

А.О. ЛОВСЬКА, В.О. БАЖУРА, О.М. ПІРЕЄВ

УДОСКОНАЛЕННЯ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КУЗОВА УНІВЕРСАЛЬНОГО НАПІВВАГОНУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЙОГО МІЦНОСТІ ПРИ МАНЕВРОВИХ СПІВУДАРЯННЯХ

В статті проводиться дослідження міцності несучої конструкції кузова універсального напіввагону при маневровому співударянні. Визначено найбільш навантажені зони рами напіввагону. Запропоновано заходи щодо удосконалення несучої конструкції кузова напіввагону, які дозволять знизити концентрацію напружень в найбільш навантажених вузлах рами, а також підтримувати технічний ресурс напіввагону при існуючій ремонтній базі.

Ключові слова: напіввагон, несуча конструкція кузова, напружено-деформований стан, міцність, удосконалення конструкції.

В статье проводится исследование прочности несущей конструкции кузова универсального полувагона при маневровом соударении. Определены наиболее нагруженные зоны рамы полувагона. Предложены мероприятия по усовершенствованию несущей конструкции кузова полувагона, которые позволят снизить концентрацию напряжений в наиболее нагруженных узлах рамы, а также поддерживать технический ресурс полувагона при существующей ремонтной базе.

Ключевые слова: полувагон, несущая конструкция кузова, напряженно-деформированное состояние, прочность, усовершенствование конструкции.

The article presents results of the research into the support structure capacity of universal open wagons in shunting impacts. It is determined that at actual average speeds of impacts at sorting humps the maximum equivalent loads in the support structure of open wagon bodies exceed the admissible loads. In order to provide the support structure capacity of open wagon bodies in operation the article proposes to diagonally mount braces from the back stops of the automatic coupling to the bolster beam (the location of the external strengthening diaphragm) which will allow the partial relieving of the bolster beam at longitudinal stresses. Besides, the mounting of braces on the open wagon frame will not hamper opening the hatch covers during unloading bulky cargo through it. Calculation of the open wagon support structure capacity with considering the improvement techniques made it possible to conclude about the efficiency of engineering solutions taken. The improvement techniques for the support structure of a universal open wagon body make it possible to provide its capacity at shunting impacts, and also sustain a technological lifespan of an open wagon at present repair base.

Key words: open-top wagon, bearing body structure, stress-deformed state, strength, improvement of a structure.

Вступ. Прискорений темп інтеграції України в систему міжнародних транспортних коридорів зумовлює необхідність адаптації залізничного рухомого складу, як однієї з провідних транспортних галузей, до роботи у ринкових умовах. Для підвищення конкурентоспроможності вантажних вагонів у експлуатації необхідним є на стадії їх проектування та розрахунку вибір оптимальних параметрів конструкційних елементів з дотриманням умов міцності та надійності. Ступінь поповнення вагонного парку Укрзалізниці за останні роки є незначним. Це зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію нових технічних рішень щодо удосконалення несучих конструкцій кузовів вагонів, технологій їх обслуговування та ремонту тощо, які дозволять підтримувати технічний стан рухомого складу при існуючій ремонтній базі.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Підвищення інтенсивності експлуатації вантажних вагонів супроводжується збільшенням швидкостей їх співударянь при маневрових операціях, а відповідно, і підвищенням силових навантажень на їх несучі конструкції [1].

Аналіз статистичних даних пошкоджень вагонів при здійсненні маневрових операцій за останні роки, показав, що найбільша кількість пошкоджень приходить на їх несучі конструкції. Тому необхідним є розробка заходів, спрямованих на забезпечення міцності вагонів при маневрових співударяннях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З метою забезпечення міцності кузова напіввагону при маневрових співударяннях ведуться роботи, щодо удосконалення його несучої конструкції. Відома рама вагона, запропонована російськими конструкторами [2].

