

УДК 629.463.65

**АНАЛІЗ РУЙНІВНИХ НАПРУЖЕНЬ НАДРЕСОРНОЇ БАЛКИ ВІЗКА
ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ ТИПОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ (ЧАСТИНА 2)****Фомін О.В., Осьмак В.Є., Лебедєв В.С., Цимбалюк А.В.****ANALYSIS OF RELATED STRESSES OF THE NADRASON STEERING WIRE
OF VEHICLE WAGON OF THE TYPE CONSTRUCTION (PART 2)****Fomin O., Osmak V., Lebedev V., Tsymbaliuk A.**

У статті (частина 1 та частина 2) розглянуто питання щодо дослідження напруженого стану конструкцій дослідних зразків надресорної балки типової конструкції двовісного візка вантажних вагонів під час випробувальних навантажень. Визначення можливості збереження несучої здатності під час дії руйнівного навантаження та виконаний усереднений розрахунок напружень у симетричних точках однієї деталі, виконано перерахунок усереднених напружень від дослідних навантажень на напруження від розрахункових навантажень, визначені сумарні навантаження за розрахунковими режимами. Застосований метод дослідження теоретичного і експериментального характеру та статистичного аналізу.

Ключові слова: візок двовісний, балка надресорна, випробування статичні, міцність, випробувальні та руйнівні навантаження, розрахункові режими, напруження що допустимі, перевірки, розміри елементів конструкції.

Вступ. На сьогоднішній день велику увагу приділяється безпеці руху, яка в першу чергу залежить від стану ходових частин вагонів.

Постійне зростання осьових навантажень, швидкостей руху, інтенсифікації маневрових операцій збільшує навантаження, яке прикладається до деталей, що викликає потребу у вдосконаленні конструкції та технології виготовлення. Надресорна балка візка вантажного вагона є складною і відповідальною литою деталлю, від надійної роботи якої залежить безпека руху. Оцінка її напруженого стану повинна виконуватися з високою точністю, так як недостатня міцність надресорної балки створить загрозу безпеці руху поїздів, а зайва - збільшить масу цієї частини вагона, що призведе як до збільшення витрат на виробництво, так і до додаткового динамічного впливу на букси, колеса і рейкову колію.

Постановка проблеми. Безпека перевезень є пріоритетним напрямком діяльності залізниць. Створення нових та удосконалення вже існуючих конструкцій ходових частин вантажних вагонів є основним завданням наукових та виробничих підп-

приємств галузі. У теперішній час більшість вагонів вантажного рухомого складу країн СНД обладнана візками моделі 18-100 та їх аналогами. При цьому, як показують досвід експлуатації та чисельні дослідження, залишається актуальним питання зниження пошкоджуваності литих деталей візків вантажних вагонів. За результатами аналізу експлуатації було доведено, що надресорні балки мають низку експлуатаційних і конструктивних недоліків, найбільшу кількість яких бракують через тріщини і ливарні дефекти.

Чинна методика стендових випробувань на міцність дозволяє оцінити величину навантажень до втрати несучої здатності надресорної балки.

В умовах ринкового виробництва необхідно не тільки виготовляти продукцію високої якості, але й мати можливість випускати її з найменшими витратами при мінімальних строках проектування, випробувань та освоєння виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Стан конструкції візка безпосередньо впливає на безпеку руху по залізничним коліям та визначає придатність вагона до експлуатації в цілому. Комплексні роботи над елементами вантажних візків їх розрахунки на статичну і динамічну міцність проводяться у ДП «УкрНДІВ», ДНУЗТ, ДЕГУТ, УкрДУЗТ, ТОВ «ГСКБВ ім. В.М. Бубнова», Крюківському, Маріупольському вагонобудівних заводах, ПАТ «Кременчуцький сталеливарний завод», ТОВ «Спецвагон», та у ряді інших організацій [1-5, 8-12].

Великий внесок у розвиток цієї галузі внесли вітчизняні та зарубіжні вчені: Ю.П. Бороненко, А.С. Бітоцький, Є.П. Блохін, В.М. Бубнов, М.Ф. Веріго, С.В. Вершинський, А.В. Донченко, М.Б. Кельріх, В.В. Кобищанов, В.А. Лазарян, С. В. Мямлін, М.М. Соколов, Ханін, М.І., Л.А. Шадур, Г. Шеффель, та ін.

Роботи таких вчених як В. Д. Данович, М. М. Соколов, Е. П. Блохін, С. В. Мямлін та ін. [7-8],

пов'язані з удосконаленням конструкції візків вантажних вагонів, в частині поліпшення динамічних характеристик вагонів за рахунок визначення раціональних параметрів ресорного підвішування.

Дослідженням динаміки рейкових екіпажів з метою оцінки можливості руху рейкових екіпажів з безпечними швидкостями присвячені праці В. А. Лазаряна, Л. А. Длугача, Г. І. Богомаза, Н. Ю. Науменко, О. М. Маркової [9-13] та ін.

Дослідженнями, спрямованими на вирішення проблеми зносу ходових частин візків, займалися такі вчені: М.Ф. Веріго, Є.П. Блохін, В.Ф. Ушкалов, В.С. Коссов, В.С. Лисюк, В.Д. Данович, В.М. Данилов, В.Д. Хусідов, Г. І. Петров, В.М. Белоусов. В результаті розробки заходів щодо збільшення ресурсу деталей, що труться, були розроблені і впроваджені різні модернізації візків вантажних вагонів.

