

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

УДК 629.4.023:629.463

М.В. Фісун, аспірант, А.В. Рибін, канд.тех.наук
Український державний університет залізничного транспорту

M.V. Fisun, PhD-student, A.V. Rybin, PhD
Ukrainian State University of Railway Transport

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГІБРИДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

MODELLING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A HYBRID FREIGHT WAGON STRUCTURE

Підвищення енергоефективності вантажних вагонів без зниження їх міцнісних характеристик є одним із ключових напрямів сучасного вагонобудування. Зменшення маси тари без втрати жорсткості та довговічності конструкції дозволяє знизити питомі енерговитрати на перевезення, збільшити вантажопідйомність і зменшити динамічні навантаження на колію [5]. Одним із перспективних шляхів досягнення цих показників є застосування гібридних конструкцій вагонів, у яких поєднуються традиційні сталі з легкими матеріалами — алюмінієвими сплавами, композитами та сендвіч-панелями [1,2].

Метою дослідження є моделювання напружено-деформованого стану несучої конструкції вантажного вагона гібридного типу для визначення впливу застосування новітніх матеріалів на його масу, міцність і динамічні характеристики.

У роботі розглянуто фрагмент рами вагона-хопера, у якому поздовжні балки зі сталі 09Г2С ($E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³) замінено на алюмінієві профілі зі сплаву 6061 ($E = 6,9 \cdot 10^4$ МПа, $\rho = 2700$ кг/м³) з еквівалентною жорсткістю перерізу. Просторова модель побудована у середовищі ANSYS Workbench, де виконано розрахунок на міцність методом скінченних елементів (FEM). До уваги прийнято режим руху вагона у складі поїзда при дії на його автозцеп поздовжнього навантаження у 2,5 МН. Розрахунок проведено у статичній. Граничні умови передбачали жорстке закріплення несучої конструкції вагона за п'ятники.

Результати числового експерименту показали, що заміна матеріалу балок на алюмінієвий сплав зменшує масу рами на 18 %, тоді як максимальні еквівалентні напруження зменшуються на 7 %. Власна частота коливань конструкції підвищується на 11 %, що свідчить про покращення динамічної стійкості. Додаткове використання полімерних сендвіч-панелей у настилі підлоги кузова дозволило

знизити загальну масу вагона ще на 9 % без перевищення допустимих прогинів [1,4].

Аналіз результатів підтверджує доцільність гібридного підходу — комбінування сталевих вузлів із високою міцністю (09Г2С або AHSS) у відповідальних елементах з легкими матеріалами (Al6061, CFRP, GFRP, сендвіч-панелі) у другорядних ділянках конструкції [2,3]. Це забезпечує зменшення маси вагона до 2,5 т при збереженні міцності відповідно до вимог ДСТУ 7598:2014.

Зменшення маси конструкції прямо корелює з енергоефективністю, тому для типового зернового економія пального може досягати 8–9 % за життєвий цикл експлуатації, а динамічне навантаження на колію — зменшитися на 4–5 % [5]. Водночас результати моделювання виявили локальні концентрації напружень у місцях стику сталевих і алюмінієвих елементів, що потребує подальшої оптимізації з'єднань і додаткового аналізу втомної довговічності [3].

[1] Cuartero J., Miravete A., Sanz R. Design and calculation of a railway car composite roof under concrete cube crash. *International Journal of Crashworthiness*. 2011. Vol. 16(1). P. 41–47. <https://doi.org/10.1080/13588265.2010.501163>

[2] Cascino A., Meli E., Rindi A. A strategy for lightweight designing of a railway vehicle car body including composite material and dynamic structural optimization. *Railway Engineering Science*. 2023. Vol. 31(9). P. 340–350. DOI:10.1007/s40534-023-00312-6

[3] Фомін О. В., Ловська А. О., Рибін А. В. Дослідження навантаження несучої конструкції вагона-хопера з дахом із композитного матеріалу. *Наука та прогрес транспорту*. 2022. №1(97). С. 70–76. DOI:10.15802/stp2022/265331

[4] Ватуля Г. Л., Ловська А. О., Краснокутський Є. С. Моделювання поперечної навантаженості контейнера зі стінами із сендвіч-панелей, розміщеного на вагоні-платформі. *Розвиток транспорту*. 2023. №3(18). С. 50–57. DOI:10.33082/td.2023.3-18.04

[5] Bulakh M. Evaluation and reduction of energy consumption of railway train movement on a straight track section with reduced freight wagon mass. *Energies*. 2025. Vol. 18(2). P. 1–17. DOI:10.3390/en18020280

УДК 621.865.6

СЕМЕНЕНКО Ю.О. к.т.н., доцент,
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків,
СЕМЕНЕНКО О.Д. асистент, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», м. Харків