

УДК 629.463.001

Ю. В. Кебал

(завідувач Проектно-конструкторського технологічного бюро з проектування та модернізації рухомого складу, колії та штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна)

В. А. Шатов

(начальник відділу перспективних розробок Проектно-конструкторського технологічного бюро з проектування та модернізації рухомого складу, колії та штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна)

О. М. Тьокотєв

(начальник відділу розробок рухомого складу Проектно-конструкторського технологічного бюро з проектування та модернізації рухомого складу, колії та штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна)

Н. Г. Мурашова

(науковий співробітник Проектно-конструкторського технологічного бюро з проектування та модернізації рухомого складу, колії та штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна)

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ХОПЕРА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА

Важливим напрямом реалізації вимог до рухомого складу нового покоління є формування вантажного парку на основі моделей вагонів вітчизняного виробництва, які мають сучасний рівень техніко-економічних і експлуатаційних показників. Найбільш пристосованими для перевезення зерна є вагони-хопери. Тому необхідно зменшення кількості вагонів-хоперів з вичерпаним терміном служби і створення перспективних моделей вагонів-хоперів нового покоління. Дослідження конструктивних особливостей вагонів-хоперів проводиться шляхом вивчення конструкторської документації на вагони-зерновози різних виробників, а також за матеріалами наукових публікацій з даними розробників про отримані в ході теоретичних і експериментальних досліджень результати. Оскільки кузов вагона є складною статично невизначеною системою, забезпечити інтенсивну роботу всіх несучих елементів, відповідно отримати конструкцію мінімальної металоємності методами традиційного проектування важко. Основну увагу в розробках приділено подальшому вдосконаленню конструкції вагона-хопера методом ОПК, які зможуть забезпечувати виконання вимог, що пред'являються до сучасного інноваційного рухомого складу.

Ключові слова: конструкція, вагон-хопер, перевезення зерна, інноваційність.

© Кебал Ю. В., Шатов В. А., Тьокотєв О. М., Мурашова Н. Г., 2017

Важним направлением реализации требований к подвижному составу нового поколения является формирование грузового парка на основе моделей вагонов отечественного производства, которые имеют современный уровень технико-экономических и эксплуатационных показателей. Наиболее приспособленными для перевозки зерна, есть вагоны-хопперы. Поэтому необходимо уменьшение количества вагонов-хопперов с истекшим сроком службы и создание перспективных моделей вагонов-хопперов нового поколения. Исследование конструктивных особенностей вагонов-хопперов проводится путем изучения конструкторской документации на вагоны-зерновозы различных производителей, а также по материалам научных публикаций по данным разработчиков о полученных в ходе теоретических и экспериментальных исследований результаты. Поскольку кузов вагона представляет сложную статически неопределенную систему, обеспечить интенсивную работу всех несущих элементов, соответственно получить конструкцию минимальной металлоемкости методами традиционного проектирования трудно. Основное внимание в разработках уделено дальнейшему совершенствованию конструкции вагона-хоппера методом ОПК, которые смогут обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к современному инновационному подвижному составу.

Ключевые слова: конструкция, вагон-хоппер, перевозка зерна, инновационность.

Постановка проблеми. Залізнична галузь є одною з основних бюджетоутворюючих галузей економіки України. Головним джерелом надходжень доходів залізничного транспорту є прибуток за перевезення вантажів у внутрішньому та міждержавному сполученнях.

Значно зросла потреба у новому рухомому складі, який зможе забезпечити підвищену надійність, продуктивність та економічність в експлуатації. При цьому сучасний парк вантажних вагонів сформовано з моделей вагонів, конструкція яких була спроектована за технологіями середини минулого сторіччя.

Сучасний стан безпеки руху залізниць України вказує на необхідність модернізації існуючих та виготовлення більш сучасних вантажних вагонів усіх типів. Укрзалізниця передбачає оновлення вагонного парку новими та модернізованими моделями вантажних вагонів з сучасним рівнем техніко-економічних та експлуатаційних показників [1-2]. Тобто, існує потреба в конструкторських розробках сучасних вантажних вагонів з урахуванням новітніх матеріалів та застосуванням сучасних технологій зварювання, які дозволять забезпечити високий рівень надійності, гарантувати підвищення рівня безпеки руху та знизити їх металоємність.

