

А.О. Сулим*

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-54

А.М. Стринжа

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84

О.О. Бородай

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84

В.В. Федоров

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВАГОНІВ-ДУМПКАРІВ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ

В статті розглянуто моделі вагонів-думпкарів, які складають основу сучасного парку промислового залізничного транспорту. Представлено конструктивні особливості вагонів-думпкарів, які застосовуються для перевезення і автоматизованого вивантаження вугільно-рудних порід, ґрунту, піску, щебеню та інших подібних вантажів на вітчизняних промислових підприємствах. Наведено моделі сучасних вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва для промислового залізничного транспорту, які були створені та поставлені у серійне виробництво протягом останніх десяти років. Визначено основні чинні вимоги відповідно до яких проектується та виготовляються вагони-думпкари. За результатами порівняльного аналізу технічних характеристик вагонів-думпкарів минулого покоління до сучасних моделей вагонів-думпкарів встановлено, що одними з головних переваг останніх є підсилення міцності і надійності окремих вузлів та систем. Визначено основні напрямки вдосконалення конструкції сучасних моделей вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва для промислового залізничного транспорту.

© Сулим А.О., Стринжа А.М., Бородай О.О., Федоров В.В.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Запропоновано технічні вимоги до вагонів-думпкарів наступного покоління, які планується створити та впровадити до серійного виробництва у 2022-2026 роках для експлуатації на коліях промислових підприємств. Технічні вимоги сформовано з урахуванням результатів досліджень конструкцій сучасних вагонів-думпкарів промислового призначення, огляду технічної та конструкторської документації на ці вагони, а також аналізування вимог та побажань замовників. Обґрунтовано необхідність проведення відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з розроблення вагонів-думпкарів нового покоління для промислового залізничного транспорту. Матеріали статті сприятимуть створенню нових моделей вагонів-думпкарів для промислового залізничного транспорту та глибокій модернізації існуючих моделей, а також підвищенню ефективності їх експлуатації.

Ключові слова: вагон-думпкар, міжремонтний інтервал, міцність, промисловий залізничний транспорт, ресурс.

А.А. Сулим*

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-03-54

А.Н. Стрынжа

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-84

А.А. Бородай

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-84

В.В. Федоров

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-13-84

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВАГОНОВ-ДУМПКАРОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассмотрены модели вагонов-думпкар, которые составляют основу существующего парка промышленного железнодорожного транспорта. Представлены конструктивные особенности вагонов-думпкар, которые

применяются для перевозки и автоматизированной разгрузки угольно-рудных пород, грунта, песка, щебня и других подобных грузов на отечественных промышленных предприятиях. Приведены модели современных вагонов-думпкарот отечественного производства для промышленного железнодорожного транспорта, созданные и поставлены на серийное производство на протяжении последних десяти лет. Определены основные действующие требования в соответствии, с которыми проектируются и изготавливаются вагоны-думпкарот. По результатам сравнительного анализа технических характеристик вагонов-думпкарот прошлого поколения к современным моделям вагонов-думпкарот установлено, что одними из главных преимуществ последних является усиление прочности и надежности отдельных узлов и систем. Определены основные направления совершенствования конструкции современных моделей вагонов-думпкарот отечественного производства для промышленного железнодорожного транспорта.

Предложены технические требования к вагонам-думпкарот следующего поколения, которые планируются создать и внедрить в серийное производство в 2022-2026 годах для промышленных предприятий. Технические требования сформировано с учетом результатов исследований конструкций современных вагонов-думпкарот промышленного назначения, обзора технической и конструкторской документации на эти вагоны, а также требований и пожеланий заказчиков. Обоснована необходимость проведения соответствующих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке вагонов-думпкарот нового поколения для промышленного железнодорожного транспорта. Материалы статьи будут способствовать созданию новых моделей вагонов-думпкарот для промышленного железнодорожного транспорта и глубокой модернизации существующих моделей, а также повышению эффективности их эксплуатации.

Ключевые слова: вагон-думпкар, межремонтный интервал, промышленный железнодорожный транспорт, прочность, ресурс.

Вступ. Вагон-самоскид або думпкар (далі – вагон-думпкар) – саморозвантажний вагон, кузов якого під час розвантажування нахиляється на один бік пневматичним пристроєм. За допомогою вагонів-думпкарів здійснюється перевезення і автоматизоване вивантаження вугільно-рудних порід, ґрунту, піску, щебеню та інших подібних вантажів.

Вагон-думпкар складається з нижньої рами, кузова та візків. На нижній рамі монтується пневматична система з циліндрами, автозчепний пристрій та гальмівна система. Кузов включає верхню раму з настилом підлоги, два поздовжніх борти, дві лобові стінки з вмонтованими в них механізмами відкривання бортів. Конструкція вагона-думпкара розрахована на падіння вантажу масою до 3 тон з висоти 3 метри за наявності поперечної підсіпки мілкового вантажу шаром не менше ніж 0,3 метри. Спеціальна конструкція відкритого кузова дозволяє завантажувати сипкі та великих розмірів матеріали механізованими засобами, в тому числі екскаваторами з підвищеним об'ємом ковша. Даний тип вагону широко застосовується як на магістральних залізничних коліях, так і на промислових підприємствах [1, 2].

В цій статті запропоновано більш детально зупинитись на вагонах-думпкарах, призначених для перевезення вантажів на території промислових підприємств. Ос-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

новною відмінністю вагонів-думпкарів для промислового транспорту є підвищені вантажопідйомність, осьове навантаження, об'єм кузова.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми. На даний час в експлуатації промислових підприємств знаходиться понад 20 різних моделей вагонів-думпкарів [3]. Аналіз існуючого вітчизняного парку вагонів-думпкарів промислових підприємств дозволив встановити, що його основу складають вагони моделей 32-4079, 2BC-105 (31-634), 33-678, 33-682, 33-9035, BC-145 (31-631), які побудовані ще у 70-90 роках минулого століття [1-5]. Вагони-думпкари зазначених моделей серійно виготовлялись на ВАТ «Калінінградський вагонобудівний завод», ВАТ «Стахановський вагонобудівний завод», ВАТ «Завод металоконструкцій», ВАТ «Дніпровагонмаш», польських підприємствах (Зелена Гура, Засталь, Консталь) [3]. Слід зазначити, що деякі із вище перелічених підприємств продовжують серійний випуск зазначених моделей. Основні технічні характеристики цих моделей вагонів-думпкарів зображено в таблиці 1.