Шворнева балка зв'язана з хребтовою за допомогою додаткових підсилюючих елементів, короткі з яких спрямовані у бік центра рами. Підсилюючі елементи виконані у вигляді пластин і встановлені паралельно повздовжній осі хребтової балки. При цьому кожна з пластин встик сполучена з нижнім листом шворневої балки та приварена до нижньої полиці Z-подібного профілю хребтової балки, перекиваючи при цьому повздовжню крайню грань.

Недоліком зазначеного удосконалення є недостатнє забезпечення міцності несучої конструкції кузова

напіввагона при маневрових співударяннях з урахуванням підвищених швидкостей.

З метою зниження собівартості виготовлення та експлуатації вагонів відоме технічне рішення, яке полягає у виготовленні їх несучих конструкцій з круглих труб при дотриманні умов міцності та експлуатаційної надійності [3, 4]. Отримання оптимальних параметрів круглих труб, які пропонується використовувати в якості несучих елементів кузовів вагонів здійснюється за резервом міцності типових елементів конструкції. Результати розрахунків на міцність удосконалених несучих конструкцій кузовів вагонів показали, що з урахуванням запропонованих рішень забезпечується дотримання умов міцності.

Аналіз конструктивних матеріалів кузовів вагонів нового покоління наведений в [5]. В роботі зазначені переваги використання нових прогресивних матеріалів для окремих складових конструкцій вагонів.

В даних роботах не розглянуті питання щодо удосконалення несучих конструкцій кузовів вагонів для забезпечення їх міцності при маневрових співударяннях.

Заходи щодо удосконалення несучої конструкції кузова універсального напіввагона наведені в [6]. Для зменшення максимальних еквівалентних напружень в вузлі взаємодії хребтової балки зі шворневою пропонується встановлення на нижніх полицях хребтової балки підсилюючих накладок.

Важливо зазначити, що таке рішення дозволяє здійснити зниження напружень в хребтовій балці рами

вагона у її консольній частині, а не в вузлі взаємодії зі шворневою балкою.

Мета статті. Метою досліджень, які наведені в статті є удосконалення несучої конструкції кузова універсального напіввагона для забезпечення його міцності при маневрових співударяннях.

Викладення основного матеріалу статті. Для дослідження міцності несучої конструкції кузова напіввагона при маневрових співударяннях побудовано його просторову модель в середовищі програмного забезпечення SolidWorks. В якості вагону-прототипу обраний напіввагон моделі 12-757 побудови ПАТ «КВБЗ».

Розрахунок на міцність проведений за методом скінчених елементів в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. При визначенні кількості елементів сітки застосований графоаналітичний метод. В якості скінчених елементів застосовувалися ізопараметричні тетраедри.

Скінчено-елементну модель (СЕМ) напіввагона наведено на рис. 1. Кількість елементів сітки склала 473652, вузлів – 154365, максимальний розмір елементу склав 80 мм, мінімальний – 16 мм, максимальне співвідношення боків – 566,7, відсоток елементів зі співвідношенням боків менше 3 – 25, більше 10 – 27,4. Мінімальна кількість елементів в колі склала 9, співвідношення збільшення розмірів елементів у сітці – 1,7.

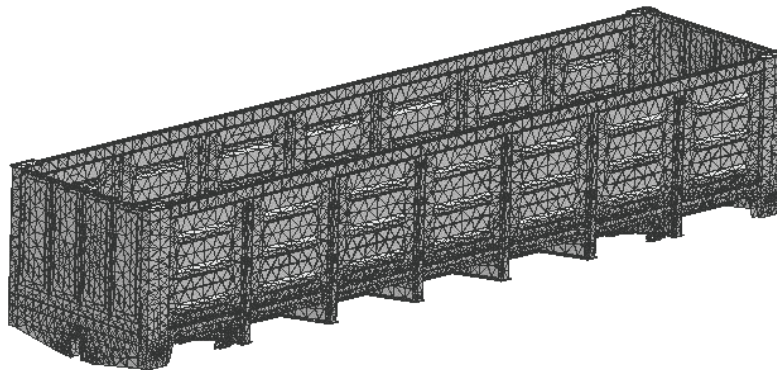


Рисунок 1 – Скінчено-елементна модель несучої конструкції кузова напіввагона

При складанні моделі не враховані зварні шви в зонах взаємодії окремих елементів конструкції кузова між собою.

