

## ТРАНСПОРТ ТА ЛОГІСТИКА

УДК 629.4.02.001.76

© Фомін О.В.<sup>1</sup>, Мурашова Н.Г.<sup>2</sup>, Воропай В.С.<sup>3</sup>, Коваленко В.В.<sup>4</sup>

### СУЧАСНИЙ СТАН КОНСТРУКТИВНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ БУНКЕРНИХ ВАГОНІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ

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 збільшенням об'ємом за рахунок максимально якісного використання розрахункового габариту.

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

**Фомин А.В., Мурашова Н.Г., Воропай В.С., Коваленко В.В. Современное состояние конструктивного совершенства бункерных вагонов для перевозки зерновых и перспективы их развития.** Выполнен анализ современного состояния парка вагонов-хопперов для перевозки зерна в Украине. Освещены конструкционные особенности вагонов-хопперов разного типа, определено конструктивное совершенство зерновозов (из семейства бункерных вагонов-хопперов) и перспективы его развития. Предложен кузов нового поколения «каплевидной» формы с увеличенным объемом за счет максимально качественного использования расчетного габарита.  
**Ключевые слова:** транспорт, транспортная механика, грузовые вагоны, конструктивное совершенство, хоперы-зерновозы.

**O.V. Fomin, N.G. Murashova, V.S. Voropay, V.V. Kovalenko. Modern state of the structural perfection of hopper cars for transportation of grains and their development prospects.** The analysis of the modern fleet of hopper cars used for grain transportation in Ukraine has been done. The analysis revealed the need to create a new generation of wagons to upgrade the fleet of freight cars and reduce the number of specialized cars with expired service life. The structural features of various hoppers used for grain transportation as compared to the other types of hoppers as well as the prospects for their development have been covered. The analysis of the hopper cars fleet used for grain transportation has led to the conclusion that Car 19-7053 is losing competitiveness in carrying capacity. The new generation of «teardrop» shape cars with increased volume due to the highest quality using the design envelope has been proposed. The newly designed car is supposed to be of the same length and base as the prototype model. Thus, the length of the consist remaining the same but there being more cars in it with increased body volume, capacity and small length of the cars, it will be possible to carry more goods. The article noted that such characteristics will promote the competitiveness of the designed

<sup>1</sup> д-р техн. наук, доцент, Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, [fomin1985@list.ru](mailto:fomin1985@list.ru)

<sup>2</sup> наук. співроб. ПКТБ Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ, [ntyr79@mail.ru](mailto:ntyr79@mail.ru)

<sup>3</sup> канд. техн. наук, ст. викладач, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [vvoropay86@mail.ru](mailto:vvoropay86@mail.ru)

<sup>4</sup> аспірант, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Северодонецьк, [kovalenko.vjacheslav@mail.ru](mailto:kovalenko.vjacheslav@mail.ru)

car. The article outlines the design requirements on new-generation railcars, namely, the increase in capacity and better cargo accommodation thanks to the rational design, the use of strong corrosion-resistant steels, aluminum alloys; the improvement of adaptation of the cars to the complex mechanization of loading and unloading operations and the maximum reduction of manual labor in these operations; less material and labour consumption in manufacturing through better manufacturability of the design, maximum unification of units and parts; the strength and reliability of the car under operating conditions and etc. We determined the optimal constructive solutions for innovative, competitive freight rolling stock. The following materials are the base to create the bunker hoppers or to modernize the existing models and to improve the operating efficiency.

**Key words:** transport, transport mechanics, freight cars, design excellence, grain hopper.

**Постановка проблеми.** 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, особливою важливістю характеризуються 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.

