

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 656.2.073.235:629.463.65-048.24

С. В. ПАНЧЕНКО¹, А. О. ЛОВСЬКА^{2*}, М. В. ПАВЛЮЧЕНКОВ^{3, 4},
П. В. РУКАВІШНИКОВ⁵, Д. Г. ПЕТРЕНКО⁶, М. Г. РАВЛЮК⁷

¹Каф. «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів», Український державний університет залізничного транспорту, майд. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 00, ел. пошта panchenko074@ukr.net, ORCID 0000-0002-7626-9933

^{2*}Каф. «Інженерія вагонів та якість продукції», Український державний університет залізничного транспорту, майд. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 35, ел. пошта alyonalovskaya.vagons@gmail.com, ORCID 0000-0002-8604-1764

³Каф. «Теоретична і будівельна механіка», Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна, 61002, тел. +38 (057) 707 31 25, ел. пошта pavliuchenkov@ukr.net, ORCID 0000-0003-0542-7284

⁴Каф. будівельних конструкцій, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, Суми, Україна, 40000, тел. +38 (0542) 70 11 86, ел. пошта pavliuchenkov@ukr.net, ORCID 0000-0003-0542-7284

⁵Каф. «Теплотехніка, теплові двигуни та енергетичний менеджмент», Український державний університет залізничного транспорту, майд. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 21, ел. пошта Rukavishnikov@kart.edu.ua, ORCID 0000-0002-9670-3071

⁶Каф. будівельних конструкцій, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна, 61002, тел. +38 (057) 707 31 07, ел. пошта petrenko_dmytro@ukr.net, ORCID 0000-0002-8168-7224

⁷Каф. «Механіка та проектування машин», Український державний університет залізничного транспорту, майд. Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 10 51, ел. пошта ravmg@ukr.net, ORCID 0000-0002-6021-660X

Експериментальне дослідження міцності кришки люка піввагона під час перевезення в ньому контейнерів

Мета. Робота спрямована на висвітлення особливостей експериментальних досліджень міцності кришки люка піввагона, навантаженої від фітингового упора для кріплення контейнерів. **Методика.** Для можливості використання піввагонів під контейнерні перевезення проведено експериментальне дослідження міцності кришки люка піввагона у випадку її навантаження від фітингового упора. При цьому проведено стендові випробування в дослідній лабораторії Центру діагностики споруд транспортного призначення при Українському державному університеті залізничного транспорту. Визначення напружень, які виникають у конструкції кришки люка, здійснено з використанням методу електричного тензометрування. Монтаж тензорезисторів здійснено за мостовою схемою. Місця розміщення тензорезисторів на кришці люка визначено за отриманими теоретичним шляхом полями напружень, що виникають у кришці люка. Перед монтажем тензорезисторів здійснено їх тарування. Навантаження на фітинговий упор передавали через металевий стакан, який імітував фітинг контейнера. Максимальну величину навантаження, яке передавали на фітинговий упор, узятю рівною 6 т (60 кН), що відповідає максимально завантаженому стану контейнера типорозміру ІСС. Показання тензорезисторів знімали за допомогою тензометричної станції ВНП–8. **Результати.** Під час проведення досліджень максимальні напруження в кришці люка склали 345,4 МПа. Отримані напруження перевищують допустимі, що дозволяє зробити висновок про неможливість використання такої схеми закріплення контейнерів на практиці. Найбільша розбіжність між результатами комп'ютерного моделювання та експериментального дослідження міцності кришки люка піввагона складає близько 10 % і зафіксована для навантаження на фітинговий упор у 30 кН. **Наукова новизна.** Запропоновано процедуру проведення експериментального дослідження міцності кришки люка піввагона в разі навантаження від фітингового упора для кріплення контейнерів. Отримано залежності напружень у кришці люка від навантаження, яке вона сприймає

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

через фітинговий упор. **Практична значимість.** Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо адаптації піввагонів до перевезень контейнерів та підвищенню ефективності їх експлуатації.

