

УДК 629.4.027.2

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ВІЗКА
ВАНТАЖНОГО ВАГОНА****Горбунов М.І., Ноженко О.С., Кара С.В., Кравченко К.О.,
Кравченко К. О., Макарова В.Д.****JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE STRENGTH
OF THE WAGON BOGIE****Gorbunov M., Nozhenko O., Kara S., Kravchenko Kateryna,
Kravchenko Kostyantyn, Makarova V.**

У статті розглянуто проблему надійності візків вантажних вагонів типу 18-100 та аналогів та запропоновано і обгрунтовано технічні рішення, які дозволять знизити рівень механічних напруг у найбільш небезпечних зонах, в яких спостерігається висока вірогідність руйнувань бічних рам візків в умовах сучасної експлуатації. За результатами попередніх міцнісних розрахунків при використанні запропонованих технічних рішень спостерігається зниження напруг до 50% в зоні радіусних переходів R55, що особливо актуально для перевезення особливо небезпечних вантажів.

Ключеві слова: вантажний вагон, візок, рама, буксова струнка, попереднє напруження, міцність, довговічність.

Вступ. Залізничний транспорт України має високу вантажонапруженість та забезпечує більше половини вантажообігу країни, при цьому у останній час відмічається поява значної кількості дефектів бічних рам візків типу 18-100, що збільшує вірогідність відказів [1]. Тому важливою задачею на сьогодні є розробка візка вантажного вагону з поліпшеними показниками міцності для підвищення безпеки вантажоперевезень на залізниці.

Постановка проблеми. Питанню збільшення міжремонтних пробігів вантажних вагонів для підвищення безпеки та ефективності залізничних перевезень приділяється багато уваги. При цьому за останні 5 років (2010-2014 рр.) зафіксовано більше 20 випадків на рік катастрофічних зламів бічних рам візків типу 18-100 [1].

За останній час проблема надійності, довговічності та втомної міцності візків вантажних вагонів набула актуальності. Слід відмітити, що немає єдиної думки про головну причину руйнувань бічних рам візків типу 18-100. Серед основних причин, виділяють: ливарні дефекти, недосконалість конструкції бічної рами в зоні буксового прорізу, що має ко-

робчастий перетин, незадовільний стан колійного господарства взагалі та на сортувальних гірках зокрема тощо [2, 3].

Тому надзвичайно актуальним питанням є розробка технічних пропозицій з запобігання вищезгаданих відказів та забезпечення безпечної експлуатації.

Мета статті. Метою статті є розробка технічних рішень та попередні міцнісні розрахунки візків вантажних вагонів з метою створення візка вантажного вагону з підвищеними показниками надійності, довговічності та, як наслідок, безпеки руху.

Результати досліджень. Аналіз зламів боковин візків типу 18-100 показав, що найбільш небезпечною в ній є зона радіусного переходу R55. При цьому слід відзначити, що за статистикою в 60% випадків зламів мали місце ливарні дефекти в металі, тому можна зробити висновок, що підвищення вимог до контролю якості виробництва візків може тільки частково вирішити проблему, при чому діагностика на достатньому рівні візків, що експлуатуються, для виявлення небезпечних внутрішніх ливарних дефектів є надзвичайно складним та дорогим процесом. Слід відзначити, що проблема зламів боковин при наявності ливарних дефектів стала більш розповсюдженою в умовах зниження якості колійного господарства, особливо актуально це для сортувальних гірок [1, 2, 3] (як відомо, візок типу 18-100 був розроблений для радянської залізниці на базі американського аналога Varber, але у США використовується горизонтальне формування рухомого складу, при якому не застосовується скочування вагонів з сортувальних гірок та подальші їх удари з іншими вагонами).

Типове руйнування бічної рами візка типу 18-100 у зоні радіусного переходу R55 показано на рис. 1.



Рис. 1. Типове руйнування бічної рами візка типу 18-100

На думку авторів, причиною прискороженого руйнування бічних рам візків є ливарні дефекти в поєднанні з високими напруженнями, що виникають при формуванні складу, а саме при з'єднання вагонів на сортувальних гірках та при поздовжніх зусиллях, що виникають у складі в режимах тяги та гальмування. При цьому максимальна поздовжня сила T , що діє на зовнішню щелепу бічної рами візка, може бути оцінена за формулою:

$$T = 0.25 \cdot m \cdot a - F_{\text{ТР}}$$

де m – необресорена маса візка (3,9 т), a – прискорення необресорених мас візка (досягає $122,7 \text{ м/с}^2$), $F_{\text{ТР}}$ – сила тертя між буксою та надпорним поясом бічної рами візка [2].

