

**А. О. Сулим**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Тел.: +380536660354, E-mail: sulim1.ua@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

**І. І. Федорак**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Тел.: +380689745767, E-mail: ivigfed@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4503-1858>

**В. О. Шушмарченко**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Тел.: +380536661384, E-mail: vasylkremen77@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7580-8501>

**О. О. Бородай**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Тел.: +380536661384, E-mail: saleksbor@ukr.net  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8677-5776>

### АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУНКЕРНИХ ВАГОНІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЦЕМЕНТУ

*В статті проаналізовано існуючі дослідження за напрямком створення бункерних вантажних вагонів для перевезення цементу та обґрунтовано необхідність проведення комплексного аналізу технічних характеристик новостворених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу. Встановлено, що основу експлуатаційного парку вагонів-цементовозів складають бункерні вагони-хопери моделей 11-715 та 19-758 виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», що виготовлялись у 1980-1995 роках. Визначено необхідність оновлення вітчизняного вантажного парку новоствореними вагонами для перевезення цементу.*

*Встановлено, що протягом останніх п'ятнадцяти років, вітчизняними вагонобудівними заводами створено не менше ніж 6 нових моделей бункерних вагонів для перевезення цементу з покращеними технічними та експлуатаційними характеристиками: 19-7075, 19-7160 виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»; 19-4142 – ТОВ «ТАС Дніпровагонмаш»; 19-9967, 17-1890 – ТОВ «ДМЗ «Карпати»; 19-8530 – ТОВ «ДМЗ «Карпати» та ТОВ «Полтавський тепловозоремонтний завод». Виконано порівняння технічних характеристик зазначених новостворених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу.*

© Сулим А. О., Федорак І. І., Шушмарченко В. О., Бородай О. О., 2026

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

*Проаналізовано результати комплексних науково-експериментальних досліджень новостворених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу в рамках їх постановки на виробництво, що включали проведення статичних міцносних випробувань, ходових динамічних та міцносних випробувань, стаціонарних та поїзних випробувань, випробувань з визначення рівня зовнішнього шуму та інші види випробувань.*

*Наукова новизна полягала у розробленні вимог до технічних характеристик інноваційних вагонів наступного покоління для перевезення цементу з урахуванням аналізу результатів науково-експериментальних досліджень сучасних новостворених моделей вагонів цього типу.*

*Практична значимість полягає у можливості використання отриманих результатів досліджень у цій статті для створення нормативного документа, який буде встановлювати загальні технічні вимоги до проєктування інноваційних бункерних вагонів для перевезення цементу. Також результати цієї роботи можуть бути корисними під час створення нових моделей бункерних вагонів для перевезення цементу чи глибокій модернізації існуючих, а також підвищення ефективності їх експлуатації.*

*За результатами виконаних досліджень сформульовано висновки та надано рекомендації щодо можливого подальшого використання отриманих даних.*

*Ключові слова:* бункерний вагон, вагон-цементовоз, гальмівна система, залізнична колія, міцність, строк служби, ходові показники, шум.

**Вступ та постановка проблеми.** Вагон для перевезення цементу – це спеціалізований критий вагон, призначений для безтального перевезення насипом цементу та інших будівельних та гранульованих сипких вантажів, що потребують захисту від атмосферних опадів. Згідно даних з відкритих джерел станом на кінець серпня 2020 року у вітчизняному парку вантажних вагонів налічувалось 7079 бункерних вагонів для перевезення цементу (близько 4% від загальної кількості вагонів у парку), з яких 5814 одиниць (82%) мають вичерпаний нормативний строк служби, а 1265 одиниць (18%) – незавершений нормативний строк служби [1].

На даний час основу парку вагонів-цементовозів складають бункерні вагонихопери для перевезення цементу моделей 11-715 та 19-758 виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», що виготовлялись у 1980-1995 роках. Вагони моделі 11-715 серійно виготовлялись з 1961 по 1989 роки, вагони моделі 19-758 – з 1986 року по теперішній час. Зовнішній вигляд зазначених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу зображено на рис. 1, їх технічні характеристики представлено в табл. 1.



а)



б)

Рис. 1. Зовнішній вигляд вагонів-цементовозів моделей 11-715 (а) та 19-758 (б)

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

*Таблиця 1. – Технічні характеристики бункерних вагонів-хоперів для перевезення зерна моделей 11-715 та 19-758*

Найменування характеристики	Модель 11-715	Модель 19-758
Вантажопідйомність, т	67	72
Об'єм кузова, м <sup>3</sup>	55	60
Маса тари вагона, не більше, т	19,0	19,8 (19,1*)
Матеріал кузова	09Г2С, 09Г2Д, 09Г2, 09Г2СД-12	09Г2С, 09Г2Д, 09Г2, 09Г2СД-12
Розрахункове навантаження від колісної пари на рейки, кН (тс)	215,3 (21,95)	229,5 (23,4) 225,1* (22,95*)
Погонне навантаження, кН/м (тс/м)	70,78 (7,21)	75,55 (7,7) 74,97* (7,64*)
Кількість люків, шт		
завантажувальних	4	4
розвантажувальних	4	4
Ширина колії, мм	1520	1520
Максимальна швидкість, км/год	120	120
База вагона, мм	7700	7700
Довжина по осях зчеплення, мм	11920	11920
Довжина по кінцевим балкам рами, мм	10700	10700
Максимальна ширина, мм	3278	3278
Висота від рівня головки рейки, мм	4180	4405
Кількість осей, шт	4	4
Модель візка	18-100	18-100 (18-7055*)
Габарит по ДСТУ Б.В.2.3-29	1-Т	1-Т
Нормативний строк служби, років	26	26
*Примітка. Технічні характеристики вагона у модифікації з 2019 року виготовлення		

Враховуючи сучасні тенденції розвитку вантажного вагонобудування, до основних недоліків конструкцій моделей 11-715 та 19-758 слід віднести наступні: низька вантажопідйомність, високе значення коефіцієнта тари, використання в конструкції вагонів сталей та сплавів недостатньої міцності і корозійної стійкості, недосконала конструкція розвантажувального механізму, підвищена матеріалоемність та трудомісткість виготовлення, а також наявний значний фізичний та моральний знос вагонів.

Таким чином, наявний вітчизняний парк бункерних вагонів-цементовозів потребує оновлення сучасними інноваційними вагонами з покращеними технічними та експлуатаційними характеристиками. Особливо актуальним питання оновлення цього типу рухомого складу постане у післявоєнний період відбудови країни внаслідок значного попиту на виконання будівельних робіт.

**Аналіз останніх досліджень.** У публікації [2] розглянуто призначення, класифікацію та конструкцію кузовів сучасних критих вагонів. Виконано огляд конструкцій кузовів, як універсальних, так і спеціалізованих критих вагонів. Наведено конструктивні особливості вагонів-хоперів для перевезення цементу моделей 19-758 та 19-7075 виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод».

У статтях [3, 4] виконано аналіз сучасного стану парку вагонів-хоперів для перевезення зерна в Україні. Висвітлені конструкційні особливості вагонів-хоперів різного типу, визначена конструктивна досконалість зерновозів із сімейства бункерних вагонів-хоперів та перспективи її розвитку. Запропоновано кузов нового покоління «краплеподібної» форми зі збільшеним об'ємом за рахунок максимального використання розрахункового габариту.

Дослідження [5] присвячене комплексному розгляду та аналізу технічних характеристик моделей сучасних інноваційних вагонів-хоперів для перевезення зерна вітчизняного виробництва, що були створені та поставлені на серійне виробництво протягом останніх десяти років. Визначено основні напрямки вдосконалення конструкції вагонів-хоперів для перевезення зерна нового покоління. Запропоновано технічні вимоги до бункерних вагонів-хоперів для перевезення зерна наступного покоління.