Модель міцності несучої конструкції кузова напіввагона (рис. 2) враховує наступні навантаження: вертикально статичне P_{σ}^{cm} , ударне P_{y0} на вертикальну стінку заднього упору автозчепу та зусилля розпору насипного вантажу P_p (кам'яне вугілля).

Закріплення моделі здійснювалося у зонах обпирання кузова на ходові частини.

Результати розрахунку на міцність несучої конс-

струкції кузова напіввагона при маневровому співударянні дозволили зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження при швидкостях співударяння вище 5 км/год перевищують допустимі для марки сталі металоконструкції кузова [7] та зосереджені в зоні взаємодії хребтової балки зі шворневою.

З метою забезпечення міцності несучої конструкції кузова напіввагона при маневровому співударянні пропонується постановка розкосів від заднього упору по діагоналі до шворневої балки (зона розміщення крайньої підсилюючої діафрагми), що дозволить част-

ково розвантажити шворневу балку при дії повздовжніх зусиль на неї (рис. 3). При цьому розміщення розкоса не буде перешкоджати відкриванню кришки люка напіввагона при вивантаженні з нього насипного вантажу.

Для визначення профілю виконання розкосів проведений розрахунок на міцність рами напіввагону за методом сил. У зв'язку з тим, що рама має симетричну конструкцію при розрахунках розглянута 1/4 її частина, а відсутність відкинutoї частини замінено дією відповідних зусиль. Результати розрахунку дозволили отримати оптимальний профіль виконання розкосів – двотавр № 10.

З метою дослідження міцності кузова напіввагона з урахуванням заходів щодо удосконалення його несучої конструкції проведено розрахунок.

Кількість елементів сітки склала 493357, вузлів – 159910. При цьому максимальний розмір елемента склав 80 мм, мінімальний – 16 мм, максимальне співвідношення боків – 680,33, відсоток елементів зі співвідношенням боків менше 3 – 25,7, більше 10 – 26,3. Мінімальна кількість елементів в колі склала 9, співвідношення збільшення розмірів елементів у сітці – 1,8.

Розрахунок проведений для швидкості співударення 7 км/год [1]. Результати розрахунку на міцність несучої конструкції кузова напіввагону наведені на рис. 4.

З проведених досліджень можна зробити висновок, що максимальна величина еквівалентних напружень складає близько 315 МПа, що нижче напружень плинності матеріалу конструкції [7], максимальні переміщення в конструкції виникають у середній частині рами та складають $2,55$ мм, деформації в конструкції становлять $2,31 \cdot 10^{-3}$.

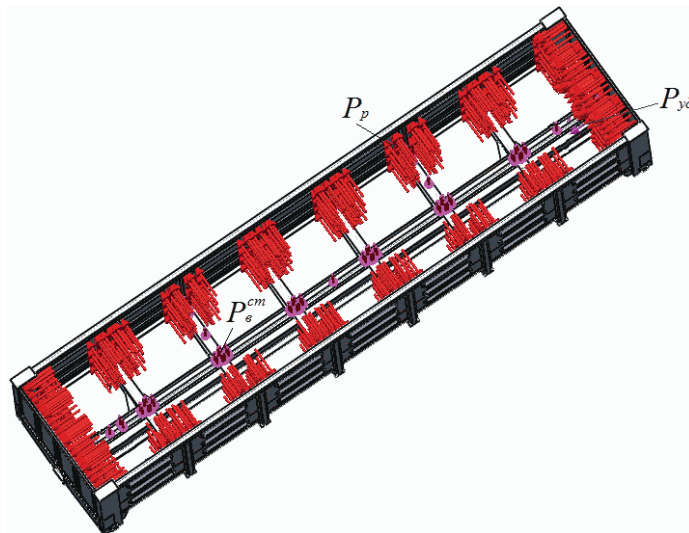


Рисунок 2 – Модель міцності несучої конструкції кузова напіввагону при маневровому співударенні