Ключові слова: залізничний транспорт; кришка люка піввагона; випробування кришки люка на міцність; навантаженість кришки люка; контейнерні перевезення

Вступ

Інтенсифікація розвитку контейнерних перевезень викликає необхідність забезпечення залізничної галузі транспортними засобами з поліпшеними характеристиками [7, 8, 12]. Наразі перевезення контейнерів залізницею здійснюються у вагонах-платформах, оснащених фітинговими упорами для кріплення контейнерів. Разом із цим затребуваність контейнерних перевезень, особливо в міжнародному сполученні, викликає нестачу вагонів-платформ. Переснащення універсальних вагонів-платформ шляхом постановки на них фітингових упорів не вирішило повністю питання забезпеченості залізничної галузі транспортними засобами для перевезень контейнерів [11]. У зв'язку з цим доцільним є визначення можливості використання під контейнерні перевезення піввагонів, що у свою чергу, вимагає дослідження міцності їх несучої конструкції.

Аналіз літературних джерел за тематикою дослідження підтверджує, що питання визначення міцності та вдосконалення кришок люків піввагонів є досить актуальними. Наприклад, у роботі [4] висвітлено результати досліджень міцності кришки люка піввагона у випадку навантаження її від фітингового упора для кріплення контейнерів. Визначено напружений стан кришки люка та встановлено, що перевезення контейнерів у піввагонах, підлога яких утворена кришками розвантажувальних люків, з урахуванням досліджуваної схеми їх взаємодії, неможливе. Подібні дослідження проведено і в роботі [9]. На відміну від роботи [4], під час проведення розрахунків автори врахували не тільки вертикальні навантаження, а й поздовжні. Недоліками робіт [4, 9] є те, що автори не проводили експериментальні дослідження міцності кришки люка, що дозволило б підтвердити достовірність отриманих теоретичним шляхом результатів.

Автори публікації [2] провели комплексний розрахунок на міцність кришки люка піввагона вдосконаленої конструкції для нормативних та наднормових режимів навантажень. Установ-

лено, що міцність запропонованої конструкції кришки люка забезпечується. У всіх розглянутих розрахункових режимах напруження, які виникають у її складових, перебувають у межах допустимих. Однак потрібно зазначити, що під час проведення розрахунків на міцність кришки люка автори не досліджували схему її навантаження від контейнера.

У роботі [5] запропоновано формалізоване описання конструкції кришки люка піввагона. Проведені дослідження дозволили структурувати інформацію щодо конструкційних та експлуатаційних властивостей роботи кришки люка. Разом з цим автори не взяли до уваги схему навантаження кришки люка від контейнера.

Для поліпшення міцності кришки люка на піввагона в роботі [1] запропоновано вдосконалення її конструкції шляхом посилення додатковими поясами. Наведено результати розрахунку на міцність кришки люка піввагона. Однак автори обмежилися тільки основними режимами її навантажень. Тобто до уваги не взято схему навантаження кришки люка від контейнера.

Подібний недолік має і робота [10], де також запропоновано вдосконалену конструкцію кришки люка зі складовими типу сендвіч. Міцність кришки люка визначено у квазістатичі. Результати розрахунку на міцність довели доцільність конструкції кришки люка.

Нову конструкцію кришки люка, особливістю якої є те, що вона має випуклу конфігурацію, запропоновано у роботі [6]. Наведено результати розрахунку кришки люка такої конструкції на міцність. Але зазначена конфігурація кришки люка унеможливило використання піввагона для контейнерних перевезень.

Мета

Автори ставлять за мету висвітлення особливостей експериментальних досліджень міцності кришки люка піввагона, навантаженої від фітингового упора для кріплення контейнерів. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

- провести експериментальне дослідження міцності кришки люка піввагона, навантаженої від фітингового упора;
- провести порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень міцності кришки люка з комп’ютерним моделюванням.

Методика

Для експериментального дослідження міцності кришки люка піввагона під час перевезення в ньому контейнерів проведено стендові випробування в дослідній лабораторії Центру діагностики споруд транспортного призначення при Українському державному університеті залізничного транспорту (м. Харків).

