

$$A \cdot Q \rightarrow C \quad (1)$$

При введенні двох функцій:

- суб'єктивної імовірності  $P(*)$ , яка відображає уявлення фахівця про можливі або правдоподібні стани виробничих процесів;
- корисності  $U(*)$ , що представляє переваги фахівця.

А можливі альтернативи рішень ранжуються за наступним правилом:

$$U(a_i) = \sum_j P(q_j)U(c_{ij}), i = 1, \dots, n \quad (2)$$

Функція  $U(*)$  може використовуватися як функція приналежності нечіткій множині. Далі можливим є використання методу нечітких множин для удосконалення систем управління якістю ремонту вагонів на основі розробки окремих алгоритмів управління з таблицями рішень

[1] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року СХВАЛЕНО розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р.

[2] ISO/TS 22163:2017 «Залізниця. Система менеджменту якості. Вимоги до систем управління бізнесу для підприємств залізничної галузі: ISO 9001:2015 і окремі вимоги, що застосовуються в залізничній галузі». 2017.

[3] Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process. Decision Making for Strategic Decisions. De Felice, F. (Ed.). IntechOpen, 2016.

**УДК 629.463.66**

## **ОСОБЛИВОСТІ ОПІМІЗАЦІЇ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТІЙОК КУЗОВА ВАГОНА-ХОПЕРА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНА**

### **FEATURES OF OPTIMIZATION OF VERTICAL STRUTS OF THE HOPPER WAGON BODY FOR GRAIN TRANSPORTATION**

*Д.т.н, С. В. Панченко<sup>1</sup>, д.т.н, Г. Л. Ватуля<sup>2</sup>, д.т.н, А. О. Ловська<sup>1</sup>,  
к.т.н., М. В. Павлюченков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

<sup>2</sup>*Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова (м. Харків)*

*S. V. Panchenko<sup>1</sup> Dr. Sc. (Tech.), G. L. Vatulia<sup>2</sup> Dr. Sc. (Tech.),  
A. O. Lovska<sup>1</sup> Dr. Sc. (Tech.), M. V. Pavliuchenkov<sup>1</sup> PhD (Tech.)*

<sup>1</sup>*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

<sup>2</sup>*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)*

Транспортна галузь вже тривалий час є генератором розвитку економіки євразійських країн. При цьому найбільш важливою складовою транспортної галузі є залізнична. З метою забезпечення ефективності експлуатації залізничного транспорту важливим є впровадження транспортних засобів з покращеними техніко-економічними, експлуатаційними та екологічними характеристиками.

Одним із найбільш поширених типів вантажів, які перевозяться залізницею є зернові. Перевезення їх здійснюється здебільшого в вагонах-хоперах або контейнерах. Аналіз існуючого парку транспортних засобів для перевезень зернових дозволив виявити ряд суттєвих недоліків, які перешкоджають їх повноцінному ефективному використанню [1, 2]. Насамперед, це збільшена тара, недостатня міцність несучих конструкцій транспортних засобів в умовах експлуатаційних режимів, недосконалість розвантажувальних пристроїв тощо.

Для зменшення тари вагона-хопера при забезпеченні умов експлуатаційної міцності та надійності можливим є удосконалення його кузова. Це сприятиме зменшенню підресореної маси вагона та збільшенню його вантажопідйомності. Тому дослідження, присвячені питанням удосконалення та оптимізації конструкції кузова вагона-хопера є актуальними.

Для удосконалення несучої конструкції вагона-хопера в рамках дослідження обрано прототип – вагон-хопер для перевезень зерна моделі 19-7016. В даній моделі вагона застосовуються вертикальні стійки Т-подібного перерізу у вигляді балок рівного спротиву на згин. Кріплення стійок здійснюється зварюванням до нижнього обв'язування кузова та верхнього. Матеріал виконання стійок – сталь марки 09Г2С.

З метою оптимізації параметрів стійки здійснено відповідні дослідження. Процедура оптимізації передбачала одержання математичних моделей з застосуванням сучасних методів математичного планування експерименту [3]. При цьому цільовою функцією оптимізації є зниження матеріалоемності стійки. Для кожного режиму математичного плану з використанням розрахункової моделі вагона-хопера обчислювалися значення показників, що контролюються: маса стійки  $m$ , максимальні еквівалентні напруження  $\sigma$ , які виникають в стійці.