Зерновий сектор України є стратегічною галуззю економіки країни, який визначає обсяг пропозиції і вартість основних видів продовольства для населення країни, формує значну частину доходів сільськогосподарських виробників, визначає стан і тенденції розвитку сільських територій, формує валютні надходження країни за рахунок експорту. Зернова галузь розглядається як база і джерело стійкого розвитку більшості галузей агропромислового комплексу і основа аграрного експорту. Основним типом залізничного рухомого складу, що використовується для перевезень зернових, є хоппер-зерновоз. В даний час парк вагонів-зерновозів країн СНД і Балтії істотно зменшився в порівнянні з 1991 р. 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 [3-4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз тенденцій розвитку сучасного вагонобудування показує, що вагони нового покоління виконуються за конструктивними схемами, які дозволяють значно прискорити процес завантаження і вивантаження, збільшити ступінь збереження вантажу, що перевозиться, підвищити рівень механізації вантажно-розвантажувальних процесів, а також забезпечити високу надійність, ремонтпридатність і мінімальну вартість життєвого циклу. Рішення представлених проблем можливе на основі глибоких наукових досліджень з удосконалення конструкцій бункерних вагонів.

Велика роль у розвитку конструкцій вантажних вагонів належить вітчизняним ученим і конструкторам, які працюють в науково-виробничих установах, а також вагонобудівних заводах. Роботи з удосконалення конструкцій рухомого складу проводяться у низці ВНЗ, наукових і виробничих об'єднаннях [5-7].

Деякими вченими були досліджені проблеми, пов'язані з вибором раціональних параметрів несучої металоконструкції вагонів-хоперів [8-14].

Розробка варіантів конструктивних рішень вантажних вагонів проводиться шляхом вивчення конструкторської документації на вантажні вагони різних виробників, а також за матеріалами наукових публікацій з даними розробників, що отримані, в ході теоретичних і експериментальних досліджень.

Мета. Задача постановки на виробництво нового вагона-хопера для перевезення зерна вкрай актуальна, оскільки попит на подібні вагони значно виростає в найближчій перспективі.

При створенні спеціалізованих бункерних вагонів нового покоління для перевезення сипучих вантажів надзвичайно важливою стає проблема вдосконалення методів вибору раціональних параметрів вагонів даного типу, що ще на ранніх стадіях їх проектування дозволить виявити перспективні варіанти конструкцій вагонів і окремих функціональних вузлів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вагони нового покоління повинні відповідати критеріям інноваційності (рис. 1).

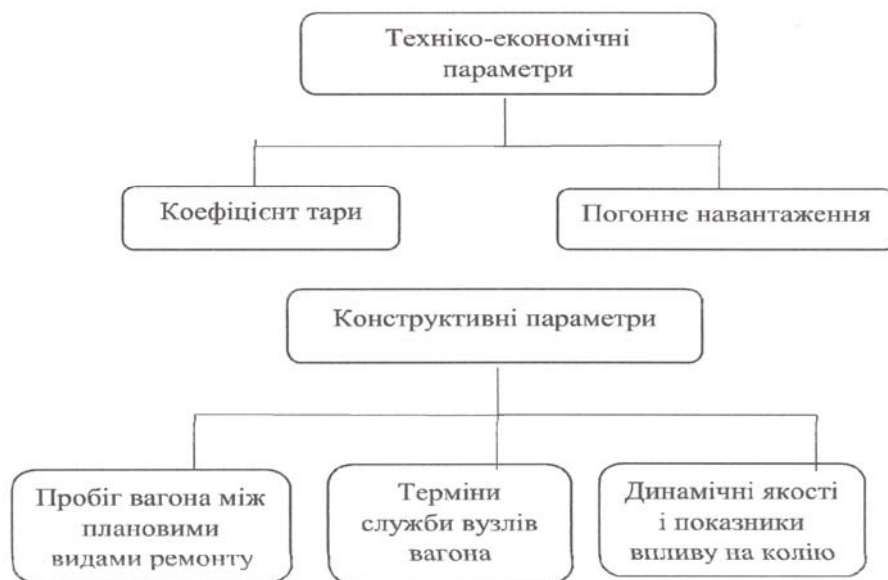


Рис. 1. Критерії інноваційності вагона

При розробці конструкції вантажних вагонів (вагонів-хоперів) розглядалися варіанти конструктивних рішень, спрямовані на відповідність критеріям інноваційності.

