

3. Hone, RL, Fritz, SG, Osborne, DT, Grisier, R, & Carpenter, S. "Exhaust Emissions and Fuel Consumption of a Railpower RP20BD Switcher Locomotive." Proceedings of the ASME 2009 Internal Combustion Engine Division Spring Technical Conference. ASME 2009 Internal Combustion Engine Division Spring Technical Conference. Milwaukee, Wisconsin, USA. May 3–6, 2009. pp. 379-387. ASME. <https://doi.org/10.1115/ICES2009-76026>

4. Series Hybrid Locomotive Equipped with Energy-Saving Electrical Equipment for European Market. Toshiba URL: [https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/infrasolution/www/infrastructure/en/railway/assets/pdf/Toshiba%20Review%20\(Hybrid%20Locomotive\).pdf](https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/infrasolution/www/infrastructure/en/railway/assets/pdf/Toshiba%20Review%20(Hybrid%20Locomotive).pdf) (дата звернення: 13.05.2023).

5. Kuznetsov, V.; Kardas-Cinal, E.; Golebiowski, P.; Liubarskyi, B.; Gasanov, M.; Riabov, I.; Kondratieva, L.; Opala, M. Method of Selecting Energy-Efficient Parameters of an Electric Asynchronous Traction Motor for Diesel Shunting Locomotives—Case Study on the Example of a Locomotive Series ChME3 (ЧМЭ3, СМЕ3, СКД S200). *Energies* 2022, 15, 317-350, <https://doi.org/10.3390/en15010317>.

6. Є.С. Рябов, Л.В.Оверьянова, С.О.Гулак, Л.Ю. Кондратьєва. Оцінка застосування маневрових електровозів. Прогресивні технології засобів транспорту. Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції, 23-24 вересня 2021 р. Харків-Миргород: УкрДУЗТ, 2021. 178 с.

yevhen.riabov@khp.edu.ua

УДК 629.463.22

**Герлиці Ю.¹, др. інж., проф., Ватуля Г.Л.², д.т.н., проф.,
Ловська А.О.¹, д.т.н., проф., Рибін А.В.³, к.т.н.**

¹Жилінський університет в Жиліні, Словаччина

²Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

³Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КУЗОВА КРИТОГО ВАГОНА З ПІДЛОГОЮ ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ

Розвиток транспортної інфраструктури зумовлює необхідність впровадження рішень, спрямованих на підвищення ефективності перевізного процесу. Особливо це стосується залізничної галузі, яка відіграє вирішальну роль в загальному сегменті перевезень вантажів.

Відомо, що перевезення вантажів, які потребують захисту від атмосферних опадів залізницею здійснюється у критих вагонах (рис. 1).

а)



б)



Рис. 1. Криті вагони побудови ПАТ “КВБЗ”

а) модель 11-7139; б) модель 11-7038

Здебільшого до таких вантажів відносяться тарно-штучні, пакетовані тощо. При їх перевезеннях в умовах експлуатаційних навантажень, зумовлених рейковими нерівностями, вони випробовують дію постійних циклічних навантажень. Внаслідок цього може мати місце пошкодження вантажів, особливо у випадку ненадійного їх закріплення. Така обставина викликає необхідність відшкодування відповідних збитків вантажовласникам. У зв'язку з цим доцільним є впровадження рішень, спрямованих на зменшення динамічної навантаженості вантажів при перевезеннях залізницею шляхом удосконалення несучих конструкцій критих вагонів.

Для зменшення впливу динамічних навантажень на схоронність вантажів, що перевозяться у критому вагоні, пропонується виготовлення його підлоги із сендвіч-панелей. При цьому сендвіч-панель буде виступати у якості проміжного адаптера між рамою вагона та вантажем, здійснюючи поглинання динамічних навантажень, які виникають при коливаннях підскакування та зменшуючи їх вплив на вантаж.