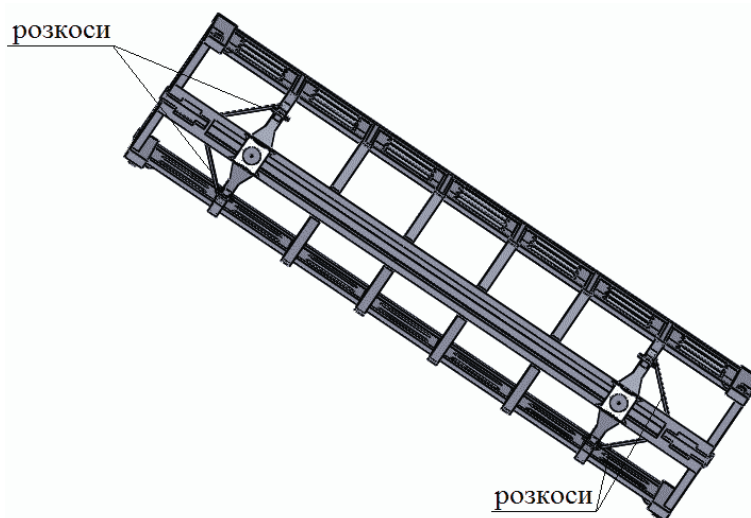
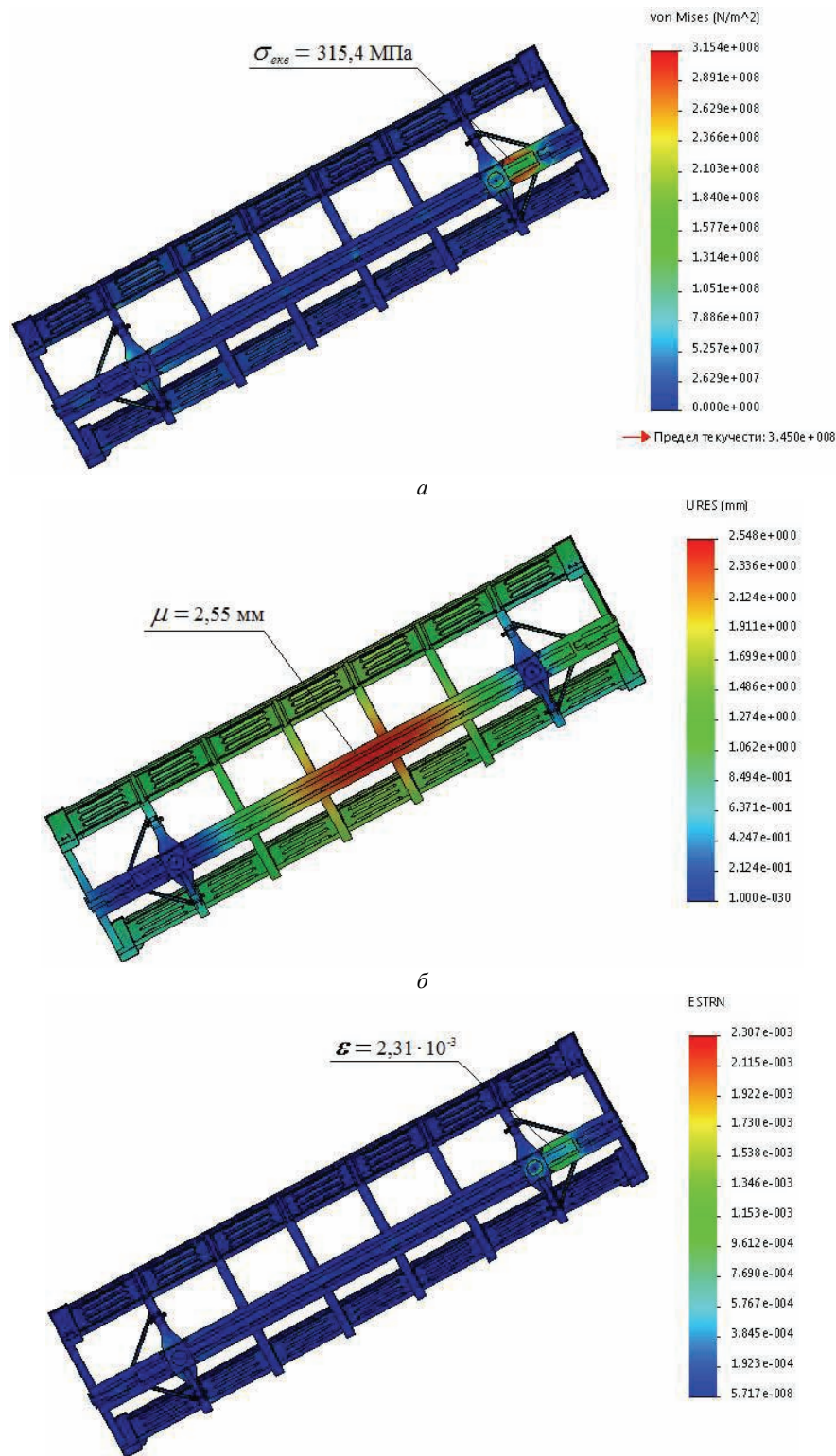