У статті [6] викладено методика та представлено результати експериментальних досліджень напружено-деформованого стану конструкції вагона для цементу бункерного типу під час проведення комплексу робіт з визначення показників міцнісних та динамічних якостей. Описано конструктивні особливості вагона для цементу бункерного типу моделі 17-1890, що відрізняє його від інших типів вантажних вагонів. Проаналізовано результати статичних міцнісних, ходових динамічних, ходових міцнісних науково-експериментальних досліджень та досліджень на співудар нормативними силами. Встановлено, що отримані фактичні значення показників в ході науково-експериментальних досліджень не перевищують допустимих нормативних величин.

У публікації [7] висвітлено результати науково-експериментальних досліджень вагона-думпکارа моделі 33-7141 (статичних випробувань на міцність від дії вертикальних квазістатичних навантажень та навантажень, що виникають при ремонті і обслуговуванні вагона, випробувань падаючим вантажем та випробувань на завантаження-розвантаження, ходових динамічних, ходових міцнісних випробувань та випробувань на співудар нормативними силами).

Дослідження [8] присвячене комплексному розгляду та аналізу технічних характеристик моделей сучасних інноваційних вагонів-думпкарів для промислового транспорту вітчизняного виробництва, які були створені та поставлені на серійне виробництво протягом останніх десяти років. 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. 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.

У статті [9] розглянуто моделі вагонів-думпкарів, які складають основну частку у вагонному парку магістрального залізничного транспорту колії 1520 мм. Наведено технічні характеристики найбільш поширених моделей вагонів-думпкарів магістрального призначення. Наведено сучасні моделі вагонів-думпкарів вітчизняного та іноземного виробництва для магістрального залізничного транспорту колії 1520 мм, які були створені та поставлені у серійне виробництво протягом останніх років. За результатами порівняльного аналізу технічних характеристик вагонів-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

думпкарів минулого покоління до сучасних моделей вагонів-думпкарів встановлено, що одними з головних переваг останніх є зниження маси тари, підвищення вантажопідйомності і об'єму кузова, підсилення міцності і надійності окремих вузлів та систем. Запропоновано технічні вимоги до вагонів-думпкарів наступного покоління, які планується створити та впровадити до серійного виробництва у найближчі роки для експлуатації на коліях магістрального залізничного транспорту.

У публікації [10] виконано експериментальні дослідження динамічних та міцносних якостей вагона-платформи моделі 13-1894 для перевезення великотоннажних контейнерів. Описано конструктивні особливості вагона-платформи, що відрізняє його від інших вагонів-платформ. Проаналізовано результати отриманих науково-експериментальних досліджень вагона-платформи та виконано порівняння фактичних значень із нормативними.

У роботі [11] наведено результати ходових динамічних та міцносних випробувань вагона-платформи моделі 13-7133 на візках з ковзунами зазорного типу для перевезення крупнотоннажних контейнерів. За результатами аналізу отриманих фактичних значень у процесі випробувань та їх порівняння із нормативними доведено відповідність динамічних та міцносних показників вагона-платформи сучасним вимогам.

У публікації [12] наведено результати експериментальних досліджень технічних характеристик вагона-платформи моделі 13-4155. Встановлено, що вагон-платформа моделі 13-4155 для перевезення великотоннажних контейнерів може експлуатуватися на всій мережі залізниць колії 1520 мм зі встановленими для вантажних вагонів швидкостями, але не більше 120 км/год.

У статті [13] наведено особливості створення шестивісного зчленованого 80 футового вагона-платформи типу Sggrss моделі 13-7147. Наведено результати теоретичних досліджень та комплексних натурних випробувань на відповідність стандартам Європейського Союзу. Результати виконаних випробувань дослідного зразка вагона-платформи моделі 13-7147 підтвердили повну відповідність його технічних показників вимогам TSI до вантажних вагонів цього класу під час руху зі швидкостями до 120 км/год у залізничній системі Європейського Союзу.

Дослідження [14] присвячено створенню вітчизняного вагона моделі 19-7154 для перевезення сипких вантажів, що не потребують захисту від впливу атмосферних опадів. Наведено порівняльний аналіз технічних характеристик новоствореної моделі вагона з існуючими та визначено його переваги. Представлено результати теоретичних розрахунків міцності кузова, вписування вагона в габарит, оцінювання якості руху вагона, гальмівної системи, опору втомі несучих елементів кузова вагона. Проведено комплекс досліджень для підтвердження проектних та розрахункових показників вагона. Результати комплексних досліджень дослідного зразка вагона для сипких вантажів моделі 19-7154 були розглянуті на засіданні приймальної комісії та прийняті як відповідні, з послідуочим отриманням на їх основі сертифікату відповідності вагона.

У роботі [15] запропоновано концепцію піввагона з глухим кузовом нового покоління. Наведено основні техніко-економічні показники піввагона з глухим кузовом нового покоління. Визначено, що головними відмінностями від існуючих аналогів, є збільшене осьове навантаження до 27 тс, габарит 1-ВМ, збільшена вантажопідйомність до 82 т, збільшений об'єм кузова до 100 м<sup>3</sup>, збільшений нормативний строк служби до 32 років, збільшений міжремонтний пробіг до 1 млн. км.

Стаття [16] присвячена модернізації спеціалізованого вагона-хопера для обкотишів та агломерату моделі 20-9749. Описано запропоновані конструктивні вдосконалення зазначеної моделі спеціалізованого вагона. Приведено методику експериментальних досліджень міцності конструкції спеціалізованого вагона-хопера для обкотишів та агломерату моделі 20-9749 після його модернізації. Встановлено, що максимальні сумарні напруження в елементах конструкції дослідного вагона від дії вертикального статичного навантаження бруто та поздовжнього навантаження при силі удару 3,5 МН не перевищують допустимі нормовані напруження. У результаті проведених ресурсних випробувань на циклічну довговічність несучих елементів конструкції вагона від багаторазової дії ударних навантажень еквівалентного спектру встановлено, що строк служби вагона для обкотишів та агломерату моделі 20-9749, визначений за фактичною сумою накопичених пошкоджень, складає 15,35 років. Представлені результати комплексу випробувань модернізованого дослідного вагона-обкотишевоза моделі 20-9749 підтвердили ефективність запропонованих та впроваджених інноваційних конструктивних технічних рішень.

У роботі [17] визначено основні вектори подальшого розвитку вагонів-обкотишевозів наступних поколінь шляхом удосконалення існуючих типових та розробленні принципово нових моделей.

Аналіз існуючих літературних джерел засвідчив, що питанню комплексного аналізу технічних характеристик новостворених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу не приділено достатньої уваги. Існуючі наукові праці за цим напрямком здебільшого стосуються розгляду конструктивних особливостей та результатів науково-експериментальних досліджень окремих новостворених моделей вагонів для перевезення цементу [2, 6]. Інші проаналізовані наукові праці містять комплексний аналіз технічних характеристик новостворених моделей вантажних вагонів, як то криті хопери-зерновози [2–5], вагони-думпкери магістрального та промислового призначення [7–9], вагони-платформи для перевезення великотоннажних контейнерів [10–13], вагон-хопер для перевезення сипких вантажів [14], вагони-хопери для перевезення для окатишів та агломерату [16, 17]. В деяких з проаналізованих праць запропоновано технічні вимоги до перспективних конструкцій вантажних вагонів нового покоління таких типів: криті вагони-зерновози [2–5], вагони-думпкери промислового призначення [8], вагони-думпкери магістрального призначення [9], піввагони з глухим кузовом [15], вагони-хопери для перевезення обкотишів та агломерату [17].