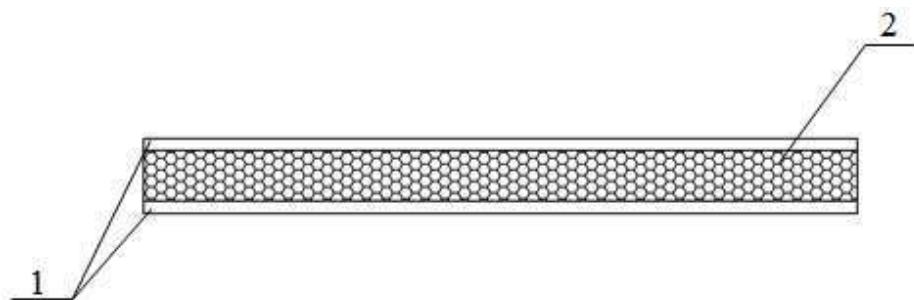


Рис. 2. Переріз сендвіч-панелі

1 – металеві листи; 2 – енергопоглинальний матеріал

Передбачається, що кожна з панелей утворена двома металевими листами між якими знаходиться матеріал з енергопоглинальними властивостями (рис. 2).

Для обґрунтування запропонованого рішення проведено математичне моделювання динамічної навантаженості критого вагона у вертикальній площині. Тобто моделювалися коливання підскакування вагона, як один з найбільш поширених типів коливань, що мають місце у експлуатації.

Встановлено, що максимальні прискорення, які діють в центрі мас кузова критого вагона, виникають в момент проходження ним рейкової нерівності (стика) і дорівнюють $2,7 \text{ м/с}^2$. Впродовж подальшого коливального процесу величина прискорення зменшується і становить $2,1 \text{ м/с}^2$. Прискорення, яке діє на вантаж, розміщений у кузові вагона склало $1,6 \text{ м/с}^2$. Отримана величина прискорення на 11,5% нижче за те, що діє на вантаж з урахуванням типової схеми сприйняття навантажень.

Для визначення товщини листів, які утворюють сендвіч-панель використано метод Бубнова – Гальоркіна. За умови того, що лист має висоту $b = 2,764 \text{ м}$ (дорівнює внутрішній ширині кузова) та ширину $a = 0,988 \text{ м}$ визначено його товщину. Розрахунок здійснено на прикладі критого вагона моделі 11-217. Враховано, що лист виготовлено зі сталі марки 09Г2С, яка має межу міцності $\sigma_B = 490 \text{ МПа}$ та коефіцієнт Пуасона $\mu = 0,28$. При цьому допустимі напруження σ дорівнюють 210 МПа .

Прийнято припущення, що кузов завантажений повністю, з використанням корисної вантажопідйомності, тобто, за умови того, що підлога утворена 14 сендвіч-панелями, навантаження, що діє на кожну з них прийнято рівним $P = 47,65 \text{ кН}$. З урахуванням цього, товщина листа сендвіч-панелі складає $7,5 \text{ мм}$.

Для визначення міцності сендвіч-панелі побудовано її просторову модель в програмному комплексі SolidWorks. Модель створено як збірку. При цьому всі елементи, які утворюють сендвіч-панель, листи та енергопоглинальний матеріал, який знаходиться між ними, також створювалися окремо і поєднувалися за допомогою опцій програмного комплексу SolidWorks в збірку. Після цього сендвіч-панелі укладалися на підлогу критого вагона (рис. 3).

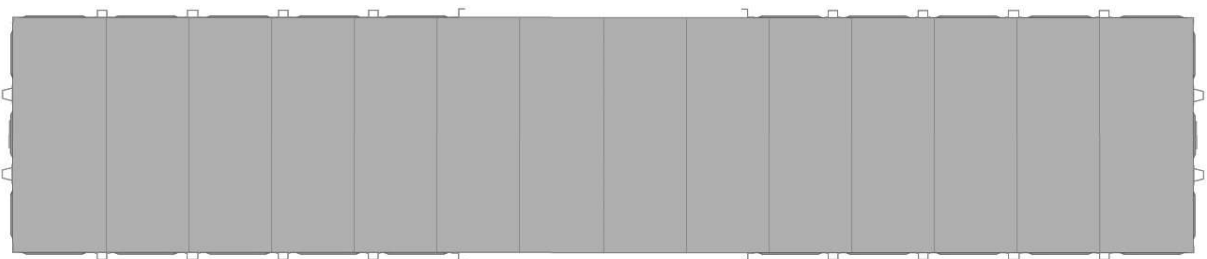


Рис. 3. Розміщення сендвіч-панелей в критому вагоні (вид зверху)

Розрахунок на міцність здійснено за методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation. Результати розрахунку показали, що максимальні напруження в кузові становлять 143 МПа (рис. 4).

