УДК 629.463.65 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.147.2014.74439

УДОСКОНАЛЕННЯ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КУЗОВА УНІВЕРСАЛЬНОГО НАПІВВАГОНА

Канд. техн. наук А.О. Ловська, М.П Хацкевич

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВА УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОЛУВАГОНА

Канд. техн. наук А.А. Ловская, М.П. Хацкевич

DEVELOPMENT OF A CARRYING STRUCTURE OF OPEN-TOP WAGON BODIE

Candidate of technical sciences A. A. Lovskaya, M.P. Hatskevich

У статті наведені результати досліджень міцності несучої конструкції кузова універсального напіввагона. Виявлені зони рами кузова напіввагона, які зазнають найбільшої концентрації напружень в умовах експлуатації. З метою забезпечення міцності рами напіввагона в зоні взаємодії шворневої балки рами з хребтовою запропоновані заходи щодо удосконалення її конструкції.

***Ключові слова**: напіввагон, рама, напружено-деформований стан, міцність, удосконалення конструкції.*

В статье представлены результаты исследований прочности несущей конструкции кузова универсального полувагона. Выявлены зоны рамы кузова, которые поддаются наибольшей концентрации напряжений в условиях эксплуатации. С целью обеспечения прочности рамы полувагона в зоне взаимодействия шкворневой балки с хребтовой предложены мероприятия по усовершенствованию ее конструкции.

***Ключевые слова**: полувагон, рама, напряженно-деформированное состояние, прочность, усовершенствование конструкции.*

The present scientific article is dedicated to the solution of an acute scientific-applied problem - namely, the improvement of bearing constructions of wagons bodies to increase the safety under operation. The operating conditions of wagons in operations have been investigated in previous works for the solution of this problem. The article analyses the efforts effecting strength on elements of wagons bodies under operations.

The model of durability of a carrying structure of open-top wagons bodies is constructed. The model considers the main loadings which affect the open-top wagons frame in the conditions of the operations.

The strength-deformed condition of a carrying structure of open-top wagons bodies is investigated intense. Ways for wagon structures adaptation for operations were developed. For reduction of tension in the frame of the wagon constructive addition with its strengthening elements is offered.

Such technical solution will allow decreasing expenses for unscheduled repair of wagons under operations.

Keywords: *open-top wagon, frame, strength-deformed state, durability, improvement of a structure.*

Вступ. Україна здавна була перехрестям найважливіших транспортних маршрутів, які забезпечували зв'язок євроазіатських країн між собою. У теперішній час державою створена велика інфраструктура транзитних перевалочних пунктів, головними з яких є морські торговельні порти. У зв’язку з цим з метою забезпечення перевізного процесу необхідним є забезпечення його учасників справним рухомим складом. Відомо, що найбільш затребуваним типом рухомого складу в експлуатації є універсальні напіввагони. Тому в рамках статті зосереджено увагу на питаннях удосконалення несучої конструкції саме цього типу рухомого складу.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Статистичні дані пошкоджень напіввагонів в умовах МТП Маріуполь дозволили зробити висновок, що найбільша кількість пошкоджень припадає на їх кузови, що обумовлено, перш за все, використанням застарілих агресивних технологій вивантаження.

Найважливішою складовою несучої конструкції кузова напіввагона, яка сприймає всі навантаження, що діють на нього в експлуатації, є рама. При цьому вертикальні навантаження від маси вантажу через шворневу балку передаються на надресорну балку візка та далі через колісні пари на рейки, а горизонтальні навантаження (повздовжні та поперечні), які діють на вагон при рушанні з місця, під час руху та при зупинці поїзда, сприймаються, безпосередньо, самою рамою [1].

Дії інтенсивних змінних за часом навантажень зазнає основний опорний вузол рами – шворнева балка.

Основними несправностями шворневих вузлів в експлуатації є відрив за звареним швом вертикального листа шворневої балки від вертикальних стінок зетових профілів хребтової балки, тріщини в накладках, променеві тріщини від кута зета в вертикальному листі шворневої балки, повздовжні тріщини зетів хребтової балки [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З метою забезпечення міцності шворневої балки в експлуатації запропоновані заходи щодо удосконалення її конструкції. Відома конструкція шворневої балки вагона, запропонована ЗАТ “Инженерный центр Объединения вагоностроителей” [3].

Недоліками даної конструкції є значна маса та складнощі при здійсненні технічного обслуговування та ремонту.

Також відома конструкція зварної рами [4], що складається з хребтової балки, виконаної з двох зетподібних профілів, до яких встик приварена шворнева балка, кожна половина якої складається з верхнього, нижнього і вертикального листів. При цьому верхній і нижній листи виконані з плавним переходом до хребтової балки з боку автозчепного пристрою, а вертикальний лист забезпечений вирізом, що компенсує напруження в його стику з верхнім листом і хребтовою балкою.