Рисунок 3 – Розміщення розкосів на рамі напіввагону



а – напружений стан; б – переміщення в вузлах; в – деформації
Рисунок 4 – Результати розрахунку на міцність несучої конструкції кузова універсального напіввагону з урахуванням заходів щодо удосконалення

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що запропоновані заходи щодо удосконалення несучої конструкції кузова універсального напіввагону дозволяють забезпечити його міцність при маневрових співуда-

рваннях, а також підтримувати технічний ресурс напіввагону при існуючій ремонтній базі.

Список літератури:

1. Сендеров Г. К. Сохранность вагонов при погрузочно-разгрузочных и маневровых работах / Г. К. Сендеров, П. Р. Лосев, С. А. Другаль. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:

Транспорт, 1984. – 158 с.

2. Пат. 2325295 Россия, МПК⁷ B61D. Рама кузова полувагона / А. С. Курочкин, О. В. Удалова, М. В. Агинских, И. Н. Михина, Г. А. Старостин, Е. С. Васильева, А. А. Поликарпов, И. В. Галиева, Л. М. Васильева, В. А. Андронов, А. И. Тиссен, В. П. Ефимов, А. Б. Левин, А. Н. Пасенко, К. П. Демин; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Инженерный центр Объединения вагоностроителей»; заявл. 17.11.03; опубл. 27.07.04.

3. Fomin O.V. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars / O.V. Fomin // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2014. – No. 5. – P.31-43.

4. Fomin, O.V. Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages / O.V. Fomin // Scientific Bulletin of National Mining University. – 2015. – Iss. 2. – P. 68-76.

5. Freight cars major metals // Trains. – 2015, Marts. – 20 p.

6. Ловська А. О. Удосконалення несучої конструкції кузова напіввагону з метою забезпечення його міцності при маневрових співудареннях / А. О. Ловська, Ю. Ю. Шафунюк // 36. наук. праць. Харків: УкрДУЗТ. – 2015. – Вип. 158. – с. 29 – 35.

7. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

References (transliterated):

1. Senderov G. K., Losev P. R., Drugal S. A. Sohrannost vagonov pri pogruz ochno-razgruzochnyih i manevrovnyih rabotah. Moscow: Transport, 1984. 158 p.

2. Pat. 2325295 Rossiya, MPK⁷ B61D. Rama kuzova poluvagona. Kurochkin A. S., Udalova O. V., Aginskih M. V., Mihina I. N., Starostin G. A., Vasileva E. S., Polikarpov A. A., Galieva I. V., Vasileva L. M., Andronov V. A., Tissen A. I., Efimov V. P., Levin A. B., Pasenko A. N., Demin K. P.; zayavitel i patentoobladatel Zakryitoe aktsionerное obschestvo "Inzhenernyi tsentr Ob'edineniya vagonostroiteley"; zayavl. 17.11.03; opubl. 27.07.04.

3. Fomin, O.V. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars. Scientific and technical journal "Metallurgical and Mining Industry". 2014. No. 5. P.31-43.

4. Fomin, O.V. Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages. Scientific Bulletin of National Mining University. 2015. Iss. 2. P. 68-76.

5. Freight cars major metals. Trains. 2015, Marts. 20 p.

6. Lovska A. O., Shafunov Yu. Yu. Udokonalennya nesuchoyi konstruktsiyi kuzovu naplvvagonu z metoyu zabezpechennya yogo mitsnostl pri manevrovih splvudaryannyah. Zb. nauk. prats. Kharkiv: UkrDUZT. 2015. Vol. 158. P. 29-35.

7. Normyi dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznyih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyih). Moscow: GosNIIV–VNIIZhT, 1996. 319 p.

Надійшла (received) 27.09.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Удосконалення несучої конструкції кузова універсального напіввагону для забезпечення його міцності при маневрових співудареннях / А. О. Ловська, В. О. Бажура, О. М. Піреєв // Вісник НТУ «ХП». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 40 (1262). – С. 32-36. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2078-9130.

Усовершенствование несущей конструкции кузова универсального полувагона для обеспечения его прочности при маневровых соударениях / А. А. Ловская, В. А. Бажура, А. М. Пиреев // Вісник НТУ «ХП». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 40 (1262). – С. 32-36. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2078-9130.

Improvement of the support structure of universal open wagons bodies for providing their capacity in shunting impacts / A. O. Lovska, V. O. Bazhura, O. M. Pireev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Dynamics and strength of machines. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – № 40 (1262). – P. 32-36. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2078-9130.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Ловська Альона Олександрівна – кандидат технічних наук; доцент кафедри вагонів; Український державний університет залізничного транспорту; тел.: (057) 730-10-35; e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com.

Ловская Алена Александровна – кандидат технических наук; доцент кафедры вагонов; Украинский государственный университет железнодорожного транспорта; тел.: (057) 730-10-35; e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com.

Lovska Alyona Oleksandrivna – Candidate of technical sciences; Associate Professor at the Department of wagons; Ukrainian State University of railway transport; tel.: (057) 730-10-35; e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com.

Бажура Вадим Олексійович – магістрант; кафедра вагонів; Український державний університет залізничного транспорту; тел.: (057) 730-10-35.

Бажура Вадим Алексеевич – магістрант; кафедра вагонов; Украинский государственный университет железнодорожного транспорта; тел.: (057) 730-10-35.

Bazhura Vadim Oleksiyovich – Student-master; Department of wagons; Ukrainian State University of railway transport; tel.: (057) 730-10-35.

Піреєв Олександр Мехманович – магістрант; кафедра вагонів; Український державний університет залізничного транспорту; тел.: (057) 730-10-35.

Пиреев Александр Мехманович – магістрант; кафедра вагонов; Украинский государственный университет железнодорожного транспорта; тел.: (057) 730-10-35.

Pireev Oleksandr Mehmanovich – Student-master; Department of wagons; Ukrainian State University of railway transport; tel.: (057) 730-10-35.