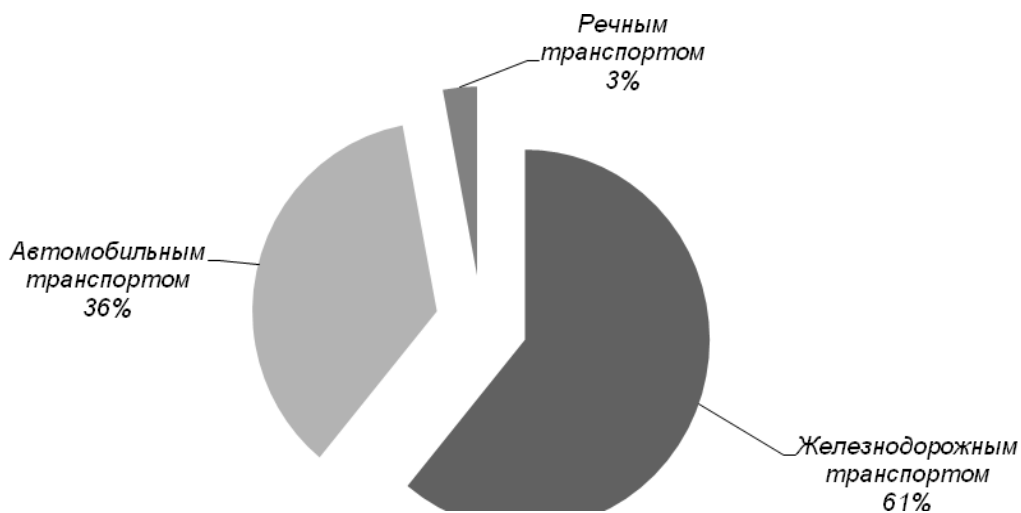


Рис. 1 – Транспортне забезпечення доставки зернових вантажів в морські порти

Таким чином, основні потоки зерна в порти для перевалки на експорт забезпечуються залізничним транспортом [4, 5]. Основним типом залізничного рухомого складу, що використовується для перевезень зернових, є бункерний вагон-хопер для перевезення зерна [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз даних показує, що в Україні вагони-хопери для перевезення зерна (далі – зерновози) в основному представлені вагонами 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 в структуру 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 [7].

