-technical (Sci.-Tech.) collected works*. — Kharkiv: UkrDAZT. — Vol. 139. — Pp. 273-282. [in Ukrainian]
4. Lovska, A. A. (2015) "Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge" *Metallurgical and mining industry*. — No. 1. — Pp. 49–54.
5. Пат. 101213 Україна, МПК (2013.01) B61D 7/00 (2006.01) B61F 1/02 (2006.01) B61 D 7/16 (2006.01) B61 D 17/06 (2006.01) B61 D 17/08 (2006.01) Залізничний піввагон-хопер для гарячих котунів та агломерату / В. В. Фомін, О. В. Фомін (Україна); власник: автори. — № а201103663; заявка 23.03.2011; публ. 11.03.2013, бюл. №5.
6. N. Gorbunov, E. Kravchenko, R. Demin, O. Nogenko, O. Prosvirova, *Analysis of the constructive features of railway brakes and methods of improving the process of their functioning*, *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, Vol. 13, No. 5, Poland, 2013. — Pp. 98–102.
7. Keltrykh M. (2014) "Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Scientific and technical journal, "Metallurgical and Mining Industry"*. — No. 6. — Pp. 64-67.
8. РД 24.050.37-90 «Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества».
9. Fomin, O. V., Burlutsky, O. V., Fomina, Yu. V. (2015) "Development and application of cataloging in structural design of freight car building", *Scientific and technical journal "Metallurgical and Mining Industry"*. — No. 2. — Pp. 250–256.
10. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) и изменения и дополнения. — М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. — 319 с.