

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Кафедра «Логістичне управління та безпека руху на транспорті»**

**РЕГІОНАЛЬНА ФІЛІЯ «ДОНЕЦЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»
АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»**

ТОВ НВП «ЗОЛЯ»

СХІДНЕ МІЖРЕГІОНАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ УКРТРАНСБЕЗПЕКИ

ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТА БЕЗПЕКА РУХУ НА ТРАНСПОРТІ

**науково-практична конференція
здобувачів вищої освіти та молодих вчених
1-2 грудня 2020 року
м. Рубіжне (Луганська обл.)**

(Захід зареєстровано ДНУ «УкрІНТЕІ», Посвідчення № 706 від 13.11.20)

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Сєверодонецьк 2020

Голова організаційного комітету

Чернецов Олександр Іванович - Генеральний директор ТОВ «НВП «Зоря», м. Рубіжне, Луганська обл.

Заступник голови організаційного комітету, головний спікер

Чернецька-Білецька Наталія Борисівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Луганська обл.

Члени організаційного комітету

Борисенко Дмитро Володимирович - головний інженер – перший заступник директора регіональної філії «Донецька залізниця» АТ «Укрзалізниця».

Сиднев Володимир Романович – начальник Лиманського центру професійного розвитку персоналу регіональної філії «Донецька залізниця» АТ «Укрзалізниця».

Бережна Світлана Володимирівна – директор з підготовки та розвитку персоналу ТОВ «НВП «Зоря»».

Кириченко Ірина Олексіївна – доктор технічних наук, професор кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Луганська обл.

Рязанцева Антоніна Костянтинівна – заступник начальника Східного міжрегіонального управління Укртрансбезпеки - начальник відділу державного контролю за безпекою на транспорті у Луганській області, завідувач сектору надання адміністративних послуг.

Широбокова Оксана Вікторівна – начальник відділу підготовки та розвитку персоналу ТОВ «НВП «Зоря»».

Вчений секретар конференції

Шворнікова Ганна Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Луганська обл.

Координатор

Мірошникова Марія Володимирівна – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Луганська обл.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф., зав. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Рекомендовано до друку на засіданні кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (протокол №7 від 11 листопада 2020 р.)

Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конф., 1-2 грудня 2020 р., м. Рубіжне (Луганська обл.) / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Северодонецьк: СНУ ім.В.Даля, 2020.

Містить результати наукових, експериментальних та теоретичних досліджень здобувачів вищої освіти та молодих вчених, що були надані для участі у науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті».

Матеріали можуть бути корисними науковим співробітникам, інженерно-технічним працівникам, аспірантам та студентам старших курсів вищів, що здійснюють діяльність у транспортній галузі.

Фомін О.В., Ловська А.О. ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НАПІВВАГОНА З ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В НЕСУЧІЙ КОНСТРУКЦІЇ.....	169
Холошев Д.В., Яловенко Е.В., Шворнікова Г.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ БЕЗПЕКИ ШВИДКІСНОГО РУХУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	172
Шевченко С.І., Полупан Є.В., Козоріз Є. О., Каверіна А.А. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТНИХ ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГАЛЬМОВИХ СИСТЕМ.....	174
Яровий Р.О., Бикова О.В. ДІАГНОСТУВАННЯ АКУМУЛЯТОРНОЇ ЧАСТИНИ КОМБІНОВАНОГО НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ МАНЕВРОВОГО ЛОКОМОТИВА.....	178
Гребенецкий Е.М., Курочкин Д.Ю., Новак Г.Л., Шевченко Ю.П. СИСТЕМА ВЗАЙМОДЕЙСТВИЯ С ЛОКОМОТИВОМ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ РАДИОСВЯЗИ.....	180

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НАПІВВАГОНА З ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В НЕСУЧІЙ КОНСТРУКЦІЇ

Для зменшення динамічної навантаженості напіввагона в експлуатації запропоновано заходи щодо удосконалення хребтової балки, як основного несучого елемента рами. Особливістю хребтової балки є те, що її середня частина (відстань між задніми упорами автотзчепів) складається з П-подібного профілю, перекритого горизонтальним листом на якому розміщується двотавр. Між горизонтальною частиною полки П-подібного профілю та листом встановлюються пружні елементи. Запропоноване рішення обґрунтовано теоретичними розрахунками динаміки та міцності (втомної міцності) несучої конструкції напіввагона при основних експлуатаційних режимах навантаження. Проведені дослідження сприятимуть зменшенню динамічної навантаженості несучих конструкцій вагонів в експлуатації, а також створенню інноваційного рухомого складу.