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

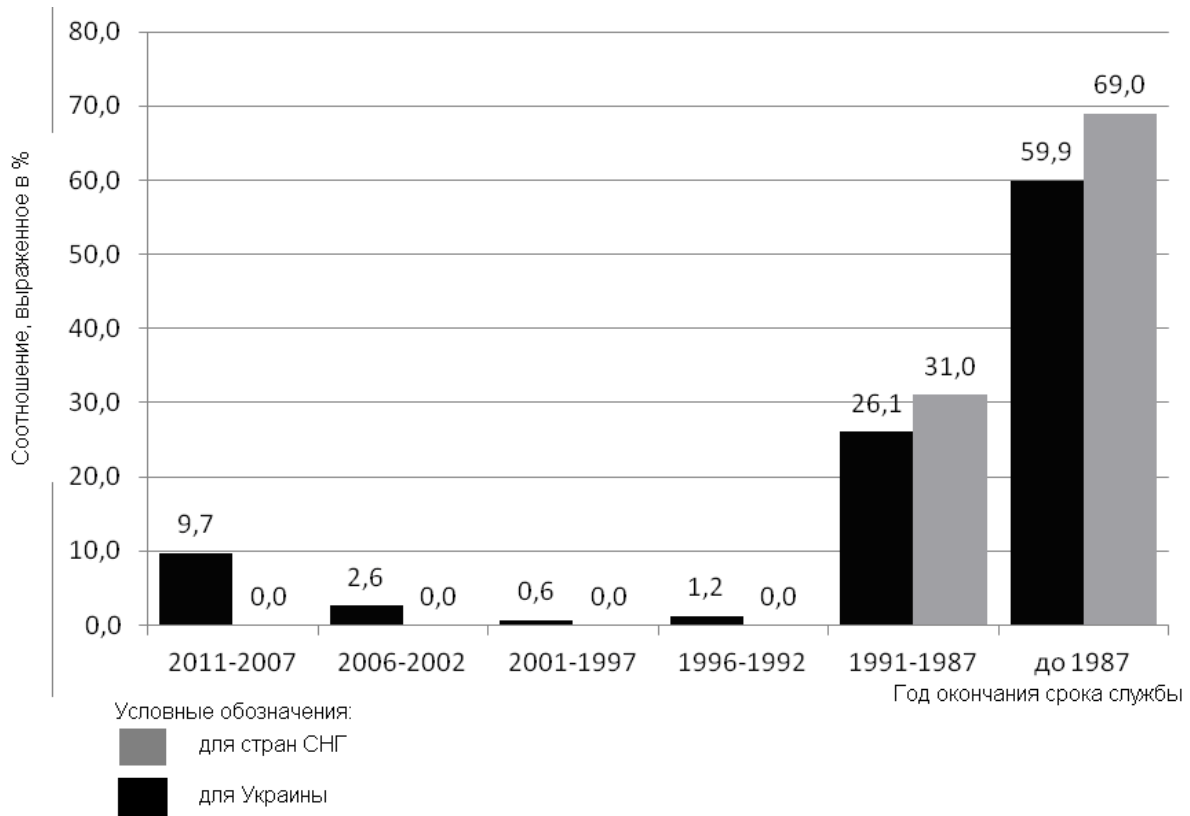


Рис. 2 – Структура парку зерновозів СНД і України щодо терміну служби

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, є актуальною для залізничного транспорту.

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

Хоппер – вид вантажного вагона [8-11] бункерного типу для перевезення залізничним транспортом 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 ширина 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 [8, 9]. 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 хорошими техніко-економічними параметрами, збереженням перевезених вантажів, що дає їм перевагу над іншими видами вагонів. У країнах СНД та Україні експлуатується і виробляється значна кількість моделей хоперів для перевезення зерна. У таблиці наведені характеристики деяких моделей вагонів-хоперів для перевезення зерна різних заводів-виробників.

Таблиця

Технічні характеристики вагонів-хоперів для перевезення зерна

| Модель     | Вантажопідйомність, т | Осьове навантаження, т / вісь | Обсяг кузова, м <sup>3</sup> | Маса тари, т | Довжина по осях автотягачів, мм | База вагона, мм | Кількість завантажувальних люків | Завод-виробник                                  |
|------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| 19-756     | 76,5                  | 25                            | 111                          | 23,5         | 14720                           | 10500           | 4/6                              | ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод»          |
| 19-7053    | 76,5                  | 25                            | 116                          | 24           | 14720                           | 10500           | 5/3                              | ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод» прототип |
| 19-9549    | 76                    | 25                            | 120                          | 23,5         | 14720                           | 10500           | 5/6                              | ЗАТ «Тихвинський вагонобудівний завод»          |
| 19-9870-01 | 76,5                  | 25                            | 101                          | 23,5         | 14720                           | 10500           | 4/6                              | ЗАТ «Тихвинський вагонобудівний завод»          |
| 19-6870    | 76,2                  | 25                            | 120                          | 23,8         | 14720                           | 10500           | 5/6                              | ВАТ «Завод металокопирів»                       |
| 19-9944-01 | 78,5                  | 25                            | 114                          | 21,2         | 14720                           | 10500           | 4/6                              | ВАТ «Промтрактор-вагон»                         |

**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.

**Виклад основного матеріалу.** Проаналізувавши ринок вагонів-хоперів для перевезення зерна можна зробити висновок, що обраний типовий вітчизняний вагон-прототип програє вагонам-конкурентам – 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 знов 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

поїзда при тій же довжині складу, що і при використанні вагонів-конкургентів, більшу кількість вагонів, це в цілому дозволить провозити більшу кількість вантажу. Така характеристика добре позначиться на конкурентоспроможності проектуваного вагона.

Основними техніко-економічними параметрами вагонів-хоперів [1, 6, 8], 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 – характеристики 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. На рис. 3 показана конструктивна схема вагона-прототипу.

Розглянемо більш детально конструктивні особливості спеціалізованого вагона-хопера моделі 19-752 для перевезення зерна (рис. 3), який має суцільнометалевий 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 огородженням (10) для безпечного переходу.