Таким чином, проведений аналіз літератури засвідчив, що хоча питання науково-експериментальних досліджень новостворених вагонів є предметом інтенсивних досліджень, питанню комплексного аналізу технічних характеристик новостворених вагонів для перевезення цементу приділено недостатньо уваги. Отже, існує необхідність детально розглянути це питання з метою формування технічних вимог до інноваційних вагонів нового покоління для перевезення цементу.

**Мета статті** – виконати комплексний порівняльний аналіз технічних характеристик новостворених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу та запропонувати технічні вимоги до інноваційних вагонів нового покоління цього типу.

У процесі досягнення поставленої мети пропонується вирішення таких задач:

– навести новостворені моделі бункерних вагонів вітчизняного виробництва для експлуатації магістральними коліями 1520 мм, що призначені для перевезення цементу;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- виконати порівняльний аналіз технічних характеристик новостворених моделей вагонів-цементовозів та сформулювати їх переваги порівняно з вагонами минулого покоління;
- провести аналіз результатів комплексних науково-експериментальних досліджень під час постановки на виробництво сучасних вагонів-цементовозів;
- розробити технічні вимоги до проектування інноваційних бункерних вагонів нового покоління для перевезення цементу.

**Матеріал та результати досліджень.** За результатами виконання ДП «УкрНДІВ» науково-експериментальних досліджень, а також аналізу технічної документації від різних виробників, що надходила на погодження встановленим порядком, визначено новостворені моделі вантажних бункерних вагонів для перевезення цементу вітчизняного виробництва протягом останніх 15 років. До сучасних інноваційних новостворених бункерних вагонів для перевезення цементу слід віднести такі моделі: 19-7075, 19-7160 виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»; 19-4142 – ТОВ «ТАС Дніпровагонмаш»; 19-9967, 17-1890 – ТОВ «ДМЗ «Карпати» ; 19-8530 – ТОВ «ДМЗ «Карпати» та ТОВ «Полтавський тепловозоремонтний завод». Зовнішній вигляд бункерних вагонів для перевезення цементу моделей 19-7075, 19-7160, 19-4142, 19-9967, 19-8530, 17-1890 зображено на рис. 2, їх технічні характеристики представлено в табл. 2.



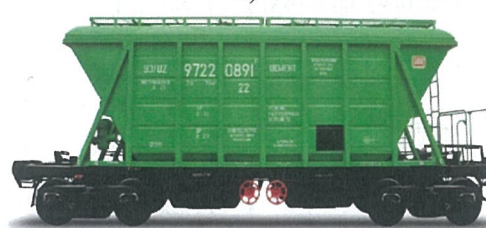
а)



б)



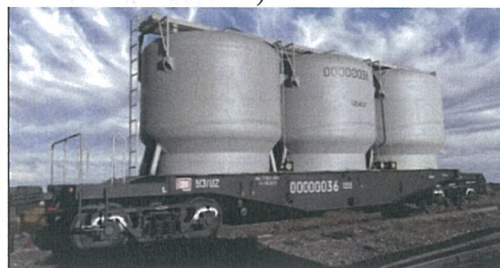
в)



г)



д)



е)

Рис. 2. Зовнішній вигляд інноваційних бункерних вагонів-цементовозів моделей: а) 19-7075; б) 19-7160; в) 19-4142; г) 19-9967; д) 19-8530; е) 17-1890

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. – Технічні характеристики вагонів для перевезення цементу

Найменування характеристики	Найменування моделі та значення характеристики					
	19-7075	19-7160	19-4142	19-9967	19-8530	17-1890
Вантажопідйомність, т	74,0	73,5	73,0	73,0	73,0	67,0
Об'єм кузова, м <sup>3</sup>	67,0	76,0	61,5	70,0	72,0	69,0
Маса тари вагона, т	20,0	20,5	21,0	21,0	21,0	27,0
Питома матеріалоемність	0,27	0,279	0,288	0,288	0,288	0,403
Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /т	0,905	1,034	0,842	0,959	0,986	1,03
Матеріал кузова	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2СД-12	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 10СХНД 10Г2БД 10Г2ФД S355J2+N YQ450NQR1	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2СД-12	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2СД-12	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2СД-12	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2СД-12
Розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН (тс)	230,5 (23,5)	230,5 (23,5)	230,5 (23,5)	230,5 (23,5)	230,5 (23,5)	230,5 (23,5)
Погонне навантаження, кН/м (тс/м)	77,5 (7,9)	77,5 (7,9)	76,72 (7,8)	78,2 (7,8)	76,72 (7,8)	63,8 (6,38)
Кількість люків, шт:						
завантажувальних	4	4	4	4	4	-
розвантажувальних	4	4	4	4	4	-
Ширина колії, мм	1520	1520	1520	1520	1520	1520
Конструкційна швидкість, км/год	120	120	120	120	120	120
База вагона, мм	7700	7700	7800	7800	7800	9720
Довжина по осях зчеплення, мм	11920	11920	12020	12020	12020	13940
Висота від рівня головки рейки, мм	4414	4650	4460	4475	4700	4750
Максимальна ширина, мм	3240	3240	3283	3260	3224	3200
Модель візка	18-7055	18-7055	18-100	18-100, 18-1750	18-1750, 18-7055	18-1750, 18-7055
Габарит	1-Г	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ	1-Г
Нормативний строк служби, років	26	26	26	26	26	28
Рік початку серійного виробництва	2019	2026	2019	2013	2022	2023
Міжремонтний пробіг, км	210000	210000	210000	210000	210000	210000

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

До головних переваг зазначених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу порівняно з вагонами-цементовозами минулого покоління (моделі 11-715, 19-758) слід віднести:

- підвищена вантажопідйомність та об'єм кузова;
- застосування в несучих конструкціях марок сталей підвищеної міцності, що дозволяє підвищити надійність роботи вагона в експлуатації;
- покращені ходові динамічні, гальмівні та інші експлуатаційні характеристики;
- удосконалення конструкції завантажувально-розвантажувальних пристроїв;
- підвищення пристосованості вагонів до комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт і зниження важкої ручної праці під час виконання таких операцій;
- зниження матеріалоемності і трудомісткості виготовлення вагонів завдяки поліпшенню технологічності конструкції, застосування принципів модульної збірки, уніфікації вузлів і деталей;
- зниження коефіцієнта тари завдяки покращеній конструкції, застосування більш міцних і корозієстійких сталей, металічних сплавів;
- застосування сучасних технологій зварювання.

В рамках постановки на виробництво зазначені моделі вантажних вагонів для перевезення цементу пройшли комплекс науково-експериментальних досліджень, що включали статичні міцносні випробування, ходові динамічні та міцносні випробування, стаціонарні та поїзні гальмівні випробування, випробування з визначення рівня зовнішнього шуму та інші види випробувань.