Дана конструкція шворневої балки має невеликий момент опору перетину та може застосовуватися лише у вагонах із зниженим осьовим навантаженням.

Відома рама кузова універсального напіввагона, що складається з хребтової, кінцевих, шворневих і проміжних балок [5]. Хребтова балка зварена з двох зетподібних профілів, в місці з'єднання перекритих двутавром. Шворнева балка замкненого коробчатого перетину складається з верхнього листа, двох вертикальних листів та нижнього листа. На нижньому листі кріпиться п’ятник та ковзуни. Між вертикальними листами встановлені підсилюючі діафрагми.

Недоліком даної конструкції є низька надійність при інтенсивній експлуатації вагона, що виявляється у виникненні тріщин в з'єднанні шворневої та хребтової балок.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою досліджень, які наведені в статті є удосконалення несучої конструкції кузова універсального напіввагона. Для досягнення поставленої мети визначені такі задачі:

1) провести дослідження міцності рами універсального напіввагона в експлуатації та виявити зони найбільшої концентрації напружень;

2) розробити заходи щодо забезпечення міцності рами напіввагона в експлуатації.

Основна частина дослідження. З метою забезпечення міцності шворневої балки в експлуатації пропонується проведення заходів щодо удосконалення її конструкції. Для виявлення зон шворневої балки напіввагона, які зазнають найбільших напружень в експлуатації, проведено розрахунок на міцність несучої конструкції рами універсального напіввагона моделі 12-757, побудови ПАТ "КВБЗ". Розрахунок на міцність проведений з використанням методу скінченних елементів у середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. Скінченноелементну модель рами напіввагона наведено на рис. 1. При визначенні кількості елементів сітки застосований графо-аналітичний метод. Як скінченні елементи застосовувалися десятивузлові ізопараметричні тетраедри. Кількість елементів сітки склала 55886, вузлів – 18227. При цьому максимальний розмір елемента склав 320,75 мм, мінімальний – 64,15 мм, максимальне співвідношення боків – 4623,1, відсоток елементів зі співвідношенням боків <3 – 3,14, > 10 – 51. Закріплення моделі здійснювалося в зонах обпирання кузова на візки.

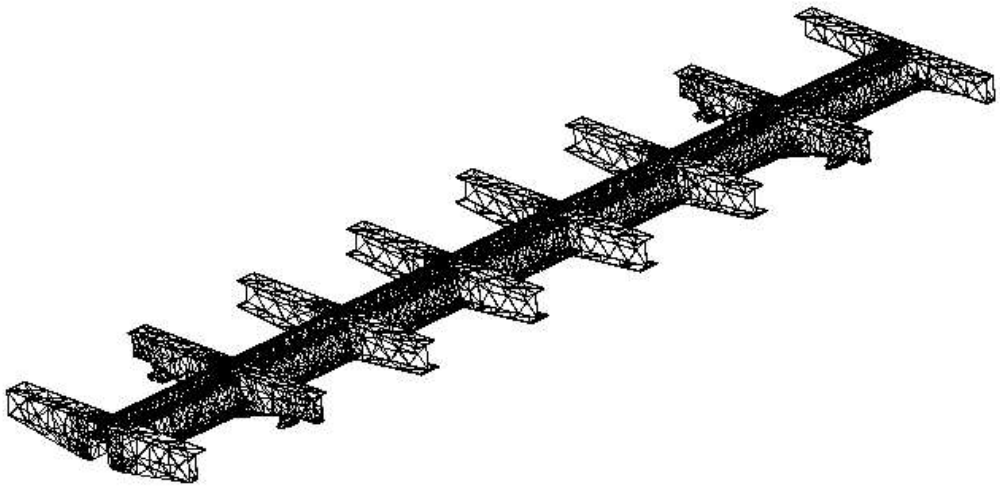

Рис. 1. Скінченноелементна модель рами універсального напіввагона

При складанні моделі міцності рами напіввагона враховані такі навантаження: вертикальні $p_в$ (вертикально-статичне, вертикально-динамічне), горизонтальні $p_г$ (вітрове, відцентрове, інерційне), повздовжні $p_п$ (рис. 2). При складанні моделі не враховані зварні шви в зонах взаємодії окремих елементів рами між собою.

Результати розрахунків для I розрахункового режиму (удар, ривок) наведені на рис. 3. З проведених досліджень можна зробити висновок, що найбільша величина напружень зосереджена в зоні взаємодії зетподібного профілю шворневої балки з хребтовою та складає близько 250 МПа, що нижче напружень плинності матеріалу конструкції на 23 % [6]. Максимальні переміщення в конструкції виникають у середній частині рами вагона та складають – $1{,}5\cdot10^{-1}$ мм, деформації в конструкції становлять $6{,}5\cdot10^{-3}$.