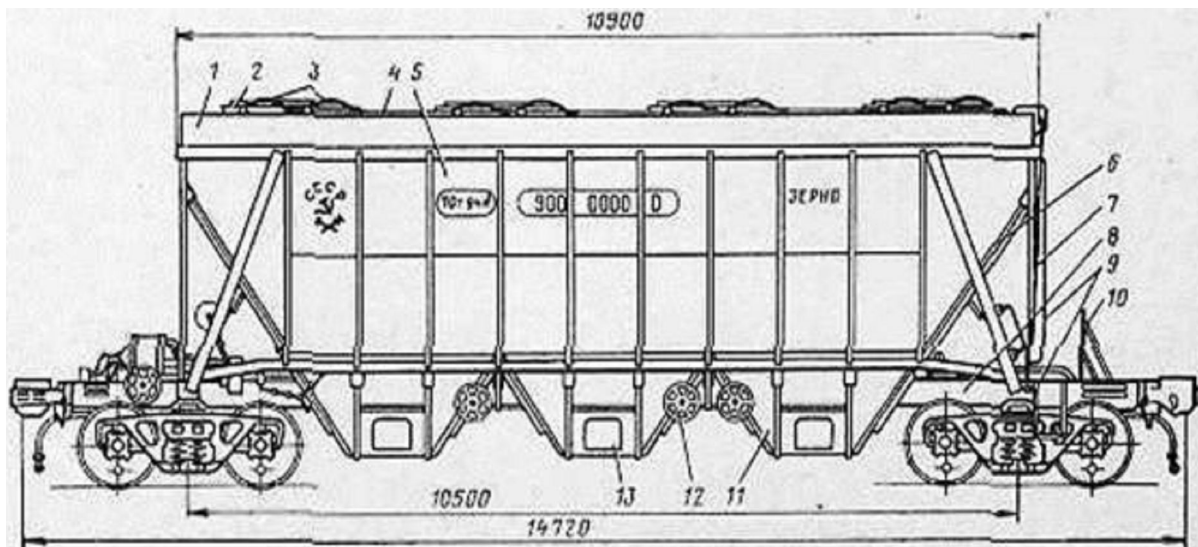


Рис. 3 – Вагон-хопер для перевезення зерна

Бічні стіни (рис. 4) виготовлені з гофрованої металевої обшивки (6) товщиною 3 мм із підкріпленими 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  $55^\circ$  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 резиновими ущільненнями. Кожні два протилежні бункери оснащені одним важільним механізмом розвантаження з приводним штурвалом (8). Цей механізм забезпечує попарне відкривання та закривання кришок люків бункера, а також дозволяє дозувати висипання зерна або зовсім призупинити вивантаження в любий час. Нижній лист обшивки посилений двома повздовжніми (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 75×50×5 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.