Таблиця 1. - Технічні характеристики вагонів-думпкарів [2-8]

| Найменування характеристики | Модель вагона-думпкара | | | | | |
|---|------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| | 32-4079 | 2BC-105 (31-634) | 33-678 | 33-682 | 33-9035 | BC-180 (31-631) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Вантажопідйомність, т | 90 | 105 | 105 | 105 | 105 | 180 |
| Об'єм кузова, м ³ | 38 | 50 | 50 | 50 | 50 | 59,2 |
| Маса тари вагона, т | 38 | 48,5 | 50 | 57 | 51 | 67 |
| Коефіцієнт тари | 0,42 | 0,46 | 0,48 | 0,54 | 0,49 | 0,372 |
| Питомий об'єм, м ³ /т | 0,42 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,33 |
| Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс) | 313,9 (32,0) | 251,1 (25,6) | 252,8 (25,8) | 264,9 (27,0) | 255,0 (26,0) | 302,9 (30,9) |
| Погонне навантаження, кН/м (тс/м) | 103,2 (10,5) | 101,0 (10,3) | 101,0 (10,3) | 105,6 (10,8) | 102,0 (10,4) | 166,2 (16,9) |
| Ширина колії, мм | 1520 | 1520 | 1520 | 1520 | 1520 | 1520 |
| Конструкційна швидкість, км/год | | | | | | |
| - на коліях промислового транспорту; | 40 | 70 | 70 | 60 | 55 | 70 |
| - на магістральних коліях в порожньому стані; | 100 | * | 80 | 80 | 100 | 100 |
| База вагона, мм | 7750 | 9340 | 9340 | 9340 | 9340 | 8120 |
| Довжина по осях зчеплення, мм | 12170 | 14900 | 15040 | 15040 | 15036 | 14580 |
| Кількість розвантажувальних циліндрів, шт | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 |
| Максимальна ширина кузова, мм | 3400 | 3520 | 3254 | 3254 | 3518 | 3464 |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|--------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Кут нахилу кузова під час розвантаження, ° | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Кількість осей, шт | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 |
| Модель візка | 18-477 | УВЗ-7, УВЗ-10м, УВЗ-11А | 18-522 | 18-522 | 18-522 | 18-477 |
| Габарит по ГОСТ 9238 | 1-Т | 1-Т | 1-Т | 1-Т | Тпр | Т |
| Мінімальний радіус вписування в криву, м | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Нормативний строк служби, років | 15 | 22 | 15 | 22 | 15 | 15 |
| Рік постановки на серійне виробництво | 1994 | 1967, 1974 | 1993 | 1998 | 1988 | 1963 |

*Примітка. Конструкційна швидкість руху згідно з вказівкою № Г-4217у від 17.10.1986 р.

Значний внесок у розробку, створення та впровадження вагонів-думпкарів промислового призначення зробили співробітники Дніпродзержинського вагонобудівного заводу (нині – ПрАТ «Дніпровагонмаш»), Калінінградського вагонобудівного заводу, Заводу металоконструкцій та ряду інших підприємств. Результати праці цих колективів висвітлено в роботах Логінова О.І., Афанаскіна М.Є. [2], Каблукова В.А., Савчука О.М. [4], Калмикова В.Г., Кузнецова О.Г. [9], Шадур Л.А. [10]. Слід зазначити, що впровадження вагонів-думпкарів промислового призначення дозволило підвищити продуктивність праці та суттєво знизити витрати на навантажувально-розвантажувальні роботи.

За даними з відкритих джерел інформації відомо, що серед перелічених моделей на вітчизняних підприємствах найбільшу частку складають вагони-думпкари типу 2ВС-105 (модель 31-634), зовнішній вигляд якого зображено на рис. 1. Тому конструкційні особливості вагонів-думпкарів для промислового транспорту пропонується розглянути саме на прикладі цієї найбільш поширеної моделі.

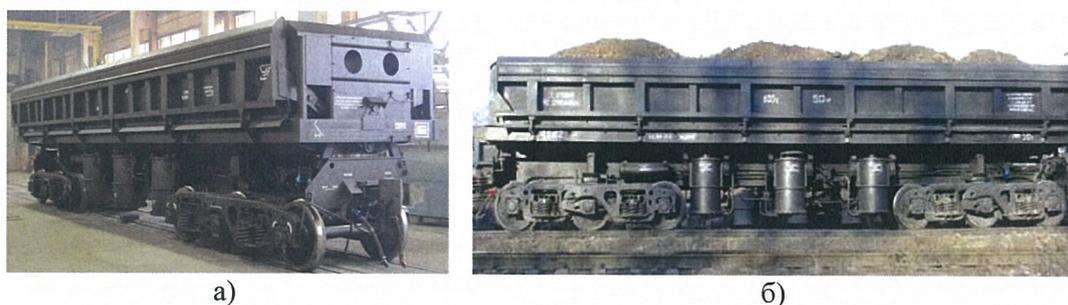


Рис. 1. Зовнішній вигляд вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634):
а – в порожньому стані; б – в завантаженому стані

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Вагон-думпкар типу 2ВС-105 (модель 31-634) представляє собою суцільнометалеву зварну конструкцію, яка складається з нижньої рами, кузова та двох трьохвісних візків. Нижня рама призначена для сприйняття ударно-тягових зусиль та передачі навантажень від кузова на візки. Верхня рама з настилом підлоги, два відкидних поздовжніх борта та лобові стінки з внутрішньо розміщеними механізмами відкриття бортів складають кузов вагона-думпкара.

Конструкцію вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634) запропоновано розглянути на прикладі креслення, який зображено на рис. 2.

Нижня рама (1) складається з хребтової балки (2), шворневих (3), циліндричних (4) та інших кронштейнів (рис. 2). Хребтова балка коробчастого перерізу складається з двох двотаврів, зварених разом нижнім та верхнім листами. Шворневі кронштейни також коробчастого перерізу, складаються з двох вертикальних листів товщиною 12 мм, які перекриті знизу та зверху стальними листами товщиною відповідно 14 та 16 мм.