Розглянуті конструктивні рішення:

1. Покращення техніко-економічних параметрів (зменшення коефіцієнта тари, збільшення погонного навантаження, збільшення об'єму кузова).

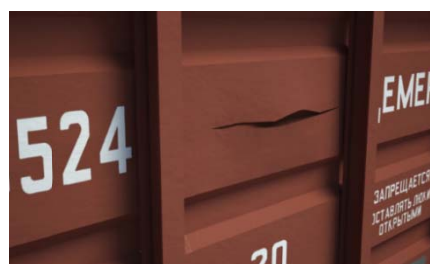
2. Покращення конструктивних параметрів (збільшення пробігу вагона між плановими видами ремонту за рахунок застосування візків поліпшеної конструкції, збільшення терміну служби деяких вузлів вагона за рахунок застосування високоміцних сталей та антикорозійних покриттів, покращення динамічних якостей за рахунок зниження центру важкості вагона та зменшення тари вагона).

Технічний стан парку вагонів-хоперів дозволив виділити низку недоліків і експлуатаційних пошкоджень. Вони є наслідком як недоліків конструкції, так і порушень праці експлуатації та проведення вантажно-розвантажувальних робіт [15].

До таких недоліків та експлуатаційних пошкоджень відносять (рис. 2).



а) Обрив зварного шва



б) Пошкодження обшивки



в) Погнуті і пошкоджені стійки і розкоси



г) Тріщини і злами в стійці



д) Корозія



е) Поздовжні тріщини в балках рами

Рис. 2. Основні недоліки та пошкодження вагонів-хоперів

Аналіз конструктивних ознак вузлів проводився на базі вагонів-хоперів виробництва України, Західної Європи, США, Канади [16-22]. Для класифікації і аналізу було

виділено перелік найбільш характерних вузлів і конструктивних ознак спеціалізованих бункерних вагонів для перевезення сипучих вантажів:

1. Механізм розвантаження:

– вивантажуються гравітаційним способом та в міжколійний простір.

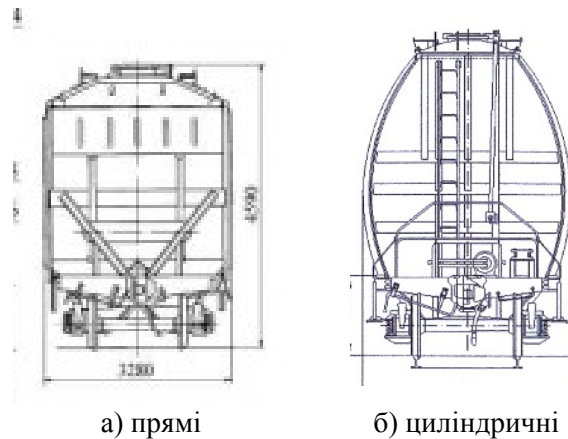
Всі вагони-хопери виробництва США і Канади виробляють з розвантаженням виключно в міжколійний простір.

2. Кузов бункерних вагонів:

У світовій практиці переважають два типи бічних стін кузовів вагонів-хоперів:

– вагони мають прямі вертикальні стінки кузова (рис. 3а). Недоліком такого вагона є неповне саморозвантаження, що вимагає додаткового ручного розвантаження;

– вагони мають кузов із циліндричними бічними стінками (рис. 3б). Недоліком такого вагона є зменшення корисного об'єму, за рахунок елементів жорсткості, які є в середині кузова.