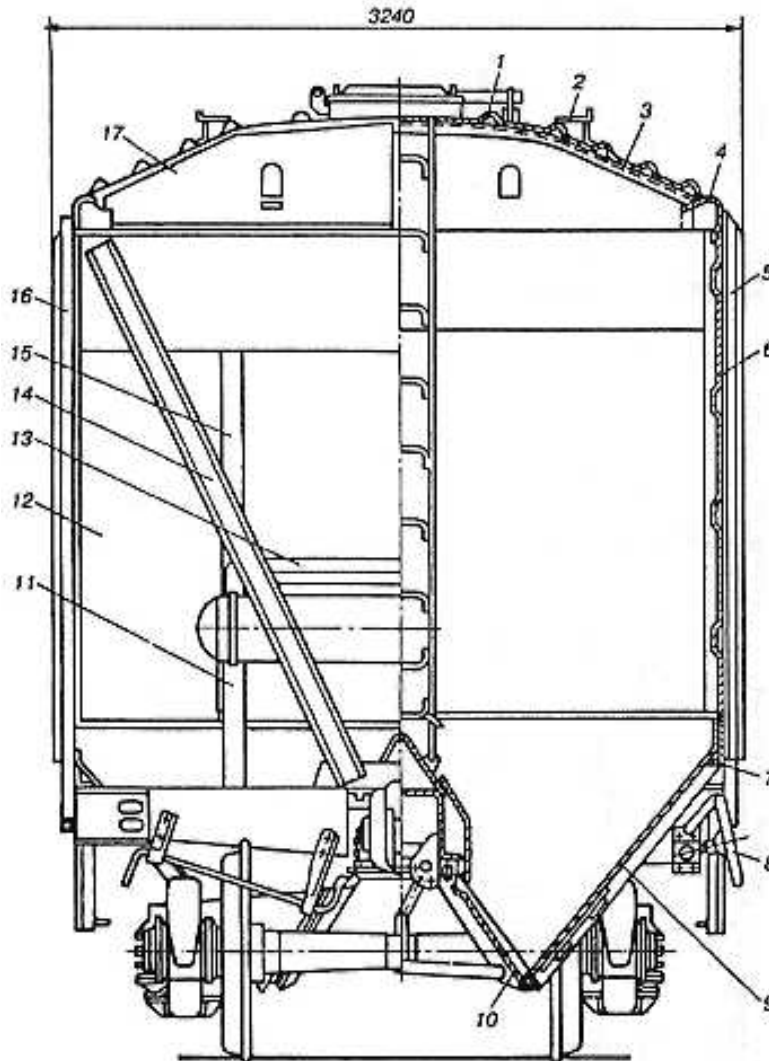


Рис. 4 – Поперечний перетин кузова критого вагона-хопера для зерна

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

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.

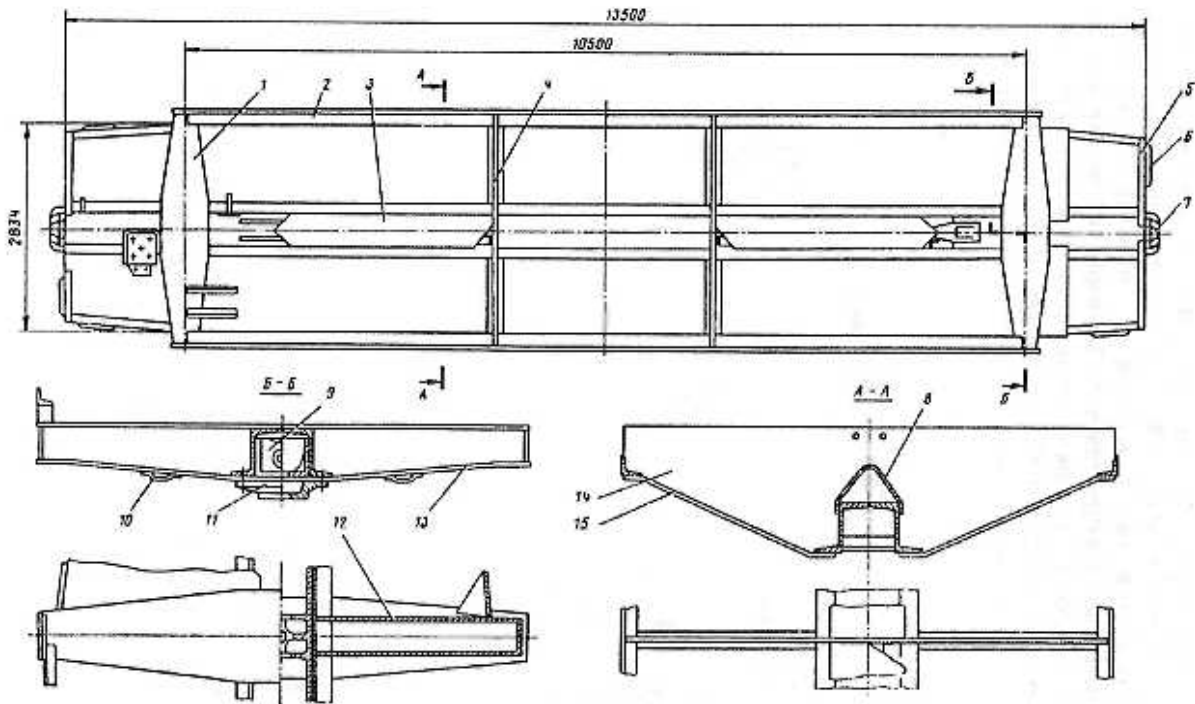


Рис. 5 – Рама критого вагона-хопера для зерна

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

Вагон-хопер з кузовом із композиційних матеріалів (рис. 7, а) призначений для експлуатації по всій мережі залізниць колії 1520 мм країн СНД, Латвії, Литви, Естонії для безтарного 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 – це дуже перспективний легкий матеріал 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 вуглепластика) 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.