За результатами аналізу результатів комплексу науково-експериментальних досліджень зазначених моделей вантажних вагонів для перевезення цементу встановлено таке:

- 1) статичних міцносних випробувань:
  - а) максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції від навантажень, які виникають під час ремонту та обслуговуванні вагонів:
    - в режимі підйомки порожніх кузовів під кінці балки шворневої по діагоналі вагонів зафіксовані на нижній третині шворневої стійки, на торцевій стіні в лівій частині середнього поясу, на шворневій балці в зоні з'єднання з хребтовою балкою, на стійці шворневій, на балці боковій і становлять від 21,0 МПа до 242,7 МПа, що складає в межах (7–74) % від допустимих величин;
    - в режимі підйомки завантажених кузовів під один кінець балки шворневої зафіксовані на нижній третині шворневої стійки, на шворневій стійці бокової стіни, на верхньому скосі торцевої стіни, на бункері, на балці боковій і становлять від 81,1 МПа до 272,6 МПа, що складає в межах (26–83) % від допустимих величин;
    - в режимі підйомки завантажених кузовів під два кінці шворневої балки зафіксовані в нижній третині шворневої стійки, на верхньому скосі торцевої стіни; на стійці шворневій; на бункері; на балці боковій і становлять від 55 МПа до 279,2 МПа, що складає в межах (18–85) % від допустимих величин;
  - б) за I розрахунковим режимом максимальні сумарні напруження зафіксовані на шворневій балці в зоні з'єднання з вертикальною стійкою, на хребтовій балці в зоні з'єднання зі шворневою балкою, на шворневій балці в зоні з'єднання з підкосом торцевої стіни, на шворневій балці в зоні з'єднання з хребтовою балкою, на підкосі малому, на балці хребтовій зі сторони консольної частини вагона, на балці боковій і становлять від 178,0 МПа до 288,8 МПа, що складає в межах (46–97) % від допустимих величин;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

в) за III розрахунковим режимом максимальні сумарні напруження зафіксовані на шворневій балці в зоні з'єднання з вертикальною стійкою, на торцевій стіні вагона, на лівому упорі у зоні з'єднання з поперечною балкою торцевої стіни, на шворневій балці в зоні з'єднання з хребтовою балкою, на балці хребтовій зі сторони консольної частини вагона, на балці боковій і становлять від 152,3 МПа до 207 МПа, що складає в межах (73–98) % від допустимих величин;

г) в режимі співударів поздовжніми нормативними силами максимальні сумарні напруження зафіксовані на хребтовій балці в зоні з'єднання з крайнім бункером, на нижній обв'язці, на хребтовій балці за шворневою балкою, на підкосі торцевої стіни, на торцевій стійці; на шворневій балці в зоні з'єднання з хребтовою балкою; на підкосі малому, на балці боковій і становлять від 202 МПа до 322 МПа, що складає в межах (59–98) % від допустимих величин;

2) ходових динамічних та міцносних випробувань:

а) мінімальні коефіцієнти стійкості від сходу колеса з рейки у порожньому стані знаходяться в межах від 1,31 до 1,78 та у завантаженому від 1,59 до 2,4 при допустимому не менше 1,3 ;

б) мінімальні коефіцієнти поперечної стійкості від перекидання при русі у кривих від дії бічних сил на зовнішню (внутрішню) сторону кривої у порожньому стані знаходяться в межах від 1,8 до 8,1 (від 1,8 до 10,1) при допустимому не менше 1,3 (1,2) та у завантаженому режимі від 2,1 до 7,1 (від 2,1 до 8,1) при допустимому не менше 1,3 (1,2);

в) максимальні коефіцієнти вертикальної динаміки кузова у порожньому стані знаходяться в межах від 0,22 до 0,59 при допустимому не більше ніж 0,75 та у завантаженому режимі від 0,16 до 0,33 при допустимому не більше ніж 0,65;

г) максимальні коефіцієнти вертикальної динаміки необресореної рами візка у порожньому стані знаходяться в межах від 0,4 до 0,73 при допустимому не більше ніж 0,9 та у завантаженому режимі від 0,21 до 0,23 при допустимому не більше ніж 0,85;

д) максимальні коефіцієнти горизонтальної динаміки у порожньому стані знаходяться в межах від 0,1 до 0,34 при допустимому не більше ніж 0,4 та у завантаженому від 0,05 до 0,19 при допустимому не більше ніж 0,38;

е) максимальні прискорення кузова у вертикальній площині вагона у порожньому стані знаходяться в межах від 0,23 до 0,53 при допустимому не більше ніж 0,75 та у завантаженому від 0,15 до 0,19 при допустимому не більше ніж 0,65;

є) максимальні прискорення кузова у горизонтальній площині вагона у порожньому стані знаходяться в межах від 0,21 до 0,42 при допустимому не більше ніж 0,55 та у завантаженому від 0,14 до 0,29 при допустимому не більше ніж 0,45;

ж) мінімальні коефіцієнти запасу опору втомі зафіксовані на підкосі торцевої стіни, шворневій балці, верхній центральній частині торцевої стіни, балці хребтовій у зоні з'єднання із балкою шворневою, бункері та знаходяться в межах від 1,6 до 2,78 при допустимому не менше ніж 1,5;

3) стаціонарних гальмівних випробувань

а) розрахункові гальмівні коефіцієнти при повномірних та зношених композиційних колодках у порожньому стані вагона знаходяться в межах від 0,25 до 0,39 при допустимому не менше ніж 0,22 та у завантаженому від 0,141 до 0,172 при допустимому не менше ніж 0,14;

б) мінімально допустимі по ефективності гальмування значення розрахункових сил натиснення повномірних та зношених чавунних гальмівних колодок у порож-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ньому стані вагона знаходяться в межах від 3,6 до 4,3 при допустимому не менше ніж 3,5 та у завантаженому від 6,7 до 7,7 при допустимому не менше ніж 6,5;

в) тиск повітря в гальмівному циліндрі при композиційних колодках у порожньому стані вагона знаходиться в межах від 1,4 кгс/см<sup>2</sup> до 1,5 кгс/см<sup>2</sup> при допустимому (1,2-1,6) кгс/см<sup>2</sup> та у завантаженому від 3,1 кгс/см<sup>2</sup> до 3,3 кгс/см<sup>2</sup> при допустимому (3,0-3,4) кгс/см<sup>2</sup>;

г) тиск повітря в гальмівному циліндрі при чавунних колодках у порожньому стані вагона знаходиться в межах від 1,7 кгс/см<sup>2</sup> до 1,8 кгс/см<sup>2</sup> при допустимому (1,4-2,0) кгс/см<sup>2</sup> та у завантаженому від 4,1 кгс/см<sup>2</sup> до 4,2 кгс/см<sup>2</sup> при допустимому (4,0-4,5) кгс/см<sup>2</sup>;

д) вихід штока гальмівного циліндра при композиційних колодках у порожньому стані вагона знаходиться в межах від 35 мм до 78 мм та у завантаженому від 58 мм до 91 мм при допустимому (25-65) мм та (50-100) мм залежно від типу конструкції гальмівної системи;

е) вихід штока гальмівного циліндра при чавунних колодках у порожньому стані вагона знаходиться в межах від 55 мм до 79 мм та у завантаженому від 80 мм до 108 мм при допустимому (30-90) мм та (75-125) мм залежно від типу конструкції гальмівної системи;

е) стоянкове гальмо забезпечує утримання вагона з повним розрахунковим завантаженням на ухилах в межах від 30,4 ‰ до 39,0 ‰ при допустимому не менше ніж 30 ‰.

4) поїзних гальмівних випробувань

а) гальмівний шлях поїзда при швидкості на початку гальмування 80 км/год навантаженого вагона на ухилі 6 ‰ знаходиться в межах від 872 м до 953 м при допустимому не більше ніж 1000 м;

б) гальмівний шлях поїзда при швидкості на початку гальмування 90 км/год навантаженого вагона на ухилі 6 ‰ знаходиться в межах від 1083 м до 1220 м при допустимому не більше ніж 1300 м;

в) гальмівний шлях поїзда при швидкості на початку гальмування 80 км/год навантаженого вагона на ухилі 10 ‰ знаходиться в межах від 976 м до 1079 м при допустимому не більше ніж 1200 м;

г) гальмівний шлях поїзда при швидкості на початку гальмування 90 км/год навантаженого вагона на ухилі 10 ‰ знаходиться в межах від 1201 м до 1389 м при допустимому не більше ніж 1500 м;

д) гальмівний шлях поїзда при швидкості на початку гальмування 100 км/год навантаженого вагона на ухилі 6 ‰ знаходиться в межах від 1366 м до 1520 м при допустимому не більше ніж 1600 м;

е) гальмівний шлях при швидкості на початку гальмування 120 км/год навантаженого вагона (поїзда) на рівній площадці знаходиться в межах від 1406 м до 1669 м (від 1506 м до 1836 м);

5) випробувань з визначення рівня зовнішнього шуму

максимальні рівні зовнішнього шуму на відстані 25 м від осі колії під час руху одиночного вагона в порожньому стані з локомотивом, що рухається в режимі вибігу зі швидкістю 80 км/год знаходяться в межах від 83,1 дБА до 84,5 дБА при допустимому не більше ніж 86 дБА.