Визначення напружень, які виникають у конструкції кришки люка, здійснено з використанням методу електричного тензометрування. Монтаж тензорезисторів здійснено за мостовою схемою. Місця розміщення тензорезисторів на кришці люка визначено за отриманими теоретичним шляхом полями напружень, що виникають у кришці люка, і наведено на рис. 1.

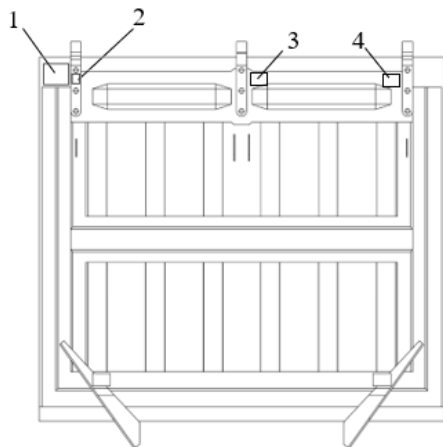


Рис. 1. Розміщення груп тензорезисторів на кришці люка (вид знизу):
1 – перша група; 2 – друга група;
3 – третя група;
4 – четверта група

Fig. 1. Placement of strain gauge groups on the hatch cover (bottom view):
1 – first group; 2 – second group;
3 – third group;
4 – fourth group

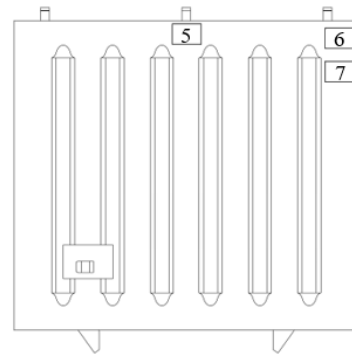


Рис. 2. Розміщення груп тензорезисторів на кришці люка (вид зверху):
5 – п’ята група; 6 – шоста група; 7 – сьома група

Fig. 2. Location of strain gauge groups on the hatch cover (top view):
5 – fifth group; 6 – sixth group; 7 – seventh group

Перед монтажем тензорезисторів здійснено їх тарування. При цьому застосовано тензорезистори з базою 10 мм та опором 100 Ом.

Монтаж тензорезисторів проведено за допомогою клею на ціакриновій основі (рис. 3, 4). Перед цим місця монтажу зачищено та знежирено.

a – a



б – б



Рис. 3. Розміщення тензорезисторів на кришці люка (нижня частина полотна):
a – у зоні розміщення петлі; *б* – за обв’язкою

Fig. 3. Placement of strain gauges on the hatch cover (lower part of the canvas):
a – in the hinge area; *b* – behind the strapping

a – a*б – б*

Рис. 4. Розміщення тензорезисторів на кришці люка
(верхня частина полотна):
a – з лівого боку; *б* – з правого боку

Fig. 4. Location of strain gauges on the hatch cover
(upper part of the canvas):
a – on the left side; *b* – on the right side

Для випробування кришки люка створено спеціальний стенд (рис. 5), на якому кришку закріплено за петлі (рис. 6), за допомогою металевих пальців.

З протилежного боку закріплення кришки люка здійснено в зонах її взаємодії із запірними механізмами. Для цього під кронштейни встановлено опори.

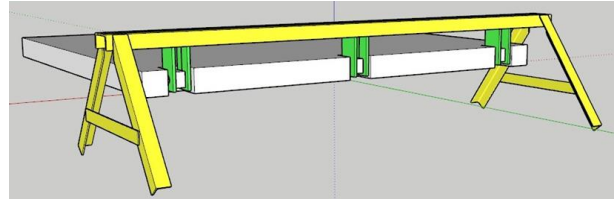


Рис. 5. Зони закріплення кришки люка за петлі
Fig. 5. Areas for fixing the hatch cover to the hinges