З метою забезпечення міцності несучої конструкції кузова напіввагона в зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою пропонується постановка підсилюючих елементів, представлених кутниками №10 та з'єднувальним листом, товщиною 5 мм (рис. 4).

Заданий тип кутника обраний на підставі технологічних міркувань, а саме, збігу ширини його полок з геометричними параметрами нижньої полки зетподібного профілю.

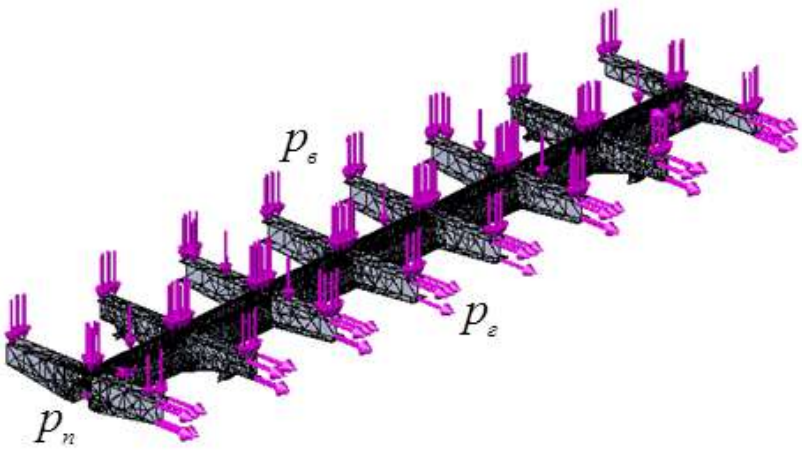

Рис. 2. Модель міцності рами універсального на піввагона

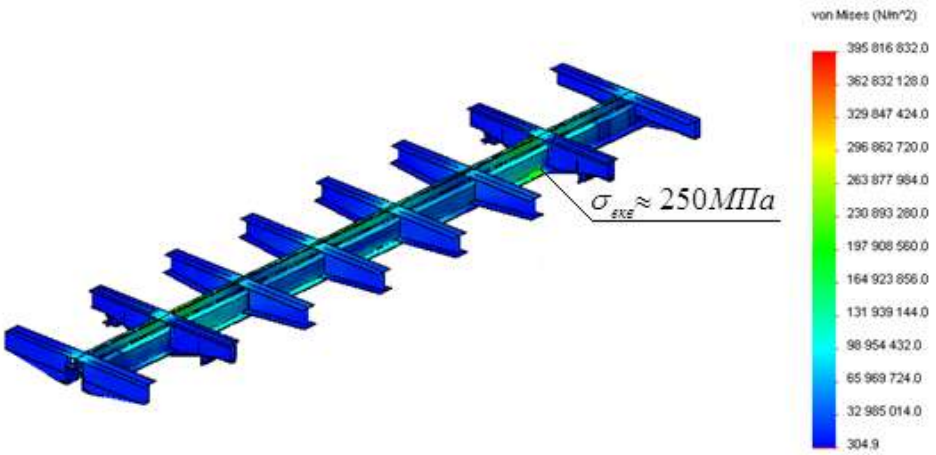

Рис. 3. Напружений стан рами універсального на піввагона

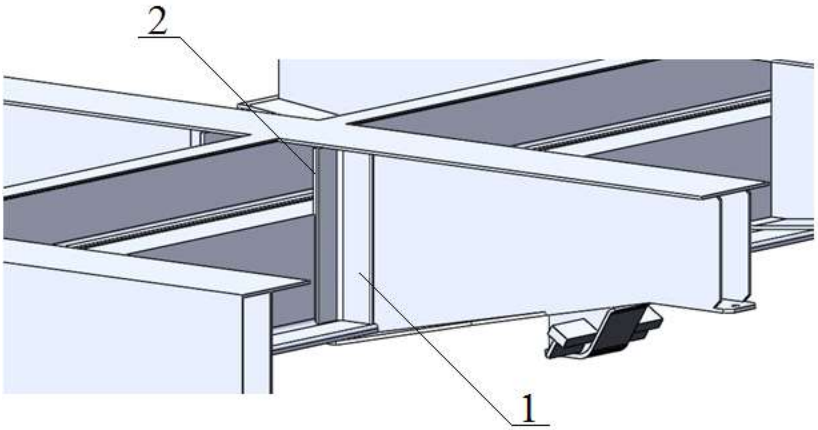

Рис. 4. Заходи щодо удосконалення конструкції шворневої балки універсального на піввагона:
1 – кутник; 2 – з’єднувальний лист

З метою дослідження міцності шворневої балки на піввагона, з урахуванням заходів щодо удосконалення її конструкції, проведено розрахунок. Кількість елементів сітки склала 80257, вузлів – 26352. Максимальний розмір елемента склав 234,79 мм, мінімальний – 46,96 мм, максимальне співвідношення боків – 2395,9, відсоток елементів зі співвідношенням боків < 3 – 6,67, > 10 – 38,8.