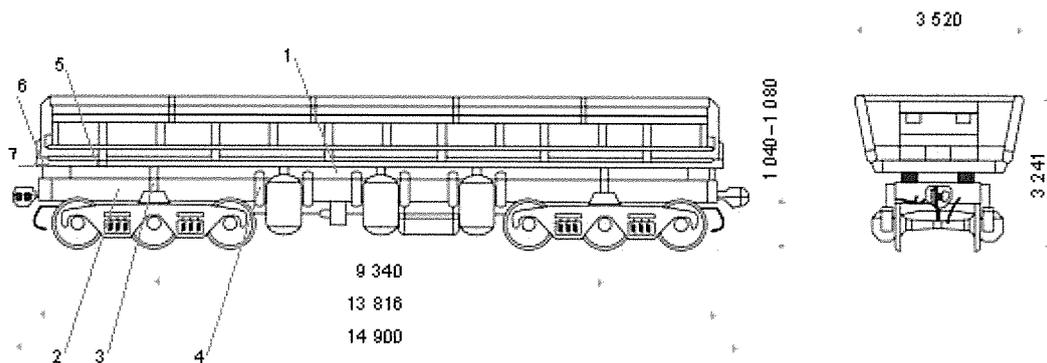


Рис. 2. Креслення вагона думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634)

Верхня рама (5) складається з двох поздовжніх центральних балок (6), двох крайніх поздовжніх швелерів, підсилених козирками та двох крайніх поперечних швелерів. Центральні балки, виконані з чотирьох швелерів, які зв'язані з крайніми поздовжніми швелерами поперечними балками.

Настил підлоги (7) верхньої рами трьохшаровий і складається з листа нижньої підлоги товщиною 4 мм, дерев'яного прошарку з брусів товщиною 75 мм, укладених в поздовжньому напрямку та листа верхньої підлоги товщиною 14 мм. Дерев'яні бруси кріпляться з обох сторін вагона верхньої рами за допомогою дерев'яних колодок та клинів товщиною 75 мм.

Поздовжній борт складається з верхнього пояса, нижньої поздовжньої балки, внутрішнього листа, поперечних П-подібних штампів та литих кронштейнів борта, за допомогою яких борт шарнірно з'єднується з верхньою рамою. По кінцях борта приварюються штамповані петлі борта з отворами для шарнірного з'єднання з тягами механізму відкриття.

Лобова стінка складається з внутрішнього листа, козирка, вертикальних стійок, внутрішнього та зовнішнього кронштейнів для кріплення механізму відкриття

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

бортів та косинок. Лобова стінка до верхньої рами кріпиться за допомогою електрозварювання.

Основні несучі елементи нижньої рами та кузова виготовлені з низьколегованої сталі 09Г2.

Вагони-думпкари типу 2ВС-105 (модель 31-634) обладнані трьохвісними візками виробництва Уральського вагонобудівного заводу (рис. 3). Три колісні пари (1) з'єднанні попарно зчленованими боковими рамами (2). Візок має дві поперечні балки (3), дві поздовжні (6) та шворневу (8) балки, два ковзуни (7), шість балансірів, дванадцять ресорних комплектів з гасниками коливальними (4), шість букс (5) з роликівими підшипниками та один незамковий шворінь. Поздовжні та шворневі балки з'єднані в одну вилку.

Вагон-думпкар моделі має механізм відкривання бортів та пневматичну систему. Механізм відкривання бортів монтується усередині лобової стінки і складається з двох литих важелів, шарнірно закріплених на центральному валику, двох регулювальних тяг, з'єднуючих литі важелі та петлі бортів, двох упорних тяг, з'єднуючих литі важелі з кронштейнами на нижній рамі. За допомогою регулювальних тяг здійснюється регулювання зазору між поздовжнім бортом та лобовою стінкою.

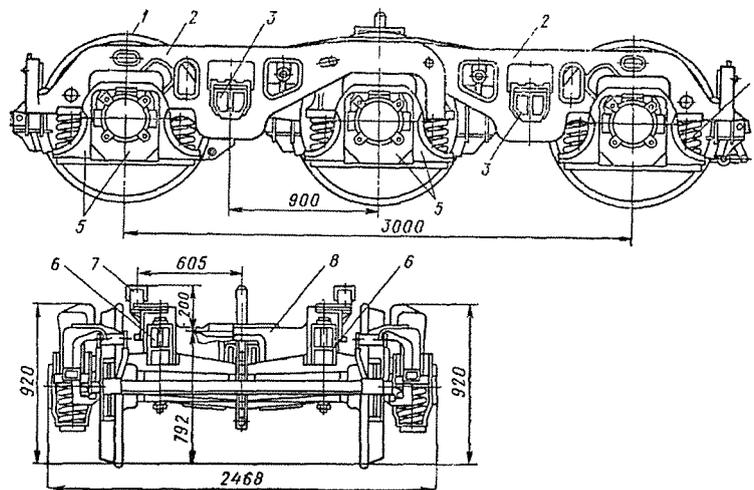


Рис. 3. Зовнішній вигляд трьохвісного візка для вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634)

Пневматична система думпкара складається з двох самостійних, незалежних одна від іншої систем: гальмівної та пневматичного розвантаження.

Гальмівна система призначена для гальмування вагона-думпкара і складається з гальмівної магістралі, запасного резервуара, повітророзподільника, гальмівного циліндра, роз'єднувального крана, кінцевих кранів.

Система пневматичного розвантаження призначена для нахилу кузова вагона-думпкара під час розвантаження на будь-яку сторону залізничної колії та складається з живильної магістралі, повітророзподільника, циліндра нахилу кузова

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

одинарної та подвійної дії, кранів розвантаження. Циліндри нахилу кузова забезпечують нахил кузова вагона-думпкара шляхом його повороту відносно нижньої рами на кут 45° . Циліндр складається з корпусу зі звареними до нього цапфами та штампівками, кришки, днища, поршня з ущільнювальними манжетами, штока. В горловині кришки циліндра одинарної дії встановлено повстяне ущільнювальне кільце, а у циліндра подвійної дії гумова манжета. Поршень циліндра подвійної дії відрізняється від поршня циліндра одинарної дії наявністю двох манжет замість однієї.