Порівняльний аналіз технічних характеристик та результатів комплексу науково-експериментальних досліджень сучасних моделей вантажних вагонів для пере-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

везення цементу дозволив запропонувати встановити такі вимоги до проектування цього типу вантажних вагонів наступного покоління (табл. 3).

*Таблиця 3. – Основні вимоги до технічних характеристик інноваційних вагонів наступного покоління для перевезення цементу*

№ п/п	Найменування параметру (характеристики)	Вимоги до показника (характеристики)
1	2	3
<b>Загальні вимоги</b>		
1	Навантаження на вісь, тс	23,5 (25,0)
2	Максимальна експлуатаційна швидкість руху, км/год	120
3	Питома матеріалоемність – для вагонів-цементовозів з гравітаційним завантаженням через верхні люки та розвантаженням у міжрейковий простір через нижні люки;	$\leq 0,27$
	– для вагонів-цементовозів з пневматичним завантаженням та розвантаженням	$\leq 0,4$
4	Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /т	$\geq 0,9$
5	Габарит	1-ВМ або 1-Т
<b>Вимоги до показників безпеки та впливу на навколишнє середовище</b>		
6	Коефіцієнт запасу стійкості колеса від сходу з рейки	$\geq 1,4$
7	Коефіцієнт запасу поперечної стійкості від перекидання під дією бічних сил – на зовнішню сторону кривої;	$\geq 1,8$
	– на внутрішню сторону кривої	$\geq 1,8$
8	Рівень зовнішнього шуму під час руху зі швидкістю 80 км/год на відстані 25 м від осі колії, дБА	$\leq 85$
<b>Вимоги до показників динаміки та плавності руху вагона</b>		
9	Коефіцієнт вертикальної динаміки кузова – у порожньому стані;	$\leq 0,6$
	– у завантаженому стані	$\leq 0,5$
10	Коефіцієнт вертикальної динаміки необресореної рами візка – у порожньому стані;	$\leq 0,7$
	– у завантаженому стані	$\leq 0,6$
11	Коефіцієнт горизонтальної динаміки – у порожньому стані;	$\leq 0,3$
	– у завантаженому стані	$\leq 0,25$
12	Прискорення кузова вертикальні у долях g – у порожньому стані;	$\leq 0,5$
	– у завантаженому стані	$\leq 0,3$
13	Прискорення кузова горизонтальні у долях g – у порожньому стані;	$\leq 0,4$
	– у завантаженому стані	$\leq 0,25$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 3

№ п/п	Найменування параметру (характеристики)	Вимоги до показника (характеристики)
1	2	3
<b>Вимоги до показників впливу вагона на верхню будову залізничної колії</b>		
14	Динамічні напруження розтягнення в кромках підшви рейки в кривих і прямих ділянках залізничної колії, у передньому вильоті рамних рейок і перевідних кривих стрілочних переводів, МПа	$\leq 240$
15	Напруження розтягнення у зовнішніх кромках підшов вістряків та осердя хрестовини з рухомими елементами, МПа	$\leq 275$
16	Бічні сили, які передаються від колеса на рейку, за умови міцності рейкових скріплень, кН	$\leq 100$
17	Динамічне вертикальне навантаження від колеса на рейку, кН	$\leq 210$
18	Динамічне погонне навантаження на залізничну колію від візка, кН/м	$\leq 168$
19	Напруження на основній площадці земляного полотна, МПа	$\leq 0,08$
<b>Вимоги до ресурсу, надійності, міцності вагона та його комплектуючих</b>		
20	Коефіцієнт запасу опору втомі елементів несної конструкції та кузова вагона	$\geq 1,7$
21	Коефіцієнт запасу втомної міцності бокової рами та балки надресорної	$\geq 2,0$
22	Призначений (нормативний) строк служби (експлуатації), років – всього; – до першого капітального ремонту	32 16
23	Інтенсивність зносу колеса (застосування колеса з економічно-вигідним профілем), мм/10 <sup>4</sup> км	$\geq 0,2$
24	Застосування центрального підвішування з нелінійною характеристикою, в якому ресурс витих пружин без зламів, циклів	$6 \cdot 10^6$
25	Застосування колесоощадних колодок з пробігом, млн. км	$\geq 0,36$
26	Міцність сталі, з якої повинні виготовлятися основні несучі елементи кузова вагона, МПа – хребтова балка (за наявності); – шворневі та проміжні балки; – елементи бокових і торцевих стін, бункери, розкоси; – обшиви бокових і торцевих стін	$\geq 355$ $\geq 345$ $\geq 325$ $\geq 295$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 3

№ п/п	Найменування параметру (характеристики)	Вимоги до показника (характеристики)
1	2	3
<b>Вимоги до гальмівної системи</b>		
27	Гальмівний коефіцієнт а) композиційні колодки – у порожньому стані; – у завантаженому стані; б) чавунні колодки – у порожньому стані; – у завантаженому стані;	 ≥ 0,22 ≥ 0,14  ≥ 3,5 ≥ 6,5
28	Тиск повітря у гальмівному циліндрі а) композиційні колодки – у порожньому стані; – у завантаженому стані; б) чавунні колодки – у порожньому стані; – у завантаженому стані;	 1,2–1,4 3,0–3,4  1,4–2,0 4,0–4,5
29	Вихід штока гальмівного циліндра, мм а) композиційні колодки залежно від конструктивного виконання гальмівної системи згідно вимог СТП 03.01-001:2023 б) чавунні колодки	 25–65 25–75 50–100 75–125
30	Можливість утримання вагона у завантаженому стані стоянковим гальмом на ухилі, %	30
31	Гальмівний шлях на ухилі 6‰, м – зі швидкості початку гальмування 80 км/год; – зі швидкості початку гальмування 90 км/год; – зі швидкості початку гальмування 100 км/год;	 ≤ 1000 ≤ 1300 ≤ 1600
32	Гальмівний шлях на ухилі 10‰, м – зі швидкості початку гальмування 80 км/год; – зі швидкості початку гальмування 90 км/год;	 ≤ 1200 ≤ 1500
33	Гальмівний шлях на рівній площадці зі швидкості початку гальмування 120 км/год, м – завантаженого вагона; – завантаженого поїзда	 ≤ 1700 ≤ 2000
<b>Вимоги до міжремонтних інтервалів вагона та ресурсу його комплектуючих</b>		
34	Міжремонтний пробіг до першого деповського ремонту вагона після побудови, тис. км (років)	500 (5)
35	Міжремонтний пробіг між наступними деповськими ремонтами, тис. км (років)	360 (4)
36	Підшипники касетного типу для буксових вузлів з адаптером, що забезпечують безремонтний пробіг, млн. км (років)	≥ 1,0 (16)

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення таблиці 3

№ п/п	Найменування параметру (характеристики)	Вимоги до показника (характеристики)
1	2	3
37	Пробіг буксових вузлів, що забезпечують безремонтний пробіг колісних пар, млн. км (років)	$\geq 0,8$ (8)
38	Пробіг по зносу металевих частин пружних ковзунів, фрикційних планок та клинів, млн. км	$\geq 1,0$
39	Пробіг по зносу вузла п'ятник-підп'ятник, млн. км	$\geq 0,5$
40	Пробіг до заміни втулки, млн. км – гальмівної важільної передачі – підвищення гальмівного башмака	$\geq 1,0$ $\geq 0,36$

Слід зазначити, що запропоновані технічні вимоги до проектування бункерних вагонів нового покоління для перевезення цементу, окрім порівняльного аналізу результатів науково-експериментальних досліджень сучасних моделей, враховують наступні нормативні та рекомендаційні вимоги [18–23].