Збільшений обсяг кузова вагона-хопера моделі 19-9549-01 (рис.7, б) 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 рис. 7, в 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 міжрейковий простір. Вантажопідйомність вагона-зерновоза складає 76,2 тони. Обсяг кузова становить 120 кубічних метрів. Ця модель вагона забезпечує більш високу економічну ефективність перевезень в порівнянні з існуючими аналогами.



Рис. 6 – Криті вагони



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

Оскільки кузов вагона представляє складну статично невизначену систему, забезпечити інтенсивну роботу всіх несучих елементів відповідно отримати конструкцію мінімальної металоемності 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 буде з урахуванням заданих обмежень 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).



**Висновки**

Представлені у статті матеріали є базовими при створенні бункерних вагонів-хоперів чи глибокої модернізації їх існуючих моделей, а також підвищенні ефективності їх 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 конструкцій вагонів на основі використання сучасних машинобудівних технологій з проектування [1, 2], виготовлення, зварювання та сучасні засоби теоретичних та експериментальних досліджень нової техніки на рівні світових стандартів.

**Перелік використаних джерел**

1. Фомин А.В. Повышение степени идеальности грузовых вагонов и прогнозирование стадий их эволюции / А.В. Фомин // Науковий вісник національного гірничого університету. – Дніпропетровськ : Дніпр. нац. гірн. ун-т, 2015. – Вип. 3. – С. 68-76.
2. Фомін О.В. Теоретичні основи програмного комплексу визначення та використання математичних моделей складових вантажних вагонів / О.В. Фомін // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук : 2013. – № 6. – С. 87-91.
3. Kelrykh M.V. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas / M.V. Kelrykh, O.V. Fomin // Metallurgical and Mining Industry : Scientific and technical journal. – Dnipropetrovsk, 2014. – № 6. – Pp. 57-60.
4. Формирование автоматизированной системы расчета пропускной способности железнодорожных сетей для продвижения грузопотоков предприятий горно-металлургического комплекса / С.В. Панченко [и др.] // Науковий вісник національного гірничого університету. – Дніпропетровськ : Дніпр. нац. гірн. ун-т, 2016. – Вип. 2. – С. 93-99.
5. Analysis of the constructive features of railway brakes and methods of improving the process of their functioning / N. Gorbunov [et al.] // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – Poland, 2013. – Vol. 13. – № 5. – P. 98-102.
6. Fomin O.V. Development and application of cataloging in structural design of freight car building / O.V. Fomin, O.V. Burlutsky, Yu.V. Fomina // Metallurgical and Mining Industry : Scientific and technical journal. – Dnipropetrovsk, :2015. – № 2. – Pp. 250-256.
7. Мямлин С.В. Проблемы и перспективы перевозки зерновых грузов железнодорожным транспортом в Украине / С.В. Мямлин, Д.Н. Козаченко, Р.В. Вернигора // Залізничний транспорт України. – 2013. – Вип. 2 (99). – С. 32-34.
8. Lovska A.A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge / A.A. Lovska // Metallurgical and mining industry : Scientific and technical journal. – Dnipropetrovsk, 2015. – № 1. – Pp. 49-54.
9. Пат. 101213 Україна, МПК В 61 D 7/00, В 61 F 1/02, В 61 D 7/16, В 61 D 17/06, В 61 D 17/08. Залізничний піввагон-хопер для гарячих котунів та агломерату.
10. ОСТ 24.050.37-84. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. – Утв. и введ. 1985-01-07, № ВА-002/10324. – М. : Министерство тяжелого и транспортного машиностроения, 1984. – 49 с.
11. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – [Действует от 01.07.1996]. – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.