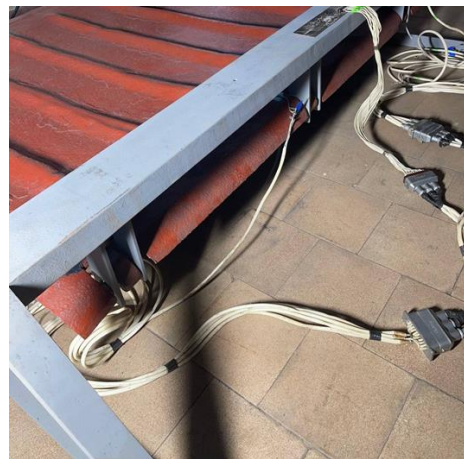


Рис. 6. Кріплення кришки люка до стенда
Fig. 6. Fastening the hatch cover to the stand

Фітинговий упор встановлено на полотні кришки люка. Місце його розташування визначено з урахуванням розміщення в піввагоні двох контейнерів типорозміру 1СС. Навантаження на фітинговий упор передавали через металевий стакан, який імітував фітинг контейнера (рис. 7).



Рис. 7. Передача навантаження на фітинговий упор

Fig. 7. Transferring the load to the fitting stop

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Зверху на стакан була укладена металева пластина, на яку встановлено домкрат. Верхня частина домкрата опиралася в горизонтальну балку. Через цей домкрат передавали вертикальне навантаження на стакан. Величину навантаження контролювали динамометром. При цьому максимальну величину навантаження взяли рівною 6 т (60 кН), що відповідає максимально завантаженому стану контейнера типу розміру 1СС. Навантаження фітингового упора відбувалося в діапазоні 0 – 60 кН з кроком 5 кН.

Показання тензорезисторів знімали за допомогою тензометричної станції ВНП–8.

Результати

Найбільші показання деформацій під час випробувань зафіксовано групами тензорезисторів 6 і 7 (рис. 8 і 9).

Із рис. 8 і 9 видно, що залежність відносних деформацій від навантаження на фітинговий упор є лінійною. Напруження, які виникають у кришці люка, наведено в табл. 1 і 2, а також на рис. 10 та 11.

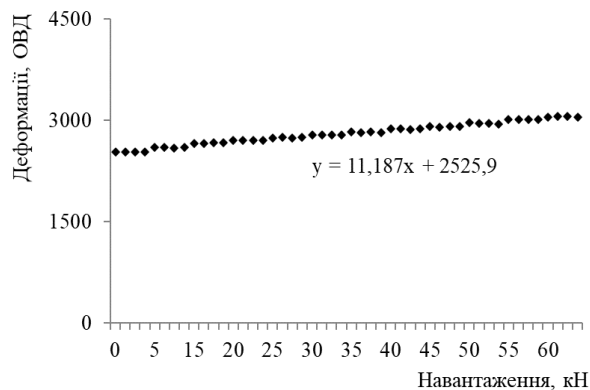


Рис. 8. Залежність відносних деформацій у кришці люка від вертикального навантаження на фітинговий упор (група тензорезисторів № 6)

Fig. 8. Dependence of relative deformations in the hatch cover on the vertical load on the fitting stop (strain gauge group No. 6)

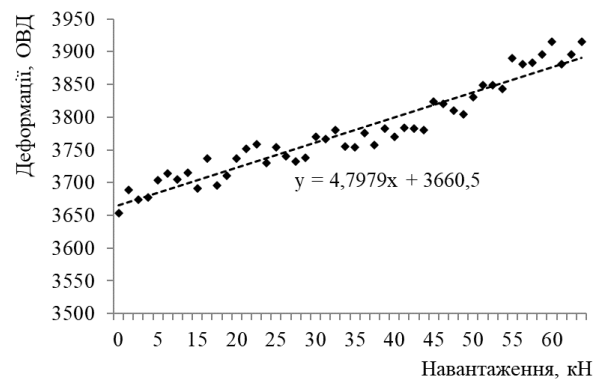


Рис. 9. Залежність відносних деформацій у кришці люка від вертикального навантаження на фітинговий упор (група тензорезисторів № 7)