Ключові слова: вантажний вагон, напіввагон, несуча конструкція, хребтова балка, динамічна навантаженість, міцність, втомна міцність, частотний аналіз, транспортна механіка, залізничний транспорт.

Забезпечення безперебійної роботи транспортної галузі можливе при надійній та злагодженій експлуатації окремих її складових. Відомо, що однією з найбільш важливих серед таких є залізничний транспорт. На сьогоднішній день забезпечення лідерських позицій залізничної галузі вимагає використання інноваційного рухомого складу. При проектуванні такого рухомого складу на даному етапі розвитку повинні використовуватися принципи мультифункціональності та мультиматеріальності [1 – 3]. Це сприятиме покращенню техніко-економічних характеристик вагонів, а також підвищенню ефективності їх експлуатації.

Для зменшення динамічної навантаженості, а також збільшення терміну експлуатації несучої конструкції напіввагона пропонується удосконалення хребтової балки, як основного несучого елемента рами, яке полягає у заміні типової хребтової балки на балку з пружними елементами. В якості прототипу обрано напіввагон моделі 12-757, побудови ПАТ “КВБЗ”. При цьому хребтова балка напіввагона має П-подібний перетин, перекритий зверху горизонтальним листом на якому розміщується двотавр (рис. 1).



Рисунок 1 – Удосконалена несуча конструкція напіввагона: а – несуча конструкція напіввагона з пружними елементами в хребтовій балці; б – переріз хребтової балки

Пружні елементи розміщуються в зоні між задніми упорами автотзчепів. Тобто консольні частини рами ідентичні до вагону-прототипу. Це дозволяє використовувати типовий автотзчепний пристрій СА-3 на вагоні.

Для визначення вертикальних прискорень несучої конструкції напіввагона з урахуванням запропонованих заходів проведено математичне моделювання. Оскільки пружні елементи, які встановлені в хребтову балку, працюють при коливаннях підсакування, що характеризують поступальні переміщення вагона відносно вертикальної осі, то до уваги прийнята плоска система координат.

Розв’язок диференціальних рівнянь руху здійснений в програмному комплексі MathCad [4, 5]. При цьому початкові переміщення та швидкості покладені рівними нулю.

Встановлено, що максимальне вертикальне прискорення кузова у порожньому стані складає близько $1,8 \text{ м/с}^2$ ($0,18 \text{ g}$), а візків – близько $9,0 \text{ м/с}^2$ ($0,9 \text{ g}$). На підставі проведених розрахунків можна зробити висновок, що хід вагона оцінюється як “відмінний” [6, 7]. При цьому використання хребтової балки з пружними елементами дозволяє зменшити динамічну навантаженість вагона у порівнянні з прототипом майже на 35 %.

Для визначення основних показників міцності несучої конструкції напіввагона з пружними елементами в хребтовій балці проведено розрахунок за методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation (CosmosWorks). В якості скінчених елементів використовувалися просторові тетраедри. Для визначення оптимальної кількості елементів застосований графоаналітичний метод [8]. Метод заснований на графічному наведенні допустимих рішень та цільової функції задачі. Суть методу при розв'язку даної задачі полягає у побудові залежності максимальних еквівалентних напружень від кількості скінчених елементів. Коли ця залежність починає описуватися горизонтальною лінією, це є оптимумом кількості скінчених елементів. Розрахункова схема несучої конструкції напіввагона наведена на рис. 2, а. При цьому до уваги прийняте вертикальне статичне навантаження $P_{\sigma}^{(cm)}$, а також зусилля розпору насипного вантажу P_p (кам'яне вугілля). Зусилля розпору на бокові стіни прийнято розподілити за законом трикутника з максимумом біля основи. На торцеві стіни (двері) зусилля розпору діє за законом трапеції. Чисельні значення зусиль розпору визначені за методикою, наведеною у [9].