а) прямі

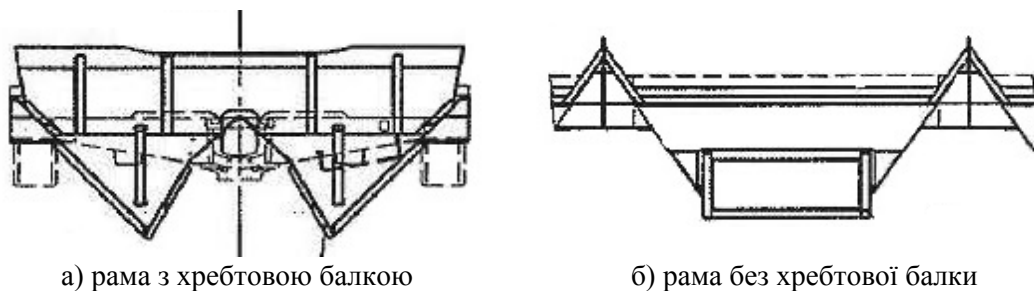
б) циліндричні

Рис. 3. Бічні стінки кузова

3. Конструкція рами вагона:

– рама з хребтовою балкою (рис. 4а). Недоліком вагона-хопера, який має хребтову балку є зменшення об'єму бункерів та збільшення тари вагона;

– рама без хребтової балки (рис. 4б). Це рама, яка має частину з елементами хребтової балки, виконаними до шкворневих балок, що дає збільшений обсяг кузова та зменшення тари вагона.



а) рама з хребтовою балкою

б) рама без хребтової балки

Рис. 4. Конструкція рами вагона

4. Конструкція розвантажувальних люків (бункерів):

Переважним типом розвантажувальних люків є шибер (рис. 5). Це пов'язано з їх високою надійністю і простотою конструкції.

В основному використовується прямокутна форма люків (бункерів) у світлі.

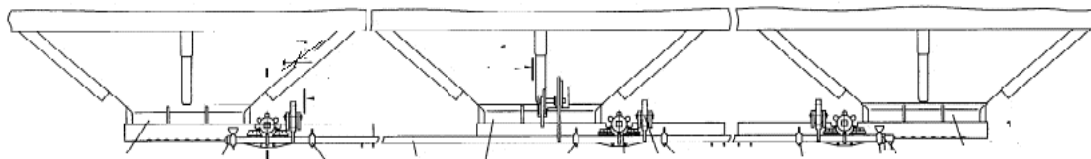


Рис. 5. Шиберний механізм

5. Матеріал виготовлення несучої металоконструкції кузова вагона:

Для виготовлення несучої металоконструкції вагонів-хоперів використовуються низьколеговані сталі (09Г2С, 10ХНДП) та перспективні сталі підвищеної міцності (10Г2ФБ, 16Г2АФ) [23-26].

Також кузов виготовляють з алюмінієвих сплавів та склопластику.

В Україні та країнах СНД вагони-хопери в основному виготовляються з низьколегованих сталей, а в США і Канаді близько 80 – 90% всіх вагонів для перевезення си-пучих вантажів виготовляють з алюмінію в поєднанні зі сталеву рамою.

Рис. 6. Вагон-хопер для перевезення зерна



Рис. 7. Вид з торця



Рис. 8. Кузов вагона в розрізі

6. Антикорозійне покриття кузова вагона – в основному застосовують полімерні ма-теріали [26–29]. На основі аналізу недоліків і пошкоджень в експлуатації, конструкції основних вузлів вагона-хопера для поліпшення основних техніко-економічних параметрів, з урахуванням нормативних вимог фахівці Проектно-конструкторського технологічного бюро Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна розробили проект вагона-хопера для перевезення зерна (рис. 6 та рис. 7), який відповідає вимогам інноваційності.

Однією з умов по розробці проекту стала технологічність конструкції хопера – міні-мальне застосування номенклатури металопрокату і кількості оснащення для складання вагона. Саме тому кузов має прямі бічні стіни, а балкові елементи виготовляються з гарячекатаних або гнутих профілів, широко використовуваних у вагонобудуванні.