Дійсно, протягом тривалого часу за конструкцією та техніко-економічними характеристиками зазначені моделі вагонів-думпкарів задовольняли потреби промислових вітчизняних підприємств. Однак, на даний час зростання промислового виробництва гірничодобувної, будівної, металургійної промисловості потребує використання сучасних інноваційних вагонів-думпкарів удосконаленої конструкції з покращеними техніко-економічними характеристиками. До основних недоліків конструкції вищезазначених моделей вагонів-думпкарів, в тому числі вагона-думпкара типу 2ВС-105 (модель 31-634), слід віднести: низькі вантажопідйомність та питомий об'єм, що зумовлює високе значення коефіцієнта тари, використання в конструкції вагонів сталей минулого покоління з недостатніми фізико-хімічними (міцносними та корозієстійкими характеристиками) порівняно з сучасними марками сталей та сплавів, складна технологія виготовлення вагонів (підвищена матеріаломісткість та трудомісткість), недостатня надійність роботи механізму розвантаження у зимовий період за низьких температур навколишнього середовища та інші.

Аналіз чималої кількості літературних джерел, факт старіння парку рухомого складу промислових підприємств та необхідності його термінового оновлення, підтвердив актуальність проведення досліджень з удосконалення конструкції існуючих та створення нових моделей вагонів-думпкарів для промислового транспорту. Отже, для оновлення парку рухомого складу промислових підприємств в цілому та вантажних вагонів зокрема, необхідне створення вагонів-думпкарів нового покоління. Тому, тема даного дослідження, пов'язана з розглядом конструктивних особливостей вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва та перспективи їх удосконалення, є важливою і актуальною для розвитку парку промислового залізничного транспорту, гірничодобувної, будівельної, металургійної промисловості та ряду суміжних галузей.

Мета статті. Розглянути особливості конструкції сучасних вагонів-думпкарів для промислового залізничного транспорту; описати основні вимоги до цих вагонів; визначити основні шляхи і перспективи удосконалення та розвитку їх конструкції; запропонувати технічні вимоги до вагонів-думпкарів для промислових підприємств наступних поколінь.

Дослідження конструктивних особливостей вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва для промислових підприємств проводиться шляхом вивчення конструкторської документації різних виробників, за матеріалами публікацій наукового та практичного характеру, а також даними розробників, що отримані в ході теоретичних і експериментальних досліджень, протягом останніх 10 років.

Протягом останніх десяти років вітчизняними підприємствами було освоєно та виконано постановку на виробництво вагонів-думпкарів моделей 33-980, 33-9901, 33-9908, 33-9908М, 33-9909, 33-9909Н, 33-7141. Зовнішній вигляд деяких з

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

перелічених моделей вагонів-думпкарів зображено на рис. 4, їх технічні характеристики представлено в табл. 2.

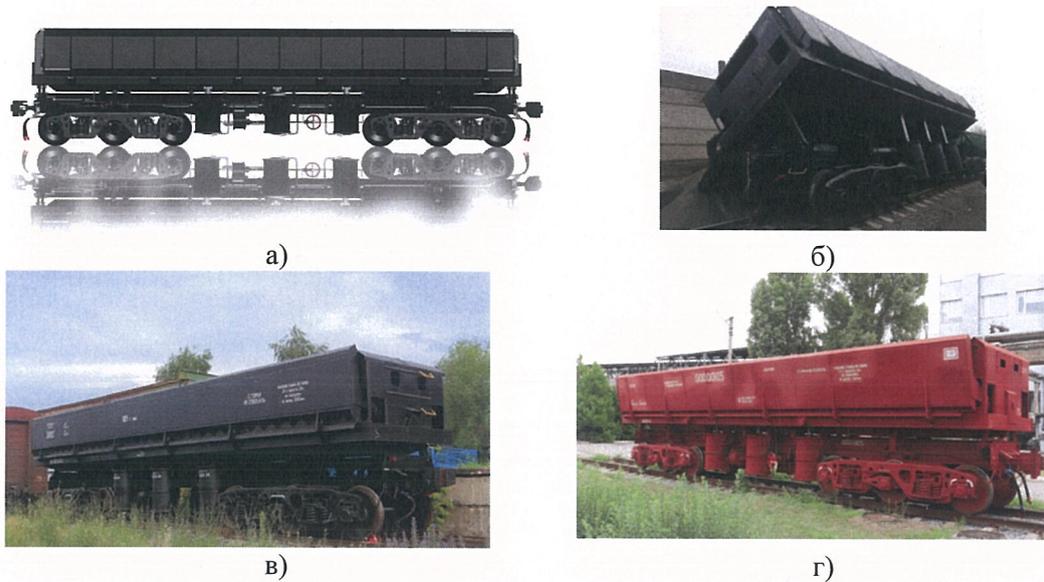


Рис. 4. Зовнішній вигляд вагонів-думпкарів моделей:
а) 33-980; б) 33-9901; в) 33-9908; г) 33-7141

Таблиця 2.- Основні технічні характеристики вагонів-думпкарів [11–14]

| Найменування характеристики | Модель вагона-думпкара | | | |
|---|--|--|--|--|
| | 33-980 | 33-9901 | 33-9908 | 33-7141 |
| Вантажопідйомність, т | 105 | 105 | 105 | 115 |
| Об'єм кузова, м ³ | 50 | 50 | 50 | 55 |
| Маса тари вагона, т | 51,0 | 53,0 | 54,0 | 51,2 |
| Коефіцієнт тари | 0,486 | 0,505 | 0,514 | 0,445 |
| Питомий об'єм, м ³ /т | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,478 |
| Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс) | 255,0 (26,0) | 258,3 (26,3) | 259,9 (26,5) | 271,6 (27,7) |
| Погонне навантаження, кН/м (тс/м) | 101,7 (10,36) | 103,0 (10,5) | 103,7 (10,57) | 108,3 (11,04) |
| Розрахункове ударне навантаження | 3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м | 3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м | 3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м | 3 т з висоти 3 м на підсипку вантажу товщиною не менше 0,3 м |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 2

| | | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|---------------|
| Ширина колії, мм | 1520 | 1520 | 1520 | 1520 |
| Конструкційна швидкість, км/год | | | | |
| - на коліях промислового транспорту в порожньому стані; | 70 | 70 | 70 | 70 |
| - на коліях промислового транспорту в завантаженому стані; | 40 | 40 | 40 | 40 |
| - на магістральних коліях в порожньому стані | 90 | 90 | 90 | 90 |
| База вагона, мм | 9340±5 | 9340±5 | 9340±5 | 9340±5 |
| Довжина по осях зчеплення, мм | 15036±25 | 15036±15 | 15036±25 | 15036±15 |
| Кількість розвантажувальних циліндрів, шт | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Максимальна ширина кузова, мм | – | ≤ 3400 | 3518 | 3556 |
| Кут нахилу кузова під час розвантаження, ° | 45 | ≥ 45 | ≥ 45 | ≥ 45 |
| Кількість осей, шт | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Модель візка | 18-9043, 18-522, 18-9823 | 18-9043, 18-522, 18-9902 | 18-522, 18-9823 | 18-7142 |
| Габарит по ГОСТ 9238 | T | 1-T | 1-T (T)* | 1-T (T)* |
| Мінімальний радіус вписування в криву, м | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Нормативний строк служби, років | 15 | 15 | ≥ 15 | 15 |
| Рік постановки на серійне виробництво | 2015 | 2012 | 2011 | 2021 |
| Підприємство-виробник | ТОВ «АЗІЯ ТРЕЙД ІМПОРТ» | ВАТ «Дизельний завод» | ТОВ «Трансмаш» | ПАТ «КВБЗ» |