Із використанням отриманих значень  $m$  та  $\sigma$  виконувалася їх апроксимація у вигляді поліномів другого ступеня. Коефіцієнти поліномів (їх 10), для кожного показника  $m$  та  $\sigma$ , визначалися за значеннями в 10 точках. Таким чином отримано систему 10 рівнянь із 10 невідомими. Розв'язок цієї системи виконувався методом Гаусса. На підставі проведених досліджень встановлено, що маса вертикальної стійки з урахуванням оптимізації її геометричних параметрів на 4,3% менша у порівнянні з існуючою конструкцією.

Важливо сказати, що запропонована оптимізаційна модель дозволяє у подальшому здійснити розрахунки щодо вибору оптимального матеріалу виконання стійки. Це сприятиме додатковому зменшенню матеріалоемності кузова вагона-хопера.

Для визначення міцності кузова вагона-хопера з урахуванням оптимізації параметрів його стійок здійснено розрахунок за методом скінчених елементів. При цьому застосовано програмний комплекс SolidWorks Simulation. Розрахунок здійснено для каркасу кузова як його несучої складової. Графічні роботи по побудові каркасу проводилися в SolidWorks. При складанні скінчено-елементної моделі каркасу застосовано ізопараметричні тетраедри.

Закріплення моделі здійснено за п'ятники. При цьому використовувалося жорстке зацмелення. Тобто до уваги не приймалися можливі переміщення п'ятників кузова відносно підп'ятників візків. Розрахунок здійснено для I та III

розрахункових режимів [4]. Результати розрахунку показали, що найбільші напруження в каркасі вагона-хопера виникають при I розрахунковому режимі (стиснення) і складають 262,4 МПа. Дані напруження не перевищують допустимих значень, які для I розрахункового режиму прийнято рівними 310,5 МПа [4]. Максимальні напруження в стійці складають близько 132 МПа.

Отже міцність каркаса забезпечується. Максимальні переміщення виникають у розвантажувальних бункерах і складають 4,7 мм. В середній частині верхнього обв'язування кузова переміщення склали близько 4,65 мм.

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування сучасних конструкцій залізничних вагонів з покращеними техніко-економічними показниками.

[1] Ватуля, Г. Л., Ловська, А. О., Мямлін, С. С., Павлюченков, М. В. (2023). Особливості визначення міцності даху вагона-хопера для перевезень зерна. Наукові вісті Дніпровського університету, №24. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2023-24-7>

[2] Ватуля, Г. Л., Ловська, А. О. (2023). Дослідження міцності обшивки даху вагона-хопера із композиційного матеріалу. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 34 (73). № 4, 120–124. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.2/21>

[3] Павлюченков, М. В. (2014). Рационалізація конструкції опорних пристроїв вагонів-цистерн для рідких вантажів. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В. Лазаряна, №1(49), 151-159. [doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994](https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994)

[4] ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

**УДК 656.2.073.235**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ УНІВЕРСАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА З КАРКАСОМ ІЗ ПРЯМОКУТНИХ ТРУБ**

### **RESEARCH OF THE STRENGTH OF A UNIVERSAL CONTAINER WITH A FRAME MADE FROM RECTANGULAR PIPES**

*Д.т.н., А. О. Ловська<sup>1</sup>, др. інж., Ю. Герлиці<sup>2</sup>, др. філософії Я. Діжо<sup>2</sup>,  
к.т.н., М. В. Павлюченков<sup>1</sup>, к.т.н., А. В. Рибін<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

<sup>2</sup>Жилінський університет (м. Жиліна)

*A. O. Lovska<sup>1</sup> Dr. Sc. (Tech.), J. Gerlici<sup>2</sup> Dr. Ing. (Tech.), J. Dižo<sup>2</sup> PhD (Tech),  
M. V. Pavliuchenkov<sup>1</sup> PhD (Tech.), A. V. Rybin<sup>1</sup> PhD (Tech.)*

<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

<sup>2</sup>University of Zilina (Zilina)

Контейнерні перевезення вже тривалий час є одним із найбільш успішних симбіозів транспортної взаємодії [1, 2]. У зв'язку з мобільністю конструкцій, перевезення контейнерів здійснюється всіма видами транспорту. Однією з найбільш поширених логістичних схем є перевезення контейнерів залізничним транспортом із послідувачим перевантаженням на палуби залізничних суден.