Результати розрахунку на міцність для I розрахункового режиму (удар, ривок) наведені на рис. 5. Максимальні напруження при цьому складають близько 200 МПа, що нижче напружень плинності майже на 40 %, переміщення в конструкції – $1{,}6 \cdot 10^{-1}$ мм, деформації в конструкції становлять $4{,}0 \cdot 10^{-3}$.

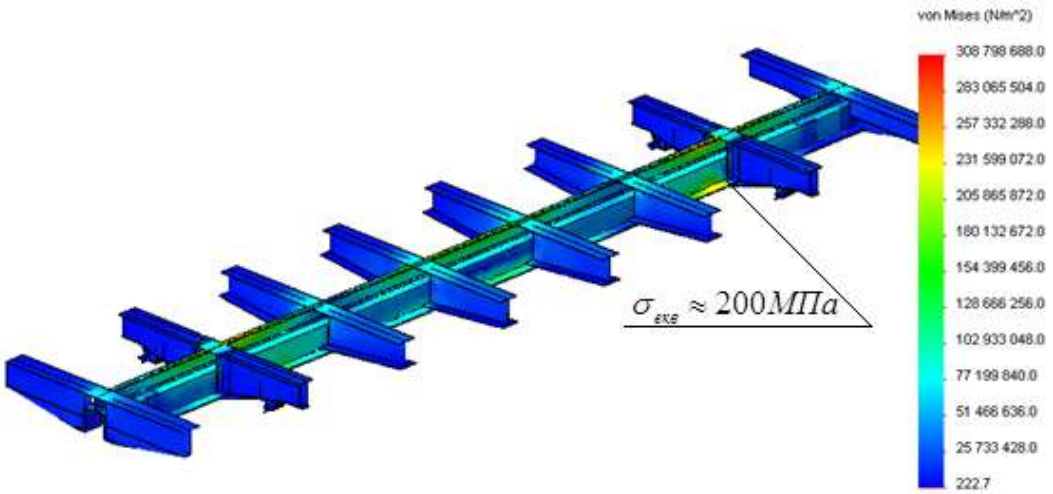

Рис. 5. Напружений стан рами універсального напіввагона з урахуванням заходів щодо удосконалення конструкції

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 напіввагона дозволяють зменшити напруження в найбільш навантажених зонах рами на 20 %, що дозволить забезпечити міцність рами напіввагона в експлуатації. Крім того, дані заходи дозволяють підтримувати технічний ресурс напіввагона при існуючій ремонтній базі.

Список використаних джерел

1. Троцкий, М.В. Анализ повреждений хребтовой балки четырехосных полувагонов после 22 лет эксплуатации [Текст] / М.В. Троцкий, Т.В. Шелейко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 22. – С. 46-48.

2. Сурвилло, А.Б. Перспективные конструкции шкворневых узлов полувагонов [Текст] / А.Б. Сурвилло, В.И. Гамиров // Труды ВНИИЖТа (Уральское отделение), 1969. – Вип. 15. – С. 27-38.

3. Шкворневая балка рамы вагона [Текст]: пат. 44612 Россия: МПК[7] B61D. / А.А. Битюцкий, Р.А. Савушкин; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество “Инженерный центр Объединения вагоностроителей”; заявл. 14.10.04; опубл.27.03.05, Бюл. № 7. – 7 с.

4. Pat. 2931319 USA, B61D. Welded bolster construction / James E. Candlin, Jr., Hammond Ind.; assignor to Pullman-Standard Car Manufacturing Company, Chicago, Ill., a corporation of Delaware Application, March 30, 1953.

5. Лукин, В.В. Конструирование и расчет вагонов [Текст] / В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.И. Котуранов, А.А. Хохлов, П.С. Анисимов. – М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.

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

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Ловська Альона Олександрівна, канд. техн. наук, старш. викладач кафедри вагоныв Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-35.
Хацкевич Марія Павлівна, магістр кафедри вагонів Української державної академії залізничного транспорту.

Lovskaya Alyona Aleksandrovna**,** candidate of technical sciences, sen. lectures, chair Wagons, The Ukrainian state academy of railway transport. Tel.: (057)730-10-35.
Hatskevich Mariya Pavlovna, student-master, chair Wagons, The Ukrainian state academy of railway transport.