Fig. 9. Dependence of relative deformations in the hatch cover on the vertical load on the fitting stop (strain gauge group No. 7)

Таблиця 1

Напруження, які виникають у кришці люка в зоні розміщення групи тензорезисторів № 6

Table 1

Stresses arising in the manhole cover in the area of strain gauge group No. 6

Навантаження, кН	Напруження, МПа
5	23,1
10	51,3
15	83,54
20	116,5
25	145,3
30	174,7
35	203,6
40	232,5
45	262,1
50	291,8
55	318,4
60	345,4

Таблиця 2

**Напруження, які виникають у кришці люка
в зоні розміщення групи тензорезисторів № 7**

Table 2

**Stresses arising in the hatch cover in the area
of strain gauge group No. 7**

Навантаження, кН	Напруження, МПа
5	17,4
10	43,6
15	71,1
20	105,3
25	128,7
30	163,8
35	195,4
40	221,6
45	252,3
50	276,5
55	305,6
60	342,8

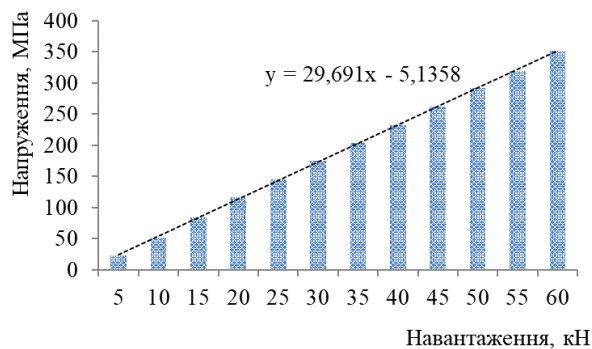


Рис. 10. Напруження, які зафіксовано групою тензорезисторів № 6

Fig. 10. Stresses recorded by the group of strain gauges No. 6

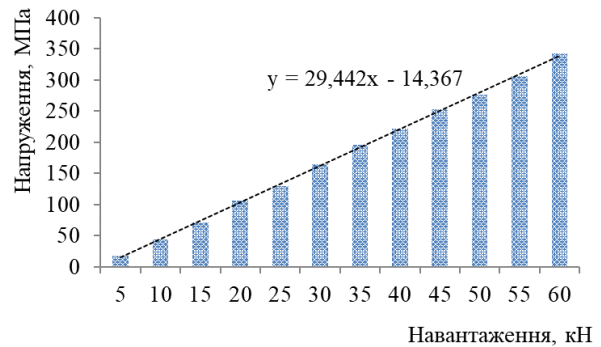


Рис. 11. Напруження, які зафіксовано групою тензорезисторів № 7

Fig. 11. Stresses recorded by the group of strain gauges No. 7

Отже, максимальні напруження в кришці люка склали 345,4 МПа. Ці напруження перевищують допустимі, які встановлено для марки сталі металокопункції кришки люка [3]. Розбіжність між результатами комп'ютерного моделювання міцності кришки люка та експериментальними дослідженнями наведено на рис. 12.

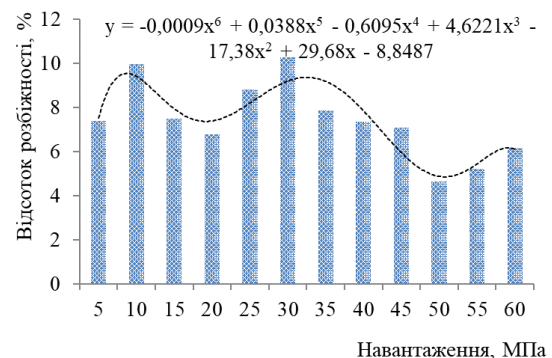


Рис. 12. Розбіжність між результатами комп'ютерного моделювання міцності кришки люка та експериментальними дослідженнями

Fig. 12. Discrepancy between the results of computer modeling of hatch cover strength and experimental studies

Особливості теоретичного визначення міцності кришки люка наведено в публікації [4]. Із рис. 12 видно, максимальна розбіжність між результатами комп'ютерного моделювання на експерименту складає близько 10 %. Вона зафіксована для навантаження на фітинговий упор у 30 кН.