### Висновки.

1. Комплексний порівняльний аналіз технічних характеристик новостворених бункерних вагонів для перевезення цементу дозволив сформулювати головні переваги зазначених моделей вагонів порівняно з вагонами-цементовозами минулого покоління.

2. Проведений порівняльний аналіз результатів науково-експериментальних досліджень в рамках постановки на виробництво різними підприємствами новостворених моделей бункерних вагонів для перевезення цементу, а також існуючі нормативні та вимоги рекомендаційного характеру, дозволили запропонувати технічні вимоги до проектування бункерних вагонів для перевезення цементу нового покоління. У зв'язку зі скасуванням значного обсягу нормативних документів у сфері залізничного транспорту протягом останнього періоду, у тому числі ДСТУ 3435-96 «Вагони-хопери криті колії 1520 мм для перевезення цементу. Загальні технічні умови» [24], запропоновані вимоги можуть стати базою для створення нормативного документа, який буде встановлювати технічні вимоги до проектування бункерних вагонів нового покоління для перевезення цементу.

3. Отримані результати науково-експериментальних досліджень показали можливі перспективні шляхи розвитку бункерних вагонів для перевезення цементу та можуть стати основою для створення нових моделей або для виконання конструктивного вдосконалення існуючим моделям вагонів-цементовозів.

### Рекомендації.

Представлені у статті матеріали мають практичну цінність та мають стати у нагоді інженерно-технічному персоналу, вагонобудівним та вагоноремонтним підприємствам під час створення нових моделей бункерних вагонів для перевезення цементу чи глибокої модернізації існуючих, а також підвищення ефективності їх експлуатації.

Результати проведеного розгляду сучасного стану конструктивної досконалості вагонів-цементовозів обґрунтували необхідність виконання відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт на розроблення їх зразків нового покоління, що безпосередньо пов'язано із застосуванням нових концептів під час їх проектування. Для розробки інноваційних конкурентоспроможних бункерних вагонів для перевезення цементу рекомендуємо вагонобудівним заводам на практиці розробити та реалізувати оптимальні конструкторські рішення відповідно до запропонованих технічних вимог з урахуванням розвитку сучасних технологій і нової техніки.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Сулим А.О., Сафронов О.М., Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М. Сучасний стан та перспективи розвитку парку вантажних вагонів в Україні: оновлення або продовження призначеного строку служби? *Залізничний транспорт України*. 2021. № 4. С. 4–20. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-141-4-04-20>
2. Панченко С.В., Мартинов І.Е., Можейко Є.Р., Сафронов О.М., Труфанова А.В. Криті вагони / С.В. Панченко, І.Е. Мартинов, Є.Р. Можейко, О.М. Сафронов, А.В. Труфанова. Кременчук, Харків: УкрНДІВ, УкрДУЗТ, 2021. 161 с.
3. Фомін О.В., Мурашова Н.Г., Воропай В.С. Конструктивний аналіз та перспективи розвитку бункерних вагонів для перевезення зернових. *Вагонний парк*. 2018. № 10 (142). С. 17–21.
4. Фомін О.В., Мурашова Н.Г., Воропай В.С., Коваленко В.В. Сучасний стан конструктивної досконалості бункерних вагонів для перевезення зернових та перспективи його розвитку. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. Маріуполь, 2017. Вип. 34. С. 192–201. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/242048>
5. Сулим А.О., Сафронов О.М., Хозя П.О., Фомін О.В., Фомін В.В. Сучасні інноваційні бункерні вагони-хопери вітчизняного виробництва та перспективи їх розвитку. *Наукові вісті Давіського університету*. 2021. № 21. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-16>
6. Сулим А.О., Орлов О.В., Столетов С.О., Федорак І.І. Експериментальні дослідження міцності конструкції та ходових якостей вагона для цементу бункерного типу. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2024. Вип. 28. С. 7–21. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2024-28-7-21>
7. Хозя П.О., Юшко О.О., Орлов О.В., Хвоєнко Є.О., Григорошенко М.В. Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида моделі 33-7141. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2022. Вип. 25. С. 129–143. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-129-143>
8. Сулим А.О., Стринжа А.М., Бородай О.О., Федоров В.В. Технічні характеристики та шляхи удосконалення вагонів-думпкарів для промислового транспорту. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2021. Вип. 23. С. 54–73. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2021-23-54-73>
9. Сулим А.О., Хозя П.О., Стринжа А.М., Речкалов В.С., Федоров В.В. Шляхи та перспективи удосконалення вагонів-думпкарів, призначених для експлуатації магістральними коліями 1520 мм. *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія: «Транспортні системи і технології»*. 2022. Вип. 39. С. 51–65. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-6>
10. Федорак І.І., Сулим А.О., Хозя П.О., Столетов С.О. Експериментальні дослідження вагона-платформи моделі 13-1894 для великотоннажних контейнерів. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 2024. Вип. 29. С. 81–93. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2024-29-81-93>
11. Костриця С.А., Федоров Є.Ф., Болотов В.В., Грановська Н.Й. Ходові динамічні та міцнісні випробування вагона-платформи для великотоннажних контейнерів моделі 13-7133 на візках з ковзунами зазорного типу для перевезення крупнотонажних контейнерів. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : матеріали 81 Міжнародної науково-практичної конференції, 22-23 квітня 2021 р. / за заг. ред. А.В. Радкевича, Р.В. Рибалки*. Дніпров. нац. ун-т. залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2021. С. 307–308.
12. Рейдемейстер О.Г., Шикунів О.А., Ягода Д.О. Експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-платформи моделі 13-4155. *2-а Міжнародна науково-технічна конференція «Про-*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

*гресивні технології засобів транспорту». Харків, 05-06 грудня.: Тези доповідей. Харків: УкрДУЗТ, 2024. С. 76–77.*

13. Крамаренко М.В., Гречкін О.А., Плютін О.І., Єгоров Д.О. Створення першого вітчизняного вантажного вагона для колії 1435 мм за вимогами TSI. *Залізничний транспорт України*. 2024. № 3. С. 4–14. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2024-152-3-04-14>

14. Гречкін О.А., Єгоров Д.О. Створення вантажного вагону для перевезення сипких вантажів моделі 19-7154. *Залізничний транспорт України*. 2024. № 4. С. 4–9. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2024-153-4-04-09>

15. Візник Р.І. Конструктивні особливості піввагона з глухим кузовом нового покоління. *2-а Міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивні технології засобів транспорту»*. Харків, 05-06 грудня.: Тези доповідей. Харків: УкрДУЗТ, 2024. С. 110–112.

16. Фомін О.В., Сапронова С.Ю., Кочешкова Н.С., Фомін В.В. Аналіз випробувань модернізованих спеціалізованих вагонів-хоперів для окатишів та агломерату моделі 20-9749. *Вісник національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. Київ, НТУ, 2017. Вип. 1 (37). С. 392-401.

17. Сулим А.О., Стринжа А.М., Семко Ж.О., Федоров В.В. Аналіз технічних показників та надійності комплектуючих деталей вагонів-окатишевозів. *Матеріали конференції: II Міжнародна науково-практична «Актуальні проблеми і перспективи інноваційного розвитку економіки та техніки в умовах інтеграції України в Європейський науково-виробничий простір, 9 червня 2022 р. Кременчук, ДП «УкрНДІВ», 2022. С. 43–46.*

18. ДСТУ 7571:2014 Рухомий склад залізниць. Норми допустимого впливу на залізничну колію шириною 1520 мм. Введено вперше на підставі наказу Мінекономрозвитку України від 02.12.2014 № 1429. Київ, Мінекономрозвитку, 2015. 15 с.

19. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Введено на підставі наказу ДП «УкрНДНЦ» від 02.12.2014 № 1430. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2014. 161 с.

20. Протокол засідання Технічної ради Укрзалізниці від 30 вересня 2015 року. 16 с.

21. Протокол № ЦЦТех-2/21 від 30.06.2017 р. засідання секції «Єдиної технічної політики та екологічного менеджменту» науково-технічної ради ПАТ «Укрзалізняця». 9 с.

22. СТП 03.01-001:2023. Вагони вантажні. Ремонт гальмівного обладнання. Правила виконання. Введено вперше на підставі протоколу АТ «Укрзалізняця» від 10.04.2023 № Ц-85/20 Ком.т. Київ, АТ «Укрзалізняця», 2023. 205 с.

23. ЦШ-0001. Інструкція з сигналізації на залізницях України. Введено вперше на підставі наказу Міністерства транспорту та зв'язку України від 23.06.2008 № 747. Київ, Мінтрансзв'язку, 2008. 82 с.

24. ДСТУ 3435-96. Вагони-хопери закриті колії 1520 мм для перевезення цементу. Загальні технічні умови. [Чинний від 1999-01-01 до 2025-12-31]. Київ, Держстандарт України, 1996. 10 с.

### **A. O. Sulym**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,

33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine

Tel.: +380536660354, E-mail: [sulim1.ua@gmail.com](mailto:sulim1.ua@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

### **I. I. Fedorak**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,

33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine

Tel.: +380536661257, E-mail: [ivigfed@gmail.com](mailto:ivigfed@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4503-1858>

### **V. O. Shushmarchenko**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

33 I. Prykhodka Street, Kremenchuk, Poltava Region, 39621, Ukraine

Tel.: +380536661384, E-mail: [vasylkremen77@gmail.com](mailto:vasylkremen77@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7580-8501>

**O. O. Borodai**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»  
33 I. Prykhodka Street, Kremenchuk, Poltava Region, 39621, Ukraine  
Tel.: +380536661384, E-mail: saleksbor@ukr.net  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8677-5776>

## ANALYSIS OF THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF HOPPER WAGONS FOR TRANSPORTING CEMENT

*The article analyses existing research on the creation of hopper wagons for transporting cement and justifies the need for a comprehensive analysis of the technical characteristics of newly developed models of hopper wagons for transporting cement. It has been established that the operational fleet of cement wagons consists mainly of hopper wagons of models 11-715 and 19-758 manufactured by Kryukovsky Railway Car Building Works, PJSC between 1980 and 1995. The need to renew the domestic freight fleet with newly developed wagons for transporting cement has been identified.*

*It has been established that over the past fifteen years, domestic car-building plants have created at least six new models of hopper wagons for transporting cement with improved technical and operational characteristics: 19-7075, 19-7160 manufactured by Kryukovsky Railway Car Building Works, PJSC; 19-4142 – TAS Dniprovagonmash LLC; 19-9967, 17-1890 – DMZ Karpaty LLC; 19-8530 – DMZ Karpaty LLC and Poltava Diesel Locomotive Repair Plant LLC. A comparison of the technical characteristics of these newly developed models of hopper cars for transporting cement was performed.*

*The results of comprehensive scientific and experimental studies of newly developed models of hopper wagons for transporting cement within the framework of their production launch were analyzed, including static strength tests, dynamic and strength tests, stationary and train tests, tests to determine the level of external noise, and other types of tests.*

*The scientific novelty was to develop requirements for the technical characteristics of innovative next-generation wagons for transporting cement, taking into account the analysis of the results of scientific and experimental research on modern newly developed models of this type of wagon.*

*The practical significance lies in the possibility of using the research results obtained in this article to create a regulatory document that will establish general technical requirements for the design of innovative hopper cars for transporting cement. The results of this work may also be useful in the creation of new models of hopper cars for transporting cement or in the thorough modernisation of existing ones, as well as in improving their operational efficiency.*

*Based on the results of the research, conclusions have been formulated and recommendations have been made regarding the possible further use of the data obtained.*

*Keywords:* hopper wagon, railway cement car, braking system, railway track, strength, service life, running performance, noise.

## REFERENCES

1. Sulym, A.O., Safronov, O.M., Fedosov-Nikonov, D.V., & Strynzha A.M. (2021). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku parku vantazhnykh vahoniv v Ukraini: onovlennia abo prodovzhennia pryznachenoho stroku sluzhby? [Current state and prospects for the development of the freight car fleet in Ukraine: renewal

- or extension of the designated service life?] *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 4, 4–20. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-141-4-04-20> [in Ukrainian]
2. Panchenko, S.V., Martynov, I.E., Mozheiko, Ye.R., Safronov, O.M., & Trufanova, A.V. (2021). *Kryti vahony [Covered wagons]*. Kremenchuk, Kharkiv: UkrNDIV, UkrDUZT [in Ukrainian]
3. Fomin, O.V., Murashova, N.G., & Voropai, V.S. (2018). Konstruktyvnyi analiz ta perspektyvy rozvytku bunkernykh vahoniv dlia perevezennia zernovykh. [Structural analysis and prospects for the development of hopper cars for grain transportation]. *Vahonnyi park – Railcar Fleet*, 10 (142), 17–21 [in Ukrainian]
4. Fomin, O.V., Murashova, N.H., Voropai V.S., & Kovalenko V.V. (2017). Suchasnyi stan konstruktyvnoi doskonalosti bunkernykh vahoniv dlia perevezennia zernovykh ta perspektyvy yoho rozvytku. [Current state of design perfection of hopper cars for grain transportation and prospects for its development]. *Visnyk Pryazovskoho derzhavnogo tekhnichnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky – Bulletin of the Priazovsk State Technical University. Series: Technical Sciences*, 34, 192–201. Mariupol. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/242048> [in Ukrainian]
5. Sulym, A.O., Safronov, O.M., Khozia, P.O., Fomin, O.V., & Fomin, V.V. (2021). Suchasni innovatsiini bunkerni vahony-khopy vitchyznianoho vyrobnytstva ta perspektyvy yikh rozvytku. [Modern innovative hopper cars of domestic production and prospects for their development]. *Naukovi visti Dalivskoho universytetu – Scientific News of Dahl University*, 21. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-16> [in Ukrainian]
6. Sulym, A.O., Orlov, O.V., Stolietov, S.O., & Fedorak I.I. (2024). Eksperymentalni doslidzhennia mitsnosti konstrukttsii ta khodovykh yakosteii vahona dlia tseментu bunkernoho typu. [Experimental studies of the structural strength and running characteristics of a bunker-type cement wagon]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» – Collection of scientific papers 'Railbound Rolling Stock'*, 28, 7–21. Kremenchuk: SE «UkrNDIV». DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2024-28-7-21> [in Ukrainian]
7. Khozia, P.O., Yushko, O.O., Orlov, O.V., Khvoienko, E.O., & Hrygoroshenko, M.V. (2022). Naukovo-eksperymentalni doslidzhennia tekhnichnykh kharakterystyk vahona-samoskyda modeli 33-7141. [Scientific and experimental research on the technical characteristics of the 33-7141 model dump car]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» – Collection of scientific papers 'Railbound Rolling Stock'*, 25, 129–143. Kremenchuk: SE «UkrNDIV». DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-129-143> [in Ukrainian]
8. Sulym, A.O., Strynzha, A.M., Borodai, O.O., & Fedorov, V.V. (2021). Tekhnichni kharakterystyky ta shliakhy udoskonalennia vahoniv-dumpkariv dlia promyslovoho transportu. [Technical characteristics and ways to improve dump cars for industrial transport]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» – Collection of scientific papers 'Railbound Rolling Stock'*, 23, 54–73. Kremenchuk: SE «UkrNDIV». DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2021-23-54-73> [in Ukrainian]
9. Sulym, A.O., Khozia, P.O., Strynzha, A.M., Rechkalov, V.S., & Fedorov, V.V. (2022). Shliakhy ta perspektyvy udoskonalennia vahoniv-dumpkariv, pryznachenykh dlia ekspluatatsii mahistralnymy koliiamy 1520 mm [Ways and prospects for improving dump cars designed for operation on 1520 mm main lines]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya: «Transportni systemy i tekhnolohii» – Collection of scientific works of DUIT. Series: 'Transport Systems and Technologies'*, 39, 51–65. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-6> [in Ukrainian]
10. Fedorak, I.I., Sulym, A.O., Khozia, P.O., & Stolietov, S.O. (2024). Eksperymentalni doslidzhennia vahona-platformy modeli 13-1894 dlia velykotonnazhnykh konteineriv. [Experimental studies of the 13-1894 model flatcar for large-tonnage containers]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» – Collection of scientific papers 'Railbound Rolling Stock'*, 29, 81–93. Kremenchuk: SE «UkrNDIV». DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2024-29-81-93> [in Ukrainian]
11. Kostrytsia, S.A., Fedorov, E.F., Bolotov, V.V., & Hranovskaia, N.Y. (2021). Khodovi dynamichni ta mitsnosni vyprobuvannia vahona-platformy dlia velykotonnazhnykh konteineriv modeli 13-7133 na vizkakh z kovzunamy zazornoho typu dlia perevezennia krupnotonazhnykh konteineriv. Problemy ta perspektyvy rozvytku za-liznychnoho transportu. [Running dynamic and strength tests of a flatcar for large-tonnage containers, model 13-7133, on bogies with gap-type skids for transporting large-tonnage containers. Problems and prospects for the development of railway transport]. *Proceedings from 81 Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii – The 81st International Scientific and Practical Conference*. A.V. Radkevich, R.V. Rybalko (Eds.). (pp. 76–77). Dniprovskiy natsionalnyi universytet zaliznychoho transportu imeni akademika V. Lazariana – Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazarian. Dnipro [in Ukrainian].
12. Reidemeister, O.H., Shykunov, O.A., & Yahoda, D.O. (2024). Eksperymentalni doslidzhennia tekhnichnykh kharakterystyk vahona-platformy modeli 13-4155. [Experimental studies of the technical characteristics of the 13-4155 model flatcar]. *Proceedings from 2-a Mizhnarodna naukovo-tekhnichna*