Серед конструктивних рішень, реалізованих у даному проекті і які відрізняють новий вагон від існуючих аналогів, можна відзначити таке:

- Форма кузова в розрізі – це трапеція з дугоподібним дахом, яка має зменшені кути нахилу бічних стінок (рис. 8);
- Форма бункерів забезпечує найповніше використання нижнього габаритного простору;
- Вагон має три механізми розвантаження;
- Кути нахилу стінок бункерів збільшені, що сприяє більш повному вивантаженні вантажу;
- Дах виконаний дугоподібної форми з гладких листів, що запобігає скупченню і налипанню вантажу після навантажувальних операцій.

Обсяг кузова нового вагона-хопера збільшений до 108 м³. При дугоподібній формі даху і функціональному використанні нижнього габаритного простору це дозволяє реалізувати проектну вантажопідйомність 70,2 т без розрівнювання конусу вантажу при завантаженні.

Висновки та пропозиції. Таким чином, конструктивна схема кузова, що проектується, дозволила знизити масу вагона-хопера і підвищити його вантажопідйомність із забезпеченням необхідної міцності і надійності конструкції. Обсяг кузова вагона-хопера збільшений при збереженні існуючих параметрів типової довжини і маси тари, що на 6-7% збільшить його корисне завантаження. Збільшений обсяг бункерів дозволив знизити центр ваги, що поліпшило стійкість вагона від перекидання, а збільшені розміри завантажувальних люків покращують умови завантаження вагона.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Перспективи розвитку залізничного транспорту України. Стратегія розвитку залізничного транспорту України на період до 2020 року* [Електронний ресурс]. Розпорядження КМУ від 16 грудня 2009р. №1555-р. [<http://www.uz.gov.ua>]
2. *Фомін О.В.* Огляд досліджень з проблем проектування несучих систем вантажних вагонів / Вісник НТУ «ХП». – № 68(974). – 2012. – С. 3–7.
3. *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.
4. *Козаченко, Д. М.* Удосконалення технічного забезпечення та технологій експортних перевезень зернових вантажів в Україні / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, Р. Ш. Рустамов // Вісн. Дніпропетр. державного аграрно-економічного ун-ту. – Дніпропетровськ, 2015. – № 4. – С. 121–127.
5. *Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных).* – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996, (с дополнениями и изменениями на момент разработки).
6. *Конструкция вагонов.* Учебник для техникумов и колледжей ж-д транспорта [Текст] И.Ф. Пастухов, В.В. Пигунов. М.: Транспорт, 2000.
7. *Грузовые вагоны: учебное пособие в 2 частях* / Харитонов М.И., Панкин В.Н. Хабаровск: ДВГУПС, 2006. – 134 с.
8. *Радзиховский А.А.* Блочно-модульный принцип конструирования грузовых специализированных вагонов. Вестник ВНИИЖТ, 1986. – № 5. – С. 41–43.
9. *Радзиховский А.А., Битюцкий А.А.* Систематизация прочностных расчетов кузовов вагонов хопперов. Конструирование и эксплуатация обоудования. сео. 5. Тоанспоотное обоудование: М. : ПНИИТЭИ ТЯЖМАШ, 1986 г. – Вых. 3. – С. 6–10.
10. *Радзиховский А.А., Битюцкий А.А., Карлин Г.А.* Опыт создания САПР грузовых специализированных вагонов типа хоппер. Перспективы развития вагостроения. Тез. докл. Всесоюзн. научно-техническая конференция (Москва, ноябрь 1988). – М.: ВНИИВ. – С. 13–15.
11. *Битюцкий А.А., Савушкин Р.А., Сапожников А.Н.* Создание вагона-хопера нового поколения для перевозки зернаУ/ ПГУПС, тезисы докл. на 61 НТК. – СПб, 2001.
12. *Битюцкий А.А.* Разработка комплексного метода проектирования, расчета и испытания грузовых вагонов: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. д.т.н. СПб.: ПГУПС, 1995. – 40 с.
13. *Ягофанов Х.* Стальные бункера как пространственные системы: Авто-реф. дис. на соиск. уч. степ. д.т.н.Екатеринбург.: УрГАПС, 1998. – 47 с.