Наукова новизна та практична значимість

Запропоновано процедуру проведення експериментального дослідження міцності кришки люка піввагона в разі навантаження від фітингового упора для кріплення контейнерів. Отримано залежності напружень у кришці люка від навантаження, яке вона сприймає через фітинговий упор.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо адаптації піввагонів до перевезень контейнерів та підвищенню ефективності їх експлуатації.

Висновки

1. Проведено експериментальне дослідження міцності кришки люка піввагона, навантаженої від фітингового упора. При цьому здійснено стендові випробування із використанням методу електричної тензометрії. Навантаження, передане на кришку люка, варіювалося в діапазоні 0 – 60 кН із кроком 5 кН. На підставі про-

ведених випробувань встановлено, що максимальні напруження виникають у зоні розміщення петлі кришки люка і складають 345,4 МПа. Ці напруження перевищують допустимі значення для сталі металоконструкції кришки люка. Це дозволяє зробити висновок, що перевезення контейнерів із використанням досліджуваної схеми їх закріплення у піввагоні неможливе.

2. Проведено порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень міцності кришки люка з комп'ютерним моделюванням. Встановлено, що найбільша розбіжність складає близько 10 % і зафіксована для навантаження на фітинговий упор у 30 кН.

Подяка

Ця публікація підготовлена в рамках виконання стипендіальної роботи Верховної Ради України для молодих учених – докторів наук «Ефективні конструктивні рішення залізничного рухомого складу для перевезень стратегічних вантажів» (№ ДР 0124U003906).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Візняк Р. І., Чепурченко І. В., Яценко А. О. Особливості визначення експлуатаційних навантажень кузову напіввагона та шляхи удосконалення його конструкції з метою забезпечення міцності і збереження. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2016. Вип. 159. С. 91–97. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.159.2016.67018>
- Горбунов М. І., Фомін О. В., Ловська А. О., Коваленко В. В. Комплексний розрахунок поліматеріального виконання кришки люка напіввагону з проміжним Ш-подібним обв'язуванням. *Наука та прогрес транспорту*. 2018. Вип. 3 (75). С. 138–148. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2018/132863>
- ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015. 250 с.
- Ловська А. О., Мурад'ян А. О., Рукавішников П. В., Демидюков О. В. Аналіз міцності кришки люка універсального напіввагона при перевезенні в ньому контейнерів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2024. Том 35 (74). № 2. С. 304–309. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.2/42>
- Фомін О. В., Горбунов М. І., Коваленко В. В., Міщук І. Р. Формалізовані описання конструкцій кришок напіввагонів (Частина 1). *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2018. № 2 (243). С. 216–224.
- Baranovskyi D., Bulakh M., Myamlin S., Kebl I. New Design of the Hatch Cover to Increase the Carrying Capacity of the Gondola Car. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2022. Vol. 16. Iss. 6. P. 186–191. DOI: <https://doi.org/10.12913/22998624/156205>
- Dižo J., Blatnický M. Investigation of ride properties of a three-wheeled electric vehicle in terms of driving safety. *Transportation Research Procedia*. 2019. Vol. 40. P. 663–670. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.094>
- Dižo J., Blatnický M., Harušinec J., Suchánek A. Assessment of Dynamics of a Rail Vehicle in Terms of Running Properties While Moving on a Real Track Model. *Symmetry*. 2022. Vol. 14. Iss. 3. P. 536–552. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym14030536>