*Примітка. Позначення 1-T (T) означає, що габарит 1-T за умов руху вагона-думпкара на магістральних коліях в порожньому стані, габарит T під час руху на промислових коліях.

На даний час основними документами, які встановлюють вимоги до проектування та виготовлення сучасних вагонів-думпкарів для їх експлуатації на території України, є ДСТУ 7598 [15], ДСТУ 7776 [16], ДСТУ ГОСТ 33211 [17], ЦШ-0001 [18], ЦВ-ЦЛ-0013 [19], Норми-83 [20], Норми-86 [21], Норми-96 [22], РД 24.050.37 [23].

Порівняльний аналіз технічної документації на вагони-думпкари минулого покоління та сучасних моделей вітчизняного виробництва [3–8, 11–14, 24, 25], призначених для експлуатації коліями промислових підприємств, дозволив встановити наступне:

- розроблено модельний ряд шестивісних вагонів-думпкарів, які мають підвищені вантажопідйомність та об'єм (115 тон та 55 м³ відповідно);
- удосконалення конструкції вагонів стосувались в основному окремих вузлів та механізмів, спрямовані головним чином на підвищення безпеки руху і їх надійності в експлуатації. Це передусім підсилення міцності хребтової балки,

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

шворневих та циліндрових кронштейнів, борта поздовжнього, механізмів системи розвантаження;

– відсутнє застосування нових матеріалів та технологій, а також принципові зміни у конструкції вагонів-думпкарів та їх комплектуючих (здебільшого аналоги вагонів-думпкарів типу 2ВС-105), що поставлялись на виробництво протягом останніх десяти років, внаслідок чого їх експлуатаційні та техніко-економічні показники (характеристики) суттєво не поліпшились.

Тому, питання розробки технічних вимог до показників (характеристик) вагонів-думпкарів промислового призначення в сучасних умовах розвитку вантажного парку залишається актуальним та потребує приділенню особливої уваги.

Основними напрямками удосконалення сучасних моделей вагонів-думпкарів є:

- зниження коефіцієнта тари, підвищення вантажопідйомності та об'єму кузова завдяки ефективного використання габариту, покращеній конструкції, в тому числі за рахунок збільшення довжини (бази) вагона, застосування більш міцних і корозієстійких сталей, металічних сплавів;

- скорочення експлуатаційних витрат на ремонт та технічне обслуговування за рахунок впровадження високотехнологічного обладнання;

- створення несучих конструкцій вагонів, в побудові яких застосовуються нові конструкторські рішення та марки сталей підвищеної міцності, що сприятиме підвищенню міцності та надійності, збільшенню строків між проведенням капітальних ремонтів та терміну служби вагона;

- розширення номенклатури вагонів-думпкарів залежно від характеру вантажу, що перевозиться (скальні породи, будівельні матеріали тощо), а також вантажопідйомності за рахунок зниження маси тари;

- удосконалення конструкції пристроїв і механізмів системи розвантаження, зокрема застосування електрогідравлічної системи розвантаження з кабіни машиніста локомотива;

- підвищення пристосованості вагонів-думпкарів до комплексної механізації розвантажувальних робіт і зниження важкої ручної праці під час виконання таких операцій;

- застосування новітніх технологій збірки, що дозволить зменшити вплив на навколишнє середовище, зменшити трудомісткість і матеріалоемність, строки та вартість виготовлення вагонів;

- використанням інноваційних візків та комплектуючих деталей до них нового покоління, а також інших знімних вузлів покращеної конструкції, що дозволить покращити динаміку і плавність руху вагона, збільшити строки міжремонтних пробігів;

- застосування сучасних технологій зварювання сталей та металічних сплавів.

Враховуючи аналіз сучасних тенденцій розвитку та результатів досліджень конструкцій вагонів-думпкарів промислового призначення, огляд літературних джерел, конструкторської та технічної документації, а також аналізу вимог замовників, запропоновано встановити такі вимоги до проектування та виготовлення вагонів цього типу (табл. 3).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 3. - Основні вимоги до технічних характеристик вагонів-думпкарів промислового призначення наступних поколінь та комплектуючих до них