14. Яшин А.Ф. и др. Эксперименты по оптимизации формы кузова специализированного вагона для перевозки минеральных удобрений. // Тр. Новосибирского института инж. ж.-д. трансп., 1977. – Вып. 183. – С. 71–80.
15. Неисправности кузова и рамы вагона-хоппера в эксплуатации [Электронный ресурс] Режим доступа [http://www.вагонник.рф/2016/09/blog-post 23.html]
16. Шпак А.Н. Вагоны зарубежных железных дорог. – М.: Трансжелдориздат. – М. – 237 с.
17. ОАО «Алтайвагон», Продукция [Электронный ресурс] Режим доступа [http://www.altaiwagon.ru]
18. ОАО «Азовмаш», Продукция [Электронный ресурс] Режим доступа [http://www.azovmash.com]
19. ОАО «Стахановский вагоностроительный завод» [Электронный ресурс] Режим доступа [http://stakhanovvz.com.]
20. ОАО «Рузхимаш» [Электронный ресурс] Режим доступа [http://ruzhim.ru.]
21. ОАО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» [Электронный ресурс] Режим доступа [http://uvz.ru.]
22. ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», Продукция. [Электронный ресурс] Режим доступа [http://www.kvsz.com].
23. ОСТ 32.153-200 «Металлопрокат для кузовов грузовых вагонов нового поколения» разработан ГУП ВНИИЖТ и ГУП ГосНИИВ, введен в действие указанием МПС России от 18.09.00 №М-237д.
24. Хилов И.А. Обоснование возможности применения высокопрочных марок сталей в конструкции вагонов, эксплуатируемых на российских железных дорогах // Тяжелое машиностроение. – 2010. – №7. – С. 36–39.
25. Бороненко Ю.П. Стратегические задачи вагоностроителей в развитии тяжеловесного движения // Транспорт РФ. 2013. – № 5(48). – С. 68–73.
26. Бороненко Ю.П. Использование высокопрочных сталей в вагоностроении// Транспорт РФ, 2015. – №3(58). – С. 16–19.
27. Фомін О.В. Концепція ідеальних кузовів напіввагонів / О.В. Фомін // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2013. – № 4(193). – С. 267–271.
28. Фомін, О.В. Аналіз доцільності застосування шестигранних порожнистих профілів в якості складових елементів несучих систем напіввагонів/ О.В. Фомін // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: науковий журнал. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2014. – Вип. 6(54) – С. 146-153.
29. Износостойкое покрытие для антикоррозийной защиты внутренней поверхности вагонов-зерновозов/И.А. Сусоров, А.Л. Некрылов, Д.Ю. Ефимова. [Электронный ресурс] Режим доступа [http://www.lkz-kronos.ru/statji/96-1/].

Y. Kebal

(Head of Design and Technology Design Bureau design and modernization of rolling stock, track and engineering structures Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after V.Lazaryana)

V. Shatov

(Head of Policy Development Project engineering and design office design and modernization of rolling stock, track and engineering structures Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after V.Lazaryana)

A. Tokotjev

(Head of development rolling stock design and engineering and design office design and modernization of rolling stock, track and engineering structures Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after V.Lazaryana)

N. Murashova

(Fellow Project engineering and design office design and modernization of rolling stock, track and engineering structures Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after V.Lazaryana)

IMPROVING THE DESIGN OF HOPPER WAGONS FOR
TRANSPORTING GRAIN

An important focus of implementation requirements for rolling stock is forming a new generation of truck fleet based models domestically produced cars that have the current level of technical – economic and operational performance. Most suited for transporting grain, is hopper wagons. It is therefore necessary to reduce the number hopper wagons with expired service life and creating promising models hopper wagons of new generation. Research design features hopper wagons carried out by examining the design documentation for grain wagons from different manufacturers, as well as the materials of scientific publications with data on developers obtained in the theoretical and experimental research results. As the body of the car is a complex statically undetermined system to provide intensive work of bearing elements respectively receive the minimum design metal traditional methods of designing difficult. The focus of development is given to further improving the design of car-hopper by DIC, which can provide performance requirements for modern innovative rolling stock.

Keywords: design, hopper wagons, grain haulage, innovation.