konferentsiia «Prohresyvni tekhnologii zasobiv transportu» – The 2nd International Scientific and Technical Conference 'Progressive Technologies for Transport'. Kharkiv: UkrDUZT [in Ukrainian].

13. Kramarenko, M.V., Hrechkin, O.A., Pliutin, O.I., & Yehorov, D.O. (2024). Stvorennia pershoho vitchyznianoho vantazhnoho vahona dlia kolii 1435 mm za vymohamy TSI [Construction of the first domestic freight wagon for 1435 mm gauge in accordance with TSI requirements]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 3, 4–14. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2024-152-3-04-14> [in Ukrainian].

14. Hrechkin, O.A., & Yehorov, D.O. (2024). Construction of a freight car for transporting bulk cargo, model 19-7154 [Stvorennia vantazhnoho vahonu dlia perevezennia sypkykh vantazhiv modeli 19-7154]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway Transport of Ukraine*, 4, 4–9. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2024-153-4-04-09> [in Ukrainian].

15. Vizniak, R.I. (2024). Konstruktyvni osoblyvosti pivvahona z hlukhym kuzovom novoho pokolinnia [Design features of a new generation flat car with a closed body]. *Proceedings from 2-a Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Prohresyvni tekhnologii zasobiv transportu» – The 2nd International Scientific and Technical Conference 'Advanced Transport Technologies'*. (pp. 110–112). Kharkiv: UkrDUZT [in Ukrainian].

16. Fomin, O.V., Saponova, S.Yu., Kocheshkova, N.S., & Fomin, V.V. (2017). Analiz vyprobuvan modernizovanykh spetsializovanykh vahoniv-khoperiv dlia okatyshiv ta ahlomeratu modeli 20-9749. [Analysis of tests of modernised specialised hopper wagons for pellets and sinter, model 20-9749]. *Visnyk natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky» – Bulletin of the National Transport University. Series 'Technical Sciences'*, 1 (37), 392-401. Kyiv: NTU [in Ukrainian].

17. Sulym, A.O., Strynzha, A.M., Semko, Zh.O., & Fedorov, V.V. (2022). Analiz tekhnichnykh pokaznykiv ta nadiinosti komplektuiuchykh detalei vahoniv-okatyshvoziv [Analysis of technical indicators and reliability of components of pellet wagons]. *Proceedings from II Mizhnarodna naukovo-praktychna «Aktualni problemy i perspektyvy innovatsiinoho rozvytku ekonomiky ta tekhniky v umovakh intehratsii Ukrainy v Yevropeyskyi naukovo-vyrobnychiy prostir – The Second International Scientific and Practical Conference 'Current Problems and Prospects for Innovative Development of the Economy and Technology in the Context of Ukraine's Integration into the European Scientific and Industrial Space'*. (pp. 43–46). Kremenchuk: SE «UkrNDIV» [in Ukrainian].

18. Rukhomyi sklad zaliznyts. Normy dopustymoho vplyvu na zaliznychnu koliiu shyrynoi 1520 mm [Rolling stock of railways. Permissible impact standards on 1520 mm gauge railway tracks]. (2015). *DSTU 7571:2014 from 2<sup>nd</sup> December 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development [in Ukrainian].

19. Rukhomyi sklad zaliznyts. Normy dopustymoho vplyvu na zaliznychnu koliiu shyrynoi 1520 mm [Freight wagons. General requirements for calculations and design of new and modernised 1520 mm gauge wagons (non-self-propelled)]. (2014). *DSTU 7598:2014 from 2<sup>nd</sup> December 2014*. Kyiv: SE «UkrNDNC» [in Ukrainian].

20. *Protokol zasidannia Tekhnichnoi rady Ukrzaliznytsi [Minutes of the meeting of the Technical Council of Ukrzaliznytsia]* (2015, 30 September) [in Ukrainian].

21. *Protokol № TsTsTekh-2/21 zasidannia sekcii «Iedynoi tekhnichnoi polityky ta ekolohichnoho menedzhmentu» naukovo-tekhnichnoi rady PAT «Ukrzaliznytsia» [Minutes No. TsTsTech-2/21 of the meeting of the section «Unified Technical Policy and Environmental Management» of the Scientific and Technical Council of PJSC Ukrzaliznytsia]* (2017, 30 June) [in Ukrainian].

22. Vahony vantazhni. Remont halmivnoho obladnannia. Pravyla vykonannia [Freight cars. Repair of braking equipment. Rules of execution]. (2023). *STP 03.01-001:2023*. (2023, 10 April). Kyiv: JSC Ukrzaliznytsia [in Ukrainian].

23. Instruktsiia z syhnalizatsii na zaliznytsiakh Ukrainy [Instructions for signalling on Ukrainian railways]. (2008). *TSSh-0001*. (2008, 23 June). Kyiv: Ministry of Transport and Communications [in Ukrainian].

24. Vahony-khoperi zakryti kolii 1520 mm dlia perevezennia tsementu. Zahalni tekhnichni umovy [Closed hopper wagons with a track gauge of 1520 mm for transporting cement. General technical conditions]. (1996). *DSTU 3435-96* [Valid from 1st January 1999 to 31st December 2015]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].



Стаття надійшла 21.04.2026

Стаття прийнята 23.04.2026

Опубліковано 29.05.2026