| № п/п | Найменування параметру (характеристики) | Вимоги до показника (характеристики) | | |
|--|--|--|--|--|
| | | Вагон-думпкар шестивісний вантажопідйомністю 105 т | Вагон-думпкар шестивісний вантажопідйомністю 115 т | Вагон-думпкар восьмивісний вантажопідйомністю 180 т для перевезення вантажу щільністю $\geq 1,75$ т/м ³ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Загальні вимоги | | | | |
| 1 | Навантаження на вісь, тс | $\leq 27,0$ | $\leq 30,0$ | $\leq 30,0$ |
| 2 | Конструкційна швидкість руху вагона, км/год - на коліях промислового транспорту в порожньому стані; - на коліях промислового транспорту в завантаженому стані; - на магістральних коліях в порожньому стані | | 70 40 90 | |
| 3 | Питома матеріалоемність | $\leq 0,45$ | $\leq 0,42$ | $\leq 0,35$ |
| 4 | Питомий об'єм, м ³ /т | $\geq 0,45$ | $\geq 0,45$ | $\geq 0,3$ |
| Вимоги до показників безпеки та впливу на навколишнє середовище | | | | |
| 5 | Коефіцієнт запасу стійкості колеса від сходу з рейок | | $\geq 1,4$ | |
| 6 | Коефіцієнт запасу поперечної стійкості колеса від перекидання на зовнішню сторону кривої | | $\geq 2,0$ | |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---------------------------|---|
| 7 | Коефіцієнт запасу поперечної стійкості колеса від перекидання на внутрішню сторону кривої | | $\geq 2,1$ | |
| 8 | Рівень зовнішнього шуму під час руху зі швидкістю 80 км/год на відстані 25 м від осі колії, дБа | | ≤ 86 | |
| Вимоги до показників динаміки та плавності руху вагона | | | | |
| 9 | Коефіцієнт вертикальної динаміки кузова | | $\leq 0,5$ | |
| 10 | Коефіцієнт вертикальної динаміки необресореної рами візка | | $\leq 0,6$ | |
| 11 | Коефіцієнт горизонтальної динаміки - в порожньому стані - в завантаженому стані | | $\leq 0,3$ $\leq 0,25$ | |
| 12 | Прискорення кузова вертикальні у долях g - в порожньому стані - в завантаженому стані | | $\leq 0,4$ $\leq 0,25$ | |
| 13 | Прискорення кузова горизонтальні у долях g - в порожньому стані - в завантаженому стані | | $\leq 0,4$ $\leq 0,2$ | |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|------------------------|---|
| Вимоги до міжремонтних інтервалів, строку служби вагона | | | | |
| 14 | Міжремонтний пробіг до першого деповського ремонту після побудови, тис. км (років) | | ≥ 300 (3) | |
| 15 | Міжремонтний пробіг між наступними деповськими ремонтами, тис. км (років) | | ≥ 300 (3) | |
| 16 | Призначений (нормативний) термін служби (експлуатації), років: - всього - до першого капітального ремонту | | ≥ 30 ≥ 15 | |
| Вимоги до ресурсу, надійності, міцності вагона та його комплектуючих | | | | |
| 17 | Коефіцієнт запасу опору втомі елементів конструкції вагона | | $\geq 1,8$ | |
| 18 | Коефіцієнт запасу втомної міцності бокової рами та балки надресорної | | $\geq 1,8$ | |
| 19 | Застосування центрального підвішування з нелінійною характеристикою, в якому ресурс витих пружин без зламів, циклів | | $\geq 6 \cdot 10^6$ | |
| 20 | Міцність сталі (еквівалентних матеріалів), з якої повинні виготовлятися основні несучі елементи кузова вагона, МПа | | ≥ 390 | |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|--------------|-------------------------|---|
| | - зет, двотавр хребтової балки (за наявності) - шворневі та проміжні балки - елементи бокових і торцевих стін, нижня обв'язка - стійки, обшиви бокових і торцевих стін, кришки люків | | ≥ 390 | |
| | | | ≥ 375 | |
| | | | ≥ 345 | |
| Вимоги до гальмівної системи | | | | |
| 21 | Тип гальма | Пневматичний | | |
| 22 | Можливість утримання вагона в завантаженому стані стоянковим гальмом на ухилі, ‰ | | ≥ 36 | |
| 23 | Гальмівний шлях поїзда на ухилі 6 ‰ зі швидкостей 80; 90 км/год відповідно, м | | $\leq 1000; \leq 1300$ | |
| 24 | Гальмівний шлях поїзда на ухилі 10 ‰ зі швидкостей 80; 90 км/год відповідно, м | | $\leq 1200; \leq 1500;$ | |
| 25 | Гальмівний шлях поїзда на коліях промислових підприємств на площадці у завантаженому стані, м | | ≤ 300 | |
| Вимоги до конструкції вагона-думпкара та його систем | | | | |
| 26 | Ширина колії, мм | 1520 | | |
| 27 | Габарит | 1-T (T)* | | |
| 28 | Мінімальний радіус вписування в криву, м | 80 | | |
| 29 | Кут нахилу кузова під час розвантаження, ° | | $\leq 1200; \leq 1500;$ | |
| 30 | Гальмівний шлях поїзда на коліях промислових підприємств на площадці у завантаженому стані, м | | ≥ 45 | |

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|----------------------------------|--|--|--|
| 31 | Вид розвантаження | Двохсторонній | | |
| 32 | Система розвантаження | Пневматична з можливістю дистанційного розвантаження | | |
| 33 | Розрахункове ударне навантаження | 3,5 т з висоти 3 м на підсіпку вантажу товщиною не менше 0,3 м | 3,5 т з висоти 3 м на підсіпку вантажу товщиною не менше 0,3 м | 6 т з висоти 3 м на підсіпку вантажу товщиною не менше 0,3 м |

*Примітка. Позначення І-Т (Т) означає, що габарит І-Т за умов руху вагона-думпкара на магістральних коліях в порожньому стані, габарит Т під час руху на промислових коліях.

Висновки. Аналіз сучасних тенденцій розвитку вагонів-думпкарів промислового призначення вітчизняного виробництва за результатами вивчення конструкторської і технічної документації різних виробників, аналізу матеріалів наукового та практичного характеру, аналізу даних теоретичних і експериментальних досліджень дозволив встановити:

- основні конструктивні особливості вагонів-думпкарів минулого покоління та технічні характеристики як вагонів-думпкарів минулого покоління, так і сучасних моделей вагонів промислового призначення;

- у промислових підприємств найбільшим попитом користуються шестивісні вагони-думпкари вантажопідйомністю 105 т і 115 т з об'ємом кузова 50 м³ та 55 м³ відповідно;

- основними векторами подальшого розвитку вітчизняних вагонів-думпкарів промислового призначення мають стати: розширення номенклатури вагонів-думпкарів залежно від характеру вантажу, що перевозиться; зниження маси тари за рахунок застосування нових композиційних матеріалів та алюмінієвих сплавів; оптимізація використання габариту; застосування принципово нових технічних рішень та марок сталей підвищеної міцності, зниження вартості життєвого циклу за рахунок збільшення гарантійних пліч, міжремонтних нормативів та строку служби;

- основні технічні вимоги до вагонів-думпкарів вантажопідйомністю 105 т та 115 т наступних поколінь.

Рекомендації. Представленні у статті матеріали є базовими під час створення вагонів-думпкарів для експлуатації на коліях промислових підприємств чи глибокій модернізації існуючих моделей, а також підвищення ефективності їх експлуатації.