REFERENCES

1. Perspektivi rozvitku zaliznichnogo transportu ukraїni. strategiya rozvitku zaliznichnogo transportu ukraїni na period do 2020 roku [Prospects of Railway Transport of Ukraine. Railway Transport Development Strategy of Ukraine till 2020] [elektronnyj resurs]. rozporjadzhennya kmu vid 16 grudnya 2009r. №1555-r. [http://www.uz.gov.ua]
2. Fomin O.V. Oglyad doslidzhen z problem proektuvannya nesuchix sistem vantazhnix vagoniv [Review of studies on the design of freight wagons bearing] /visnik ntu «xpi» №68 (974) -2012 s. 3-7.
3. Myamlin, s. v. Problemy i perspektivy perevozki zernovyx gruzov zheleznodorozhnym transportom v Ukraine [Problems and prospects of transportation of grain cargoes transportation in Ukraine zheleznodorozhnym] / s. v. myamlin, d. n. kozachenko, r. v. vernigora // zaliznichnij transport ukraїni. – 2013. – vip. 2 (99). – s. 32–34.
4. Kozachenko, d. m. Udoskonalennya texnichnogo zabezpechennya ta tehnologij eksportnix perevezen zernovyx vantazhiv v ukraїni [Improving logistics technology and transportation of export grain cargoes in Ukraine] / d. m. kozachenko, r. g. korobjova, r. sh. rustamov // visn. dniprotr. derzhavnogo agrarno-ekonomichnogo un-tu. – dniprotr. 2015. – № 4. – s. 121–127.
5. Normy dlya rascheta i proektirovaniya novyx i moderniziruemyx vagonov zheleznyx dorog mps kolei 1520 mm (nesamohodnyx) [Norm for calculating and designing novyh moderniziruemyyh and railways carriages IPS gage railway 1520 mm (nesamohodnyh)]. – m.: gosniiv-vniizht, 1996, (s dopolnennyami i izmeneniyami na moment razrabotki).
6. Konstrukciya vagonov. uchebnik dlya tekhnikumov i kolledzhej zh-d transporta [Constructions carriages. Textbook for colleges and tehnykumov the railway transport] [tekst] i.f. pastuxov, v.v. pigunov. m.: transport, 2000
7. Gruzovye vagony: uchebnoe posobie v 2 chastyax [Hruzovyye Vagony: uchebnoe posobie 2 particles] / Xaritonov m.i., Pankin v.n. xabarovsk: dvgups, 2006-134 s.
8. Radzixovskij a.a. Blochno-modulnyj princip konstruirovaniya gruzovyx specializirovannyx vagonov [Block modulnyj principle konstruirovaniya hruzovyx spetsyalyzirovannyx carriages]. vestnik vniizht, 1986, n 5. s. 41-43.
9. Radzixovskij a.a., Bityuckij a.a. Sistematizaciya prochnostnyx raschetov kuzovov vagonov xopperov [Systematizatsiya prochnostnyx calculations kuzovov hopperov carriages] / konstruirovaniye i ekspluatatsiya oborudovaniya. sek. 5. transportnoe oborudovanie: m. : pniitei tyazhmash, 1986 g. vyp. 3, s. 6-10.
10. Radzixovskij a.a., Bityuckij a.a., Karlin g.a. Opyt sozdaniya sapr gruzovyx specializirovannyx vagonov tipa xopper. [Experience Creating CAD hruzovyx spetsyalyzirovannyx carriages type hopper] Perspektivy razvitiya vagonostroeniya. tez. dokl. vsesoyuzn. nauchno-texnicheskaya konferenciya (moskva, noyabr 1988) m.:vniiv s.13-15.
11. Bityuckij a.a., Savushkin p.a., Sapozhnikov a.n. Sozdanie vagona-xoppera novogo pokoleniya dlya perevozki zernau [Creating Hopper wagon for the new generation of transportation zerna] / pgups, tezisy dokl. na 61 ntk-spb, 2001.
12. Bityuckij a.a. Razrabotka kompleksnogo metoda proektirovaniya, rascheta i ispytaniya gruzovyx vagonov [Development of an integrated method of designing, calculating and trials hruzovh carriages]: avto-ref. dis. na soisk. uch. step. d.t.n.spb.: pgups, 1995–40 s.

