

Г. Ватуля, д.т.н., проф., А. Ловська, д.т.н., доц., А. Рибін, к.т.н., М. Павлюченков, к.т.н., доц., Д. Петренко, к.т.н.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ХРЕБТОВОЇ БАЛКИ НАПІВВАГОНА З НАПОВНЮВАЧЕМ

G. Vatulia, Dr., Prof., A. Lovska, Dr., Assoc. Prof., A. Rybin, PhD., M. Pavliuchenkov, PhD, Assoc. Prof., D. Petrenko, PhD.

Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

EXPERIMENTAL RESEARCH INTO THE STRESS-STRAIN STATE OF THE CENTER SILL OF A BOX WAGON WITH FILLER

Abstract. The loading on the bearing structures of wagons in operation can be reduced by applying closed profiles filled with energy-absorbing material in wagon frame components. The results of the research demonstrated that with filler in the rod the stresses were reduced by 5% in comparison with stresses in the rod without filler. The difference between the experimental and theoretical strength calculations for the rods was about 3%. The results obtained can be used by those concerned about the development of innovative structures of wagons with better operational characteristics.

Забезпечення рентабельності залізничної галузі на сучасному етапі її розвитку зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію принципово нових конструкцій рухомого складу. При створенні такого рухомого складу повинні враховуватися особливі вимоги, пов'язані з забезпеченням його міцності та надійності при експлуатаційних режимах навантаження [1 – 3]. Досягти цього можливо шляхом врахування принципів мультифункціональності при його створенні або модернізаціях. Це сприятиме зменшенню навантаженості складових несучих конструкцій рухомого складу, підвищенню ресурсу експлуатації, а як наслідок, зменшенню витрат на утримання.

Відомо, що одним з найбільш затребуваних типів вагонів в експлуатації є напіввагон. Основним несучим елементом вагону є рама. Під дією експлуатаційних навантажень вона випробовує знакозмінні напруження, які викликають появу тріщин в складових конструкції та необхідність здійснення позапланових видів ремонту або, взагалі, виключення вагона з інвентарного парку. Тому з метою забезпечення міцності несучих конструкцій напіввагонів важливим є проведення досліджень щодо можливості зменшення їх навантаженості в експлуатації шляхом урахування принципів мультифункціональності при проектуванні.

Для зменшення навантаженості несучих конструкцій напіввагонів в експлуатації запропоновано створення складових рами з замкнених профілів, заповнених наповнювачем, який має енергопоглинальні властивості [4]. Дослідження проведені на прикладі хребтової балки, як найбільш навантаженого елемента несучої конструкції. Дане удосконалення можливе і стосовно інших типів вагонів. Розміщення наповнювача передбачається за довжиною хребтової балки між задніми упорами автозчепів.

Результати проведених теоретичних досліджень підтвердили доцільність запропонованих рішень. Максимальні еквівалентні напруження на 9% нижче за напруження, які виникають в конструкції рами без наповнювача.

Для підтвердження результатів теоретичних досліджень проведено експериментальне визначення напружено-деформованого стану хребтової балки напіввагона з наповнювачем. У зв'язку зі складністю проведення експерименту на

повномасштабній конструкції рами, випробуванню підлягала її консольна частина, як найбільш навантажена при дії поздовжніх експлуатаційних сил. Консольна частина рами імітувалася дослідними зразками, які представляють собою сталеві квадратні стрижні з геометричними розмірами $a=100$ мм (ширина та висота), $t=3$ мм (товщина стінки), $l=1000$ мм (довжина). Зразки були виготовлені з електрозварної труби із гнутих швелерів, сталь 09Г2С (лист холоднокатаний), з фактичною границею текучості $f_y = 345$ МПа. Зразки мали масштаб зменшення 1:3. Кількість дослідних зразків-близнюків дорівнювала трьом. Навантаження на дослідні зразки відповідало умовам роботи конструкції при стиску із випадковим ексцентриситетом. Таке навантаження характерне для одного з найбільш поширених та неблагоприємних режимів навантажень хребтової балки вагона в експлуатації.

Дослідження проводилися в дослідній лабораторії “Центру діагностики споруд транспортного призначення” при Українському державному університеті залізничного транспорту. При цьому застосовано метод електричного тензометрування. Стискання стрижнів проводилося в діапазоні 40 – 200 кН. Для навантаження стрижнів використано гідравлічний прес ПММ-125. Для дослідження характеру деформування експериментальних зразків використано тензорезистори з базою 10 мм та опором 100 Ом, які попередньо пройшли тарирування. Монтаж тензорезисторів здійснено за мостовою схемою. Місця наклеювання тензорезисторів визначено за результатами скінченно-елементного моделювання зразків у ПК “Ліра-САПР” і SolidWorks Simulation. На підставі проведених досліджень встановлено, що максимальні напруження в пустотілому стрижні при стисканні становлять близько 206 МПа. Також проведено експериментальне визначення міцності стрижнів замкненого перерізу, заповнених наповнювачем. Проведені дослідження показали, що максимальні напруження в стрижнях складають близько 195 МПа. Результати досліджень встановили, що з урахуванням застосування наповнювача в стрижні зменшуються напруження, які виникають в ньому на 5% у порівнянні з конструкцією без наповнювача. Розбіжність між експериментальними та теоретичними розрахунками стрижнів на міцність складала близько 3%.

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій вантажних вагонів та підвищенню ефективності їх функціонування.

Література.

1. Marek Płaczek, Andrzej Wróbel, Maciej Olesiejuk. Modelling and arrangement of composite panels in modernized freight cars. MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 112. 06022. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20171120602>
2. Andrzej Wróbel, Marek Płaczek, Andrzej Buchacz. An Endurance Test of Composite Panels. Solid State Phenomena. 2017. Vol. 260. P. 241 – 248. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.260.241>
3. Панченко С. В., Фомін О. В., Ватуля Г. Л., Ловська А. О., Павлюченков М. В., Рибін А. В. Обґрунтування впровадження SIN-балок в несучу конструкцію напіввагона. Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки. – 2021. – Вип. 42. – С. 174 – 183.
4. S. Panchenko, O. Fomin, G. Vatulia, A. Lovska, O. Ustenko, A. Rybin, L. Voloshina. Determination of loading of a hopper car with an improved design of the spine beam. Procedia Structural Integrity. – 2022. – Vol. 36. – P. 231 – 238.