Результати проведеного розгляду сучасного стану конструктивної досконалості вагонів-думпкарів обґрунтували необхідність цілеспрямованого відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт на розроблення їх зразків нового покоління, що безпосередньо пов'язано із застосуванням нових концептів при проектуванні їх конструкції. Для розробки інноваційних конкурентоспроможних вагонів-думпкарів промислового призначення необхідно на практиці розробити та реалізувати оптимальні конструктивні рішення відповідно до встановлених вимог, на основі використання сучасних машинобудівних технологій з проектування, виготовлення, зварювання та засобів теоретичних і експериментальних досліджень нової техніки на рівні світових стандартів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вагон-самосвал. URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/ Вагон-самосвал](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вагон-самосвал) (дата звернення: 01.11.2021).
2. Логинов А.И., Афанаскин Н.Е. Вагоны-самосвалы. М.: Транспорт, 1975. 192 с.
3. Альбом-справочник «Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм», 002И - 2009 ПКБ ЦВ, 418 с.
4. Каблуков В.А., Савчук О.М. Подвижной состав промышленного железнодорожного транспорта : Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища школа, 1990. 295 с.
5. Жарова Е.А., Мойкин Д.А., Белгородцев В.А. Совершенствование вагонов-думпкаров для повышения их надежности в процессе эксплуатации. Транспорт Российской Федерации. №3 (52). 2014. С. 51-54.
6. Думпкар модель 2ВС-105. Технические характеристики вагона. URL: <https://vagon.by/model/2ВС-105> (дата звернення:01.11.2021).
7. Думпкар модель 33-9085. Технические характеристики вагона. URL: <https://vagon.by/model/33-9085> (дата звернення:01.11.2021).
8. 904У 0147-3г. Техническое описание и инструкция по эксплуатации вагонов-самосвалов типа 2ВС-105 (904У). Зелёна Гура, 1982. 16 с.
9. Калмыков В.Г., Кузнецов А.Г. Вагоны промышленного транспорта. М.: Транспорт, 1978. 336 с.
10. Шадур Л.А. Развитие отечественного вагонного парка. М.: Транспорт, 1988. 279 с.
11. ТУ У 30.2-38280327-002:2015. Вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-980. Технічні умови. Кривий Ріг, 2015. 43 с.
12. ТУ У 35.2-00190957-046:2011. Вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-9901. Технічні умови. Кривий Ріг, 2015. 46 с.
13. ТУ У 35.2-32887752-001:2011. Вагон-самоскид (думпкар). Модель 33-9908. Технічні умови. (зі змінами: Повідомлення № 9908.014:2012 про зміну №1; Повідомлення № 9908.030:2013 про зміну №2). Кривий Ріг, 2011. 58 с.
14. ТУ У 30.2-05763814-148:2020. Вагон-самоскид (думпкар) модель 33-7141. Технічні умови. Кременчук, 2020. 60 с.
15. ДСТУ 7598:2014. Вагоны вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [Чинний від 01-07-2015]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 162 с. (Нац. Стандарт України).
16. ДСТУ 7776:2014. Вагоны самоскиди (думпкари). Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих думпкарів залізниць колії 1520 мм. [Чинний від 01-06-2016]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 108 с. (Нац. Стандарт України).
17. ДСТУ ГОСТ 33211-2017. Вагоны вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей (ГОСТ 33211-2014, ІДТ). [Чинний від 2017-07-11]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 58 с. (Національний стандарт України).
18. ЦШ-001. Інструкція з сигналізації на залізницях України. Київ: 2008. 132 с.
19. ЦВ-ЦЛ-0013. Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ: 2005. 160 с.
20. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 (несамоходных). М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. 260 с.
21. Нормы для расчета и проектирования новых вагонов-самосвалов (думпкаров) колеи 1520 мм. ВНИИВ, 1986, 154 с.
22. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 319 с.
23. РД 24.050.37-90. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытания на прочность и ходовые качества, утвержденные указанием Министерством тяжелого и транспортного машиностроения. 49 с.
24. ТУ У 35.2-32264561-001:2008. Вагон-самоскид «Думпкар» 2ВС-105 (модель 33-9909). Технічні умови. Кривий Ріг, 2008. 50 с.
25. ТУ У 30.2-05669819-042:2016. Вагоны-самоскиди (думпкари). Технічні умови. Кам'янське, 2016. 42 с.

A.O. Sulym

State Enterprise "Ukrainian Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 05366 60354

A. M. Strynzhа

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 (05366) 61384

O.O. Borodai

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 05366 61384

V.V. Fedorov

State Enterprise "Ukrainian Railway Car Bulding Research Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: +38 05366 61384

TECHNICAL CHARACTERISTICS AND WAYS OF DUMP CARS UPGRADING FOR INDUSTRIAL TRANSPORT

The article deals with the models of dump cars, which form the basis of a modern fleet of industrial railway transport. The design features of dump cars used for transportation and automated unloading of coal ore, soil, sand, gravel and other similar goods at domestic industrial enterprises are presented. Models of modern dump cars of domestic production for industrial railway transport, which were created and put into serial production during the last ten years, are given. The main existing requirements to design and manufacture of dump cars are determined. The results of comparative analysis of technical characteristics of dump cars of the last generation up to modern models of dump cars showed that one of the main advantages of the latter is to improve the strength and reliability of individual components and systems. The main focus of design upgrading of modern models of dump cars of domestic production for industrial railway transport is determined. The technical requirements for dump cars of the next generation, which are planned to be created and introduced into serial production in 2022-2026 for operation on the railway tracks of industrial enterprises, are proposed. Technical requirements are based on the results of the design studies of the present-day dump cars for industrial applications, review of technical and design documentation for these cars, and also the analysis of requirements and wishes of customers. The necessity for relevant research and development works of dump cars of the new generation for industrial railway transport is substantiated. The materials of the article will contribute to the construction of new models of dump cars for industrial railway transport and total upgrading of existing models, as well as improving the efficiency of their operation.

Key words: dump car, maintenance interval, strength, industrial railway transport, service life.