13. Yagofanov x. Stalnye bunkera kak prostranstvennye sistemy [Prostranstvenn steel bunker system]: avto-ref. dis. na soisk. uch. step. d.t.n.ekaterinburg.: urgaps, 1998.47 s.
14. Yashin a.f. i dr. Eksperimenty po optimizacii formy kuzova specializirovannogo vagona dlya perevozki mineralnyx udobrenij [Эксперимент по оптимизации форм спetsyalizirovannogo car body for the carriage myneralnh fertilized]//tr. novosibirskogo instituta inzh. zh.-d. transp., 1977. vyp. 183. – s. 71-80.
15. Neispravnosti kuzova i ramy vagona-xoppera v ekspluatatsii.[Neyspravnosty body and ramy hopper wagon in operation] [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://www.vagonnik.rf/2016/09/blog-post 23.html]
16. Shpak a.n. Vagony zarubezhnyx zheleznyx dorog [Vagony zarubezhn railways] M.: Transzheldoriz-dat, m. – 237 s
17. Oao «altajvagon» [OAO «Altayvahon»], produkciya. [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://www.altavagon.ru]
18. Oao «azovmash» [JSC «Azovmas»], produkciya. [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://www.azovmash.com]
19. Oao «staxanovskij vagonostroitelnyj zavod» [OJSC «Stakhanov plant vahonostroytelny»] [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://stakhanovvz.com.]
20. Oao «ruzzimmash» [OAO «Ruzhymash»] [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://ruzhim.ru.]
21. Oao «nauchno-proizvodstvennaya korporaciya «uralvagonzavod» [JSC «Scientific and proyzvodstvennaya Corporation» Uralvagonzavod»] [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://uvz.ru.]
22. Oao «kryukovskij vagonostroitelnyj zavod» [OAO «Kryukovskyy vahonostroytelny plant»], produkciya. [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://www.kvsz.com].
23. Ost 32.153-200 «Metalloprokat dlya kuzovov gruzovyx vagonov novogo pokoleniya» [For metal products kuzovov carriages hruzovh new generation] razrabotan gup vniizht i gup gosniiv , vveden v dejstvie ukazaniem mps rossii ot 18.09.00 №m-237d
24. Xilov i.a. Obosnovanie vozmozhnosti primeneniya vysokoprochnyx marok stalej v konstrukcii vagonov, ekspluatiruemyx na rossijskix zheleznyx dorogax [Opportunities application vvsokoprochn steels constructions in carriages, on ekspluatyruemh russo railways] // tyazheloe mashinostroenie. – 2010. – №7.– s. 36–39.
25. Boronenko yu.p. Strategicheskie zadachi vagonostroitelej v razvitii tyazhelovesnogo dvizheniya [Stratehicheskiye problem vahonostroyteley tyazhelovesnogo movement in development]//transport rf. 2013.№5(48) s.68-73.
26. Boronenko yu.p. Ispolzovanie vysokoprochnyx stalej v vagonostroenii [Using vsokoprochnh steels vahonostroeny] // transport rf. 2015 №3(58) s.16-19.
27. Fomin, O.V. Koncepcija ideal'nih kuzoviv napivvagoniv [The concept of ideal bodies gondola] [Text] / O.V. Fomin // Journal of East Ukrainian National University named after Vladimir Dal, a scientific journal. – Lugansk: EUNU. Dal, 2013. – № 4 (193). – S. 267-271.
28. Fomin O. V. Analiz dotsilnosti zastosuvannia shestyhrannykh porozhnistykh profiliv v yakosti skladovykh elementiv nesuchykh system napivvahoniv //Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu im. akademika V. Lazariana, Nauka ta prohres transportu, 6 (54). – 2014. – C. 146-153.
29. Iznosostojkoe pokrytie dlya antikorrozijnoj zashhity vnutrennej poverxnosti vagonov-zernovozov [Iznosostoykoe coating of protection for antykorrozynoy inner surface-carriages zernovozov] /i.a. susorov, a.l. nekrylov, d.yu. efimova. . [elektronnyj resurs] rezhim dostupu [http://www.lkz-kronos.ru/statji/96-1]/.