Результати розрахунку на міцність несучої конструкції напіввагона наведені на рис. 2, б. Максимальні еквівалентні напруження при цьому виникають у верхньому горизонтальному листі хребтової балки та складають 136,0 МПа. Максимальні переміщення виникають у середній частині хребтової балки та дорівнюють 3,8 мм. Тобто міцність несучої конструкції напіввагона забезпечується [6, 7].

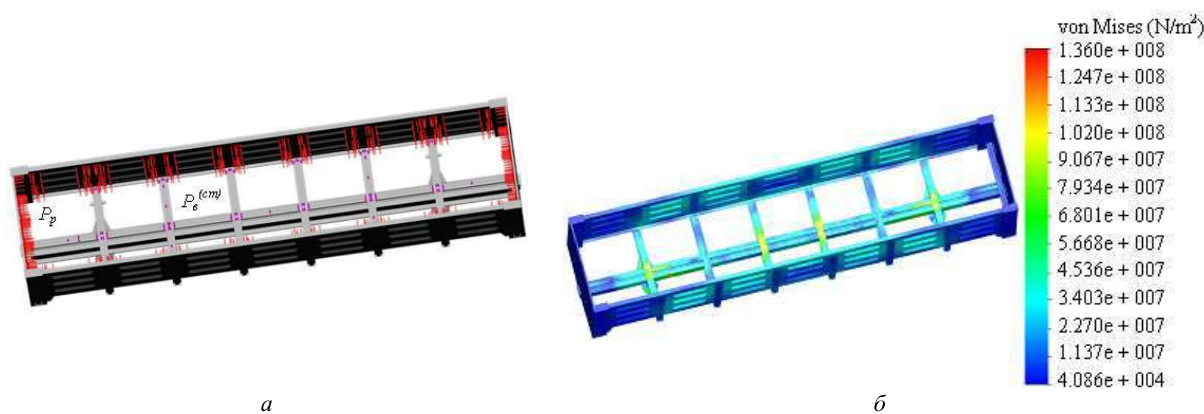


Рисунок 2 – Розрахунок на міцність несучої конструкції напіввагона: а – розрахункова схема; б – напружений стан

Також в рамках дослідження визначено власні частоти коливань удосконаленої несучої конструкції напіввагона. Розрахунок проведений в програмному комплексі SolidWorks Simulation (CosmosWorks) з використанням розрахункової схеми, наведеної на рис. 2, а. Результати розрахунку наведені на рис. 3.

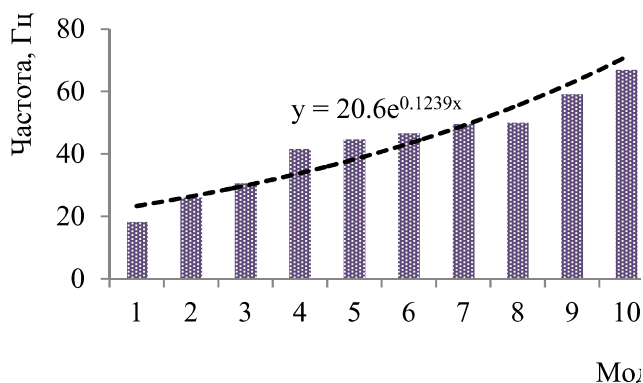


Рисунок 3 – Значення власних частот коливань несучої конструкції напіввагона

На підставі проведених розрахунків можна зробити висновок, що значення власних частот коливань несучої конструкції напіввагона знаходяться в межах допустимих.

Для визначення втомної міцності несучої конструкції напіввагона проведено розрахунок за результатами реалізованого статичного аналізу. Розрахунок на втому здійснений в лінійному вигляді, коли накопичення напружень діагностується. Теорія накопичення пошкоджень передбачає, що цикл напружень зі змінним напруженням вище межі втоми викликає пошкодження. Загальне пошкодження, дорівнює сумі пошкоджень, викликаних окремими циклами напружень. База випробувань при цьому склала 10^7 . Визначено найбільш пошкоджуваний елемент несучої конструкції напіввагона – верхній горизонтальний лист хребтової балки.

Разом з цим, втомна міцність несучої конструкції напіввагона при дії циклічних навантажень забезпечується [6, 7].

Важливо зазначити, що запропоновані технічні рішення також матимуть ефективність при застосуванні на довгобазних конструкціях вагонів.