REFERENCES

1. Vahon-samosval [Dump car]. (2021, November 13). *Vikipediia - Wikipedia*. Retrieved from: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Вагон-самосвал>. [in Russian]
2. Lohinov A.Y., & Afanaskin N.E. (1975). *Vahony-samosvaly [Dump cars]*. Moscow: Transport, 192 p., [in Russian]
3. *Album-spravochnik «Hruzovyye vahony zhielieznykh doroh kolei 1520 mm» [Album reference book "Freight cars of 1520 mm gauge railways"]*. 0021-2010 PKB TsV. [in Russian]
4. Kablukov V.A., & Savchuk O.M. (1990). *Podvyzhnoi sostav promyshliennogo zhielieznodorozhnoho transporta [Rolling stock of industrial railway transport]*. Textbook. 2nd ed., Reworked. and ext. K.: Vyshcha shkola, 295 p., [in Russian]
5. Zharova E.A., Moikin D.A., & Belgorodtsev V.A. (2014). Soviershienstvovaniie vahonov-dumpkarov dlia povysheniia ikh nadiezhnosti v protsessie ekspluatatsii [Improving dump cars to increase their reliability during operation]. *Transport Rossiiskoi Federatsii –Transport of the Russian Federation*, 3 (52), 51–54 [in Russian]
6. Dumpkar model 2VS-105. Tiekhnichieskie kharakteristiki vahona [Dump car model 2VS-105. Technical characteristics of the car]. (2021, November 13). *VAHON.BY*. Retrieved from: <https://vagon.by/model/2VS-105> [in Russian]
7. Dumpkar model 33-9085. Tiekhnichieskie kharakteristiki vahona [Dumpcar model 33-9085. Technical characteristics of the car]. (2021, November 13). *VAHON.BY*. Retrieved from: <https://vagon.by/model/33-9085> [in Russian]
8. *Tiekhnichieskie opisanii i instruktsiia po ekspluatatsii vahonov-samosvalov typu 2VS-105 (904U) 904U 0147-3r. [Technical description and instructions for operation of dump cars type 2VS-105 (904U)]* (1982). Zelena Hura, 16 p. [in Russian]
9. Kalmykov V.G., & Kuznetsov A.G., (1978). *Vahony promyshliennogo transporta [Industrial transport cars]*. Moscow: Transport, 336 p. [in Russian]
10. Shadur L.A. (1988). *Razvitiie otiechiestvennogo vahonnoho parka [Development of the domestic car fleet]*. Moscow: Transport, 279 p. [in Russian]
11. Vahon-samoskyd (dumpkar) modeli 33-980. Tekhnichni umovy [Dump car model 33-980. Specifications]. (2015). *TU U 30.2–38280327–002: 2015*. Kryvyi Rih, 43 p. [in Ukrainian]
12. Vahon-samoskyd (dumpkar) modeli 33-9901. Tekhnichni umovy [Dump truck model 33-9901. Specifications]. (2015). *TU U 35.2–00190957–046: 2011*. Kryvyi Rih, 46 p. [in Ukrainian]
13. Vahon-samoskyd (dumpkar). Model 33-9908. Tekhnichni umovy. (zi zminamy: Povidomlennia № 9908.014:2012 pro zminu №1; Povidomlennia № 9908.030:2013 pro zminu №2) [Dump car. Model 33-9908 Specifications. (as amended: Notification № 9908.014: 2012 of change №1; Notification № 9908.030: 2013 of change №2). (2011). *TU U 35.2–32887752–001: 2011*. Kryvyi Rih, 58 p. [in Ukrainian]
14. Vahon-samoskyd (dumpkar) model 33-7141. Tekhnichni umovy [Dump car model 33-7141. Specifications]. (2020). *TU U 30.2–05763814–148: 2020* Kremenichuk, 60 p. [in Ukrainian]
15. Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamokhidnykh). [Freight cars. General requirements for calculations and design of new and modernized cars of 1520 mm track (non-self-propelled)]. (2015). *DSTU 7598: 2014 from the 1-st of 2015*. Kyiv: SE "UkrNDNC", 162 p. [in Ukrainian]
16. Vahony samoskydy (dumpkary). Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh dumpkariv zaliznyts kolii 1520 mm. [Dump cars. General requirements for calculations and design of new and modernized dump trucks of 1520 mm gauge railways]. (2014). *DSTU 7776:2014 from the 1-st of June 2016*. Kyiv: SE «UkrNDNC», 108 p. [in Ukrainian]
17. Vahony hruzovyye. Tribovaniia k prochnosti i dinamichieskim kachiestvam [Freight cars. Requirements to structural strength and dynamic qualities]. (2014). *DSTU HOST 33211-2014 from the 22-nd of December 2014*. Moskva: Standartinform, 54 p. [in Russian]
18. *Instruktsiia z syhnalizatsii na zaliznytsiakh Ukrainy TSh-001 [Instruction on signaling on the railways of Ukraine]*. (2008). Kyiv, 132 p. [in Ukrainian]

19. *Instruktsiia z remontu halmivnoho obladdannia vahoniv TsV-TsL-0013 [Instruction on repair of brake equipment of cars]*. (2005). Kyiv, 160 p. [in Ukrainian]
20. *Normy dlia rascheta i proektirovaniia novykh i moderniziruiemykh vahonov zhielieznykh doroh MPS kolei 1520 (niesamokhodnykh) TsSh-001 [Standards for calculation and design of new and modernized railway cars of the Ministry of Railways of track 1520 (non-self-propelled)]*. (1983). Moscow: VNIIV-VNIIZHT, 260 p. [in Russian]
21. *Normy dlia raschieta i proektirovaniia novykh vahonov-samosvalov (dumpkarov) kolei 1520 mm [Norms of calculation and design of new dump cars of 1520 mm gauge]*. (1986). VNIIV, 154 p. [in Russian]
22. *Normy dlia raschieta i proektirovaniia vahonov zhielieznykh doroh MPS kolei 1520 (nesamokhodnykh) [Norms of calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways of track 1520 (non-self-propelled)]*. (1996). Moscow: HosNIIV-VNIIZhT, 319 p. [in Russian]
23. *Vahony hruzovyye i passazhirskiie. Metody ispytaniia na prochnost i khodovyye kachestva, utvierzhdiennyie ukazaniiem Mynysterstva tiazhieloho i transportnoho mashinostroieniia. RD 24.050.37-90 [Freight and passenger cars. Test methods for strength and running quality, approved by the Ministry of Heavy and Transport Engineering. RD 24.050.37-90]*, 49 p. [in Russian]
24. *Vahon-samoskyd «Dumpkar» 2VS-105 (model 33-9909). Tekhnichni umovy. [Dumpcar 2VS-105 dump truck (model 33-9909). Specifications]*. (2008). *TU U 35.2-32264561-001: 2008*. Kryvyi Rih, 50 p. [in Ukrainian]
25. *Vahony-samoskydy (dumpkary). Tekhnichni umovy [Dump cars. Specifications]*. (2016). *TU U 30.2-05669819-042: 2016*. Kamianske, 42 p. [in Ukrainian]