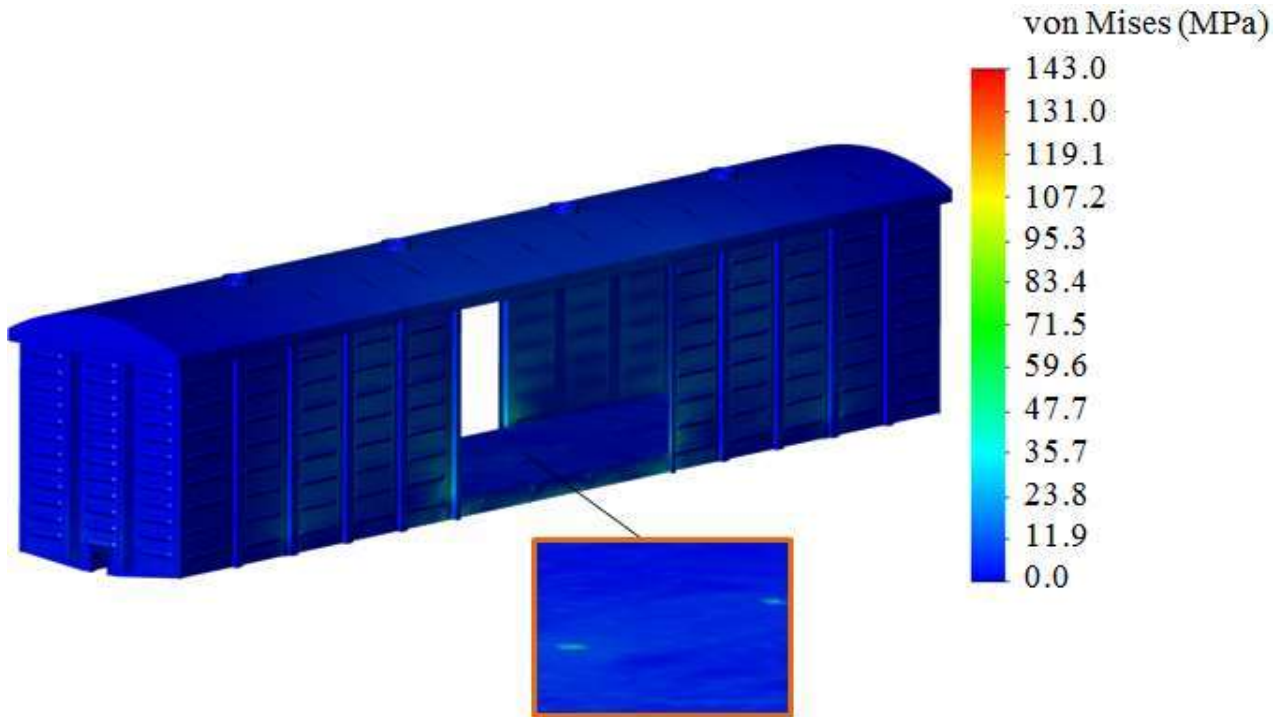


Рис. 4. Напружений стан кузова критого вагона

При цьому максимальні напруження в сендвіч-панелях дорівнюють близько 118 МПа, тобто нижчі за допустимі майже вдвічі. Максимальні переміщення виникають в середній частині кузова та складають 2,97 мм. Результати розрахунків доводять доцільність впровадження сендвіч-панелей в кузов критого вагона.

Проведені дослідження сприятимуть формуванню рекомендацій щодо підвищення ефективності експлуатації критих вагонів та стануть напрацюваннями для створення їх сучасних конструкцій.

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com