Проведені дослідження сприятимуть зменшенню динамічної навантаженості несучих конструкцій вагонів в експлуатації, а також створенню інноваційних конструкцій рухомого складу.

Литература:

1. Fomin Oleksij. The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions / Oleksij Fomin, Lovska Alyona, Valentyna Radkevych, Anatoliy Horban, Inna Skliarenko, Olga Gurenkova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2019, Vol. 14, No. 21. – P. 3747–3752.
2. Vatulina G. Optimization of the truss beam. Verification of the calculation results / G. Vatulina, S. Komagorova, M. Pavliuchenkov // MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 230, 02037. doi: 10.1051/mateconf/201823002037
3. Fomin O. Improvements in passenger car body for higher stability of train ferry / O. Fomin, A. Lovska // Engineering Science and Technology an International Journal, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.08.010>
4. Дьяконов В. MATHCAD 8/2000: специальный справочник / В. Дьяконов // Питер: СПб, 2000. – 592 с.
5. Кирьянов Д. В. Mathcad 13 / Д.В. Кирьянов // Петербург: СПб.: БХВ, 2006. – 608 с.
6. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. ГОСТ 33211-2014. – [Действителен от 22.12.2014] – М.: Стандартинформ, 2016. – 54 с.
7. Вагоны вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). ДСТУ 7598:2014. – [Чинний від 2015-07-01]. – Київ, 2015. – 162 с.
8. Vatulina G. L. Rationalization of cross-sections of the composite reinforced concrete span structure of bridges with a monolithic reinforced concrete roadway slab / G. L. Vatulina, O. V. Lobiak, S. V. Deryzemlia, M. A. Verevicheva, Ye. F. Orel // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, Vol. 664, 012014. doi:10.1088/1757-899X/664/1/012014
9. Лукин В. В. Конструирование и расчет вагонов / В. В. Лукин, Л. А. Шадур, В. И. Котуранов, А. А. Хохлов, П. С. Анисимов // М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.

Фомин А. В., Ловская А. А. **Определение нагруженности полувагона с упругими элементами в несущей конструкции.** Для уменьшения динамической нагруженности полувагона в эксплуатации предложены мероприятия по усовершенствованию хребтовой балки, как основного несущего элемента рамы. Особенностью хребтовой балки является то, что ее средняя часть (расстояние между задними упорами автосцепки) состоит из П-образного профиля, перекрытого горизонтальным листом на котором размещается двутавр. Между горизонтальной частью полки П-образного профиля и листом устанавливаются упругие элементы. Предложенное решение обосновано теоретическими расчетами динамики и прочности (усталостной прочности) несущей конструкции полувагона при основных эксплуатационных режимах нагружения. Проведенные исследования будут способствовать уменьшению динамической нагруженности несущих конструкций вагонов в эксплуатации, а также созданию инновационного подвижного состава.

Ключевые слова: грузовой вагон, полувагон, несущая конструкция, хребтовая балка, динамическая нагруженность, прочность, усталостная прочность, частотный анализ, транспортная механика, железнодорожный транспорт.

Fomin O., Lovska A. **Determination of the load of an open top wagon with elastic elements in the load-bearing structure.** To reduce the dynamic load of an open top wagon in operation, measures have been proposed to improve the carrier beam as the main load-bearing element in the frame. The peculiarity of the ridge beam is that its middle part (distance between the rear coupling stops) consists of a P-profile overlapped with a horizontal sheet on which the I-beams are placed. The elastic elements are placed between the horizontal part of the P-profile shelf and the sheet. The proposed solution is justified by theoretical calculations of the dynamics and strength (fatigue strength) of the open top wagon load-bearing structure under the main operating conditions of loading. The research performed will help to reduce the dynamic load on the open top wagon load-bearing structures in operation and to create innovative rolling stock structures.

Keywords: freight wagon, open top wagon, load-bearing structure, carrier beam, dynamic loading, strength, fatigue strength, frequency analysis, transport mechanics, railway transport.

Фомін Олексій Вікторович

д.т.н., професор ДУІТ, м. Київ, Україна, e-mail: fomin1985@ukr.net

Ловська Альона Олександрівна

к.т.н., доцент УкрДУЗТ, м. Харків, Україна,
e-mail: alyonalovskaya.vagons@gmail.com