9. Gerlici J., Lovska A., Vatulia G., Dizo J., Blatnický M. Research into the Strength of the Discharge Door of an Open Wagon Transporting Containers. *15th International scientific conference on aeronautics, automotive, and railway engineering and technologies (BulTrans-2023)* (Sozopol, 10–13 Sept. 2023). Sozopol, 2024. Vol. 3129. Iss. 1. P. 060001. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0201451>
10. Lovska A., Nerubatskyi V., Plakhtii O., Myamlin S. Determining the influence of sandwich-type components on the load of a hatch cover in a universal open wagon. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 1/7 (127). P. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296620>
11. Reidemeister A. H., Kalashnyk V. A., Shykunov A. A. Modernization as a way to improve the use of universal cars. *Science Transport Progress*. 2016. № 2 (62). P. 148–156. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2016/67334>
12. Vatulia G. L., Lovska A. O., Krasnokutskyi Ye. S. Research into the transverse loading of the container with sandwich-panel walls when transported by rail. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1254. 012140. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012140>

S. V. PANCHENKO¹, A. O. LOVSKA^{2*}, M. V. PAVLIUCHENKOV^{3, 4},
P. V. RUKAVISHNYKOV⁵, D. H. PETRENKO⁶, M. H. RAVLYUK⁷

¹Dep. «Automation and Computer Telecontrol of Trains», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61500, tel. +38 (057) 730 10 00, e-mail panchenko074@ukr.net, ORCID 0000-0002-7626-9933

^{2*}Dep. «Wagon Engineering and Product Quality», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61500, tel. +38 (057) 730 10 35, e-mail alyonalovskaya.vagons@gmail.com, ORCID 0000-0002-8604-1764

³Dep. «Theoretical and Structural Mechanics», O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Marshala Bazhanova str. 17, Kharkiv, Ukraine, 61002, tel. +38 (057) 707 31 25, e-mail pavliuchenkov@ukr.net, ORCID 0000-0003-0542-7284

⁴Dep. Building constructions, Sumy National Agrarian University, Gerasim Kondratiev str., 160, Sumy, Ukraine, 40000, tel. +38 (0542) 70 11 86, e-mail pavliuchenkov@ukr.net, ORCID 0000-0003-0542-7284

⁵Dep. «Heat Engineering, Heat Engines and Energy Management», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, tel. +38 (057) 730 10 21, e-mail Rukavishnikov@kart.edu.ua, ORCID 0000-0002-9670-3071

⁶Dep. Building constructions, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Marshala Bazhanova str. 17, Kharkiv, Ukraine, 61002, tel. +38 (057) 707 31 07, e-mail petrenko_dmytro@ukr.net, ORCID 0000-0002-8168-7224

⁷Dep. «Mechanics and Machine Design», Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61500, tel. +38 (057) 730 10 51, e-mail ravmg@ukr.net, ORCID 0000-0002-6021-660X

Experimental Research of the Strength of an Open Wagon Hatch Cover During the Transportation of Containers in it

Purpose. The work is aimed at highlighting the peculiarities of experimental studies of the strength of a hatch cover of an open wagon loaded from a fitting stop for fastening containers. **Methodology.** In order to make it possible to use open wagons for container transportation, an experimental study of the hatch cover of an open wagon loaded from a fitting stop was conducted. Bench tests were conducted in the research laboratory of the “Center for Diagnostics of Transport Structures” at the Ukrainian State University of Railway Transport. The stresses that arise in the design of the hatch cover were determined using the method of electrical strain gage measurement. The installation of strain gauges was carried out according to the bridge scheme. The locations of the strain gauges on the hatch cover were determined based on the theoretically obtained stress fields that arise in the hatch cover. Before installing the strain gauges, they were calibrated. The load on the fitting stop was transmitted through a metal cup that imitated the container fitting. The maximum load transferred to the fitting stop is assumed to be 6 t (60 kN), which corresponds to the maximum loaded state of a container of standard size 1CC. The strain gauge readings were taken using a VNP-8 strain gauge station. **Findings.** During the research, the maximum stresses in the hatch cover were 345.4 MPa. The obtained stresses exceed the permissible ones, which allows us to conclude that it is impossible to use such a container fastening scheme in practice. The largest percentage of discrepancy between the results of computer modeling and experimental research on the strength of the hatch cover of an open wagon is about 10% and is recorded when the load on the fitting stop is 30 kN. **Originality.** A procedure for conducting an experimental study of the strength of the hatch cover of an open wagon under the load from the fitting stop for fastening containers is proposed. The dependence of the stresses in the hatch cover of the open wagon on the load it perceives through the fitting stop was obtained. **Practical value.** The conducted research will contribute to the creation

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

of recommendations for adapting open wagons to container transportation and increasing the efficiency of container transportation.