**References:**

1. Fomin O.V. Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages. *Naukovii visnik natsional'nogo girnichogo universitetu – Scientific Bulletin of National Mining University*, 2015, iss. 2, pp. 68-76. (Eng.)
2. Fomin O.V. Teoretychni osnovy programnoho kompleksu vyznachennya ta vykorystannya matematychnykh modeley skladovykh vantazhnykh vagoniv [Theoretical Foundations software package definition and use of mathematical models of components off freight wagons]. *Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu imeni Mykhayla Ostrograds'koho – Bulletin of the*

- Kremenchug National University Mykhailo Ostrohradskiy*, 2013, no. 6, pp. 87-91. (Ukr.)
3. Kelrykh M. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Metallurgical and Mining Industry*, 2014, no. 6, pp. 64-67. (Eng.)
  4. Panchenko S.V., Butko T.V., Prokhorchenko A.V., Parkhomenko L.O. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises. *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovi Visnyk – Bulletin of the National Dnipropetrovsk Mining University*, 2016, no. 2, pp. 93-99. (Eng.)
  5. Gorbunov N., Kravchenko E., Demin R., Nogenko O., Prosvirova O. 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*, 2013, vol. 13, no. 5, pp. 98-102. (Eng.)
  6. Fomin O.V., Burlutsky O.V., Fomina Yu.V. Development and application of catalogin structural design of freight car building. *Metallurgical and Mining Industry*, 2015, no. 2, pp. 250-256. (Eng.)
  7. Miamlin S.V., Kozachenko D.M., Vernigora R.V. Problemy i perspektivy perevozki zernovykh gruzov zheleznodorozhnym transportom v Ukraine [Problems and prospects of transportation of grain cargoes by railway transport in Ukraine]. *Zheleznodorozhnyy transport v Ukraine – Rail transport in Ukraine*, 2013, no. 2, pp. 32-34. (Rus.)
  8. Lovska A.A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. *Metallurgical and mining industry*, 2015, no. 1, pp. 49-54. (Eng.)
  9. Fomin O.V., Fomin V.V. *Zaliznychnyy pivvahon-khoper dlya haryachykh kotuniv ta ahlomeratu* [Rail wagon-hopper for hot pellets and sinter]. Patent UA, no. 101213, 2013. (Ukr.)
  10. *RD 24.050.37-84. Vagoni gruzovie i passajirskie. Metodi ispitaniy na prochnost' i hodovie kachestva* [Directive document 24.050.37-84. Railways carriages freight and passenger. Methods of tests on durability and working internals]. Moscow, State Research Institution of freight railway cars Publ., 1984. 49 p. (Rus.)
  11. *Normi dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zhelezniy dorog MPS kolei 1520 mm (ne-samohodnih) s izmeneniyami i dopolneniyami* [Norms calculating and design in rail ways carriages IPS gage railway 1520 mm (non self-propelled) with changes and additions]. Moscow, State Research Institution of freight railway cars – All-Russian Research Institute of railway transport Publ., 1996. 317 p. (Rus.)

Рецензент: В.Е. Парунакян  
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 18.04.2017

УДК 669:656.2

© Маслак А.В.<sup>1</sup>, Красулин А.С.<sup>2</sup>

### АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА ПРИ ТРАНСПОРТНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*В статье произведена оценка эксплуатационных показателей работы локомотивов по времени, мощности и сцепному весу при обслуживании транспортно-грузового комплекса прокатного цеха металлургического предприятия.*

**Ключевые слова:** промышленный железнодорожный транспорт, тяговые средства, транспортно-грузовой комплекс прокатного производства, транспортные технологии.

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [avmaslak@mail.ru](mailto:avmaslak@mail.ru)

<sup>2</sup> ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [krasulin-aleksandr@rambler.ru](mailto:krasulin-aleksandr@rambler.ru)