Нехтуючи силою тертя $F_{\text{ТР}}$ з метою оцінки максимально можливого значення сили T маємо:

$$T_{\text{max}} = 0.25 \cdot m \cdot a = 0.25 \cdot 3.9 \cdot 122.7 = 119.6 \text{ кН}$$

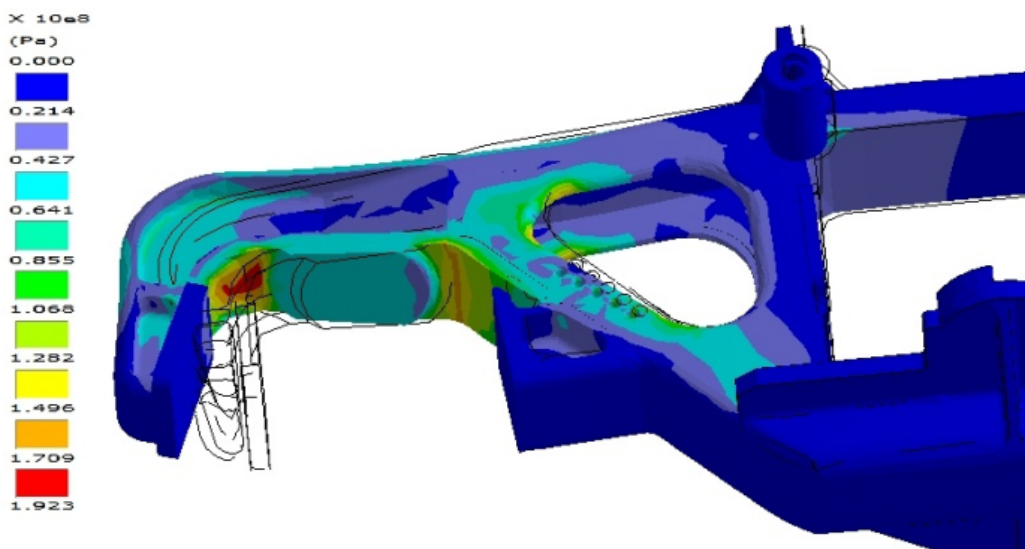


Рис. 2. Епюра максимальних еквівалентних напруг бічної рами візка при ударах на сортувальних гірках

Попередні міцнісні розрахунки бічної рами візка типу 18-100 при вертикальному навантаженні та при діючій силі T_{max} були розроблені в програмному комплексі DesignSpace V5.0 з використанням методу кінцевих елементів (рис. 2). При цьому в зонах радіусних переходів R55 надпорного пояса в зовнішню щелепу і нахилений пояс спостерігаються концентратори напруг.

Відомо застосування на тепловозах з візками щелепного типу елементів для замкнення щелеп.

Застосування подібного елемента в конструкції бічної рами візка типу 18-100 і аналогів, які так само мають не замкнуті щелепи, у вигляді буксової струнки, яка їх з'єднує і, як наслідок, перерозподіляє навантаження, за результатами попередніх розрахунків дозволяє зменшити значення напруг при поздовжніх силах T . Результати попередніх розрахунків зазначеної конструкції бічної рами з буксовою стрункою площею перетину 20 см^2 представлено на рис. 3.

Як видно з рис. 3, конструкція з використанням буксової струнки сприяє зниженню напруги в зонах радіусних переходів на 35%, крім того, епюра напружень такої конструкції більш рівномірна з менш явно вираженими концентраторами напруг.

Авторами розроблено технічне рішення бічної рами візка з попередньо напруженим станом. При стягуванні стрункою щелеп створюється сила F , спрямована у напрямку протилежному, дії поздовжніх сил T , що виникають при динамічних навантаженнях. При цьому в небезпечній зоні R55 напруга, що виникає, має величину меншу за значенням у порівнянні із напругами, що спостерігаються у існуючих конструкціях.