Keywords: railway transport; open wagon hatch cover; hatch cover strength test; hatch cover load; container transportation

REFERENCES

1. Viznyak, R., Chepurchenko, I., & Yatsenko, A. (2016). Features of identifying operational loads the body of open-top car and ways of improving its design to ensure durability and preservation. *Collection of Scientific Works of the Ukrainian State University of Railway Transport*, 159, 91-97. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.159.2016.67018> (in Ukrainian)
2. Horbunov, M. I., Fomin, O. V., Lovska, A. O., & Kovalenko, V. V. (2018). Complex calculation of hatch cover of gondola car from polytypic materials with intermediate s-shape strapping. *Science and Transport Progress*, 3(75), 138-148. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2018/132863> (in Ukrainian)
3. *Vagoni vantazhni. Zagalni vimogi do rozrahunkiv ta proektuvannya novih i modernizovanih vagoniv koliyi (nasamohidnih)*, 250 DSTU 7598:2014 (2015). (in Ukrainian)
4. Lovska, A. O., Muradian, A. O., Rukavishnikov, P. V., & Demydiakov, O. V. (2024). Analysis of the strength of the hatch cover of a universal open wagon when transporting containers in it. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 2, 304-309. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.2/42> (in Ukrainian)
5. Fomin, O. V., Horbunov, M. I., Kovalenko, V. V., Mishchuk, I. R. (2018). Formalized description of the basic execution of constructions of the basket christmas structures. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volody-myra Dalia*, 2(243), 216-224. (in Ukrainian)
6. Baranovskyi, D., Bulakh, M., Myamlin, S., & Kebal, I. (2022). New Design of the Hatch Cover to Increase the Carrying Capacity of the Gondola Car. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 16(6), 186-191. DOI: <https://doi.org/10.12913/22998624/156205> (in English)
7. Gerlici, J., Lovska, A., Vatulia, G., Dizo, J., & Blatnický, M. (2024, Sept.). Research into the strength of the discharge door of an open wagon transporting containers. In *15th International scientific conference on aeronautics, automotive, and railway engineering and technologies (BulTrans-2023)* (Vol. 3129, Iss. 1, pp. 060001). Sozopol, Bulgaria. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0201451> (in English)
8. Dižo, J., & Blatnický, M. (2019). Investigation of ride properties of a three-wheeled electric vehicle in terms of driving safety. *Transportation Research Procedia*, 40, 663-670. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.094> (in English)
9. Dižo, J., Blatnický, M., Harušinec, J., & Suchánek, A. (2022). Assessment of Dynamics of a Rail Vehicle in Terms of Running Properties While Moving on a Real Track Model. *Symmetry*, 14(3), 536-552. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym14030536> (in English)
10. Lovska, A., Nerubatskyi, V., Plakhtii, O., & Myamlin, S. (2024). Determining the influence of sandwich-type components on the load of a hatch cover in a universal open wagon. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/7(127), 6-13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296620> (in English)
11. Reidemeister, O. H., Kalashnyk, V. O., & Shykunov, O. A. (2016). Modernization as a way to improve the use of universal cars. *Science and Transport Progress*, 2(62), 148-156. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2016/67334> (in English)
12. Vatulia, G. L., Lovska, A. O., & Krasnokutskyi, Y. S. (2023). Research into the transverse loading of the container with sandwich-panel walls when transported by rail. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1254(1), 012140. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012140> (in English)

Надійшла до редколегії: 30.01.2025

Прийнята до друку: 09.06.2025