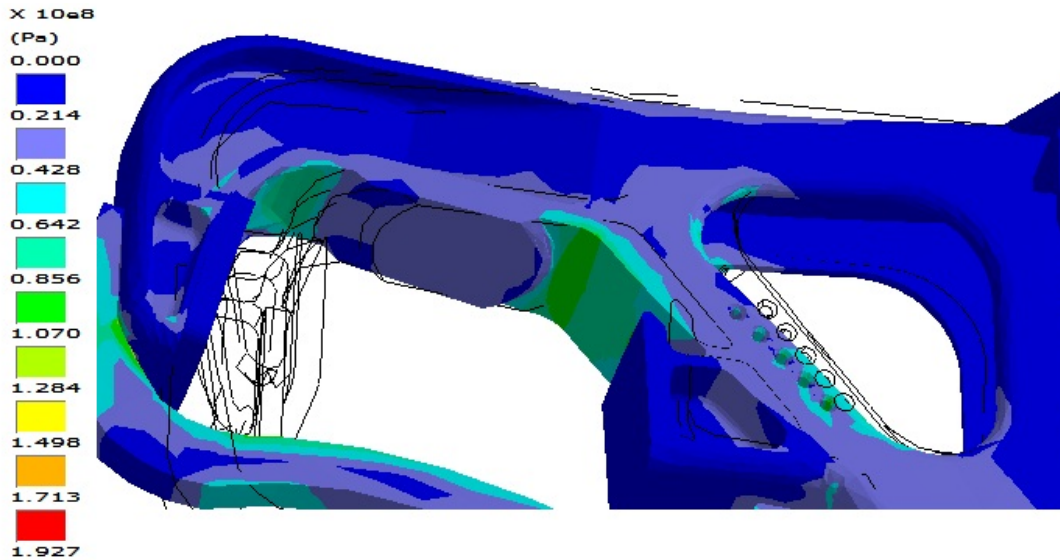


Рис. 3. Епюра максимальних еквівалентних напруг бічної рами візка при ударах на сортувальних гірках з використанням буксової струнки

Дослідження показують доцільність використання буксової струнки для створення попереднього напруженого стану у небезпечних зонах та перерозподілу екстремальних навантажень, що виникають, головним чином, при зіткненнях вагонів при формуванні складів. Розрахунки описаної вище конструкції свідчать про зниження напруг при використанні буксової струнки площею перетину 20 cm^2 та силою попереднього стягування $F = 30 \text{ kN}$ в зоні R55 на 50% у порівнянні з боковиною візка типу 18-100 без використання в конструкції буксової струнки.

Зменшення напруг, що виникають в бічній рамі в зоні відомих руйнувань, на думку авторів, призведе

до мінімізації вірогідності зламу, що забезпечить максимально безпечний рівень експлуатації візка. Крім того, значне зниження напруг в зазначеній зоні забезпечить мінімальне накопичення втомних пошкоджень, що в перспективі приведе до збільшення експлуатаційного ресурсу.

Розроблено альтернативний варіант конструкції бічної рами візка, в якому застосовано пружний гнучкий елемент (пояс) для збереження цілості бічної рами візка у випадку її зламу при русі у складі потяга (рис. 4).

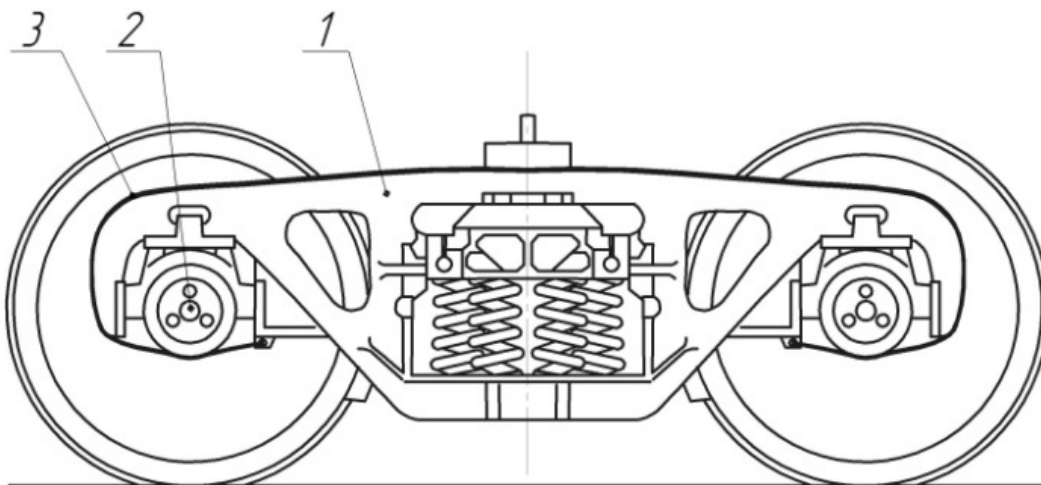


Рис. 4. Візок вантажного вагону:
1 – бічна рама, 2 - буксовий вузол, 3 – пояс

Висновок. Розроблені технічні рішення дозволять зменшити напруги, що діють в бічній рамі візка типу 18-100 та аналогів з метою підвищення міцності, довговічності та подовження строку служби в сучасних умовах експлуатації. Попередні міцнісні розрахунки показують зниження напруг в зоні радіусних переходів R55 на 35% при використанні запропонованої буксової струнки та на 50% при використанні буксової струнки, яка забезпечує попередньо напружений стан елементів конструкції візка, що актуально для перевезення небезпечних вантажів.

Л і т е р а т у р а

1. Горбунов Н.И. К вопросу создания тележки грузового вагона / Н.И. Горбунов, С.Д. Мокроусов, Е.С. Ноженко, Е.А. Кравченко, С.В. Кара // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля 2013, №18 (207) – С. 91-97.
2. Сенько В.И. Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В.И. Сенько, М.И. Пастухов, С.В. Макеев, И.Ф. Пастухов //Вестник ГГТУ им. П.П.Сухого. - №4, 2010. – С. 13-18.
3. Огневой. В.Я. Фрактографические особенности разрушения литых боковых рам тележек грузовых вагонов / В.Я. Огневой // Ползуновский альманах. – 2011. - №4. – С. 36-41.

R e f e r e n c e s

1. Gorbunov N.I. K voprosu sozdaniya telezhki gruzovogo vagona / N.I. Gorbunov, S.D. Mokrousov, E.S. Nozhenko, E.A. Kravchenko, S.V. Kara // VIsnik ShIdnoukraYinskogo natsionalnogo unIversitetu Imeni Volodimira Dalya 2013, №18 (207) – S. 91-97.
2. Senko V.I. Analiz prichin povrezhdeniya i vozmozhnosti prodleniya sroka sluzhbyi bokovyih ram telezhok gruzovyih vagonov / V.I. Senko, M.I. Pastuhov, S.V. Makeev, I.F. Pastuhov //Vestnik GGTU im. P.P.Suhogo. - №4, 2010. – S. 13-18.
3. Ognevoy. V.Ya. Fraktograficheskie osobennosti razrusheniya lityih bokovyih ram telezhok gruzovyih vagonov / V.Ya. Ognevoy // Polzunovskiy almanah. – 2011. - №4. – S. 36-41.

Горбунов Н.И., Ноженко Е.С., Кара С.В., Кравченко Е.А., Кравченко К.А., Макарова В.Д. Обоснование технических решений по повышению прочности тележки грузового вагона.

В статье рассмотрена проблема надежности тележек грузовых вагонов типа 18-100 и аналогов, предло-

жены и обоснованы технические решения, которые позволят снизить уровень механических напряжений в наиболее опасных зонах, в которых наблюдается высокая вероятность разрушений боковых рам тележек в условиях современной эксплуатации. По результатам предварительных прочностных расчетов при использовании предложенных технических решений наблюдается снижение напряжений до 50% в зоне радиусных переходов R55, что особенно актуально для перевозки особо опасных грузов.

Ключевые слова: *грузовой вагон, тележка, рама, буксовая струнка, предварительное напряжение, прочность, долговечность.*

Gorbunov M., Nozhenko O., Kara S., Kravchenko Kateryna, Kravchenko Kostyantyn, Makarova V. Justification of technical solutions to improve strength of the wagon bogie

The article considers the problem of the safe operation of freight wagon bogies, that is more than 20 breaks bogie frame in a year at the area of transition radius R 55; developed and justified technical solutions, that are boxen string, metal belt and prestressing, for the purpose of reduce the mechanical stress in the side frame of the bogie 18-100 and analogues. Evaluated maximum possible longitudinal force that occurs due to impact wagons during the formation of rolling stock and creates stress concentrators, which is equal to 120 MN. Preliminary calculations showed a decrease in stress in hazardous areas R55 up to 50%. This provides the safe operation of the structure taking into account the poor state of track facilities and casting defects with increased service life. Strength calculation was performed by modern software complexes and with using the finite element method.

Keywords: *freight wagon, bogie, frame, boxen string, pre-tension strength, durability.*

Горбунов М.І. – д.т.н., проф. кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля.

Ноженко О.С. – к.т.н., доц. кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля.

Кара С.В. – аспірант кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля, e-mail: Kara_SV@i.ua, т. 0664455778

Кравченко Катерина Олександрівна – к.т.н., доц. кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті СХУ ім. В. Даля.

Кравченко Костянтин Олександрович – аспірант кафедри залізничного транспорту СХУ ім. В. Даля

Макарова В.Д. – студентка НМУ ім. О.О. Богомольця.

Рецензент: д.т.н., проф. Марченко Д. М.

Стаття подана 31.03.2015