Істотний внесок у розвиток методів розрахунку напружено-деформованого стану вніс Л.А. Шадур [6, 18].

Результати аналізу відповідних літературних джерел засвідчили необхідність оприлюднення належних даних випробувань напруженого стану надресорної балки для розгляду ефективності використання двовісних візків вантажного вагону.

Мета статті (частина 1 та частина 2). Дати оцінку відповідності дослідних зразків надресорної балки чинній нормативній документації щодо подальшого їх використання.

Об'єкт дослідження – дослідний зразок надресорної балки двовісного візка вантажного вагону.

Предмет дослідження – визначення і оцінка величини навантажень що діють на надресорну балку при статичних випробуваннях.

Основний зміст.

Обробка дослідних даних проводилася обмірюванням в місцях установки тензорезисторів відносні деформації - ϵ балки надресорної перераховувалися в напруження - σ , МПа за формулою

$$\sigma = E \cdot \epsilon, \quad (1)$$

де E - модуль пружності першого роду, для стали $E = 2,1 \cdot 10^5$, МПа;

ϵ - відносна деформація.

Отримані напруження від випробувальних навантажень осередненою за кожною схемою прикладання випробувальних навантажень по трьох зразках балки надресорної і по симетричним точкам однієї деталі. Осереднені напруження від випробувальних навантажень перераховувалися на напруження від розрахункових навантажень пропорційно співвідношенню величин розрахункового навантаження до випробувальної - $K = P_{\text{расч}} / P_{\text{исп}}$, після чого визначалися сумарні напруження від розрахункових навантажень при їх поєднаннях по I і III розрахунковим режимам - $\sigma_{\text{расч}}^{\Sigma I, III}$, МПа. Оцінка напружено-

го стану конструкції балки надресорної проводилася шляхом порівняння сумарних напружень по I і III розрахунковим режимам з допущеними напруженнями. При цьому, сумарні напруження по розрахунковим режимам не повинні перевищувати допустимих напружень, більш ніж на 3%.

$$\sigma_{\text{расч}}^{\Sigma I, III} \leq [\sigma]^{I, III}, \quad (2)$$

Першому режиму відповідає осаджування і зрушення з місця завантаженого вагону, зіткнення вагонів при маневрах, в тому числі під час розпуску з гірок, екстрене гальмування в поїздах при малих швидкостях руху. При цьому режимі розглядається три варіанти поєднання навантажень I-1, I-2, I-3.

При першому поєднанні розрахункових навантажень по I режиму (I-1) враховувалися напруження:

- від сили тяжіння кузова вагону брутто, що діє на під'ятникове місце $P_{\text{СТ}} - \sigma P_{\text{СТ}}$, МПа; вертикальної добавки від дії поздовжньої сили інерції кузова $P_{\text{ІН}}^I - \sigma P_{\text{ІН}}^I$, МПа.

При другому поєднанні розрахункових навантажень по I режиму (I-2) враховувалися напруження:

- від сили тяжіння кузова вагону брутто, що діє на під'ятникове місце

$P_{\text{СТ}} - \sigma P_{\text{СТ}}$, МПа; 50% вертикальної добавки від дії поздовжньої сили інерції кузова $0,5P_{\text{ІН}}^I - \sigma 0,5P_{\text{ІН}}^I$, МПа; поперечної складової поздовжньої квазістатической сили $H - \sigma H$, МПа; сили інерції візка, $P_{\text{Х}} - \sigma P_{\text{Х}}$, МПа

При третьому поєднанні розрахункових навантажень по I режиму (I-3) враховувалися напруження:

- від сили тяжіння кузова вагону брутто, що діє на під'ятникове місце $P_{\text{СТ}} - \sigma P_{\text{СТ}}$, МПа; 50% вертикальної добавки від дії поздовжньої сили інерції кузова $0,5P_{\text{ІН}}^I - \sigma 0,5P_{\text{ІН}}^I$, МПа; сили взаємодії під'ятника з кузовом вагону, що виникає при гальмуванні навантаженого вагону гіркова вагоноуповільнювачів $P_{\text{Х}} - \sigma P_{\text{Х}}$, МПа.

Третьому режиму відповідають випадки руху вагону в складі поїзда за прямими і кривих ділянках колії і стрілочних переводах з допустимою швидкістю, аж до конструкційної, при періодичних службових регулювальних гальмуваннях, періодичних помірних ривках і поштовхах, при цьому режимі розглядається одне поєднання навантажень.

При поєднанні розрахункових навантажень по III режиму (III) враховувалися напруження:

- від сили тяжіння кузова вагону брутто, що діє на під'ятникове місце $P_{\text{СТ}} - \sigma P_{\text{СТ}}$, МПа; вертикального динамічного навантаження, $P_{\text{ДІН}}^{III} - \sigma P_{\text{ДІН}}^{III}$, МПа; сили інерції візка $P_{\text{Х}} - \sigma P_{\text{Х}}$, МПа; відцентрової сили, що виникає при русі вагону в кривій $P_{\text{ЦБ}} - \sigma P_{\text{ЦБ}}$, МПа; вертикальної добавки від відцентрової сили $P_{\text{ЦБНБ}} - \sigma P_{\text{ЦБНБ}}$, МПа.

Таблиця 1

Розрахунковий режим	Комбінація навантажень	Навантаження, кН (напруження) за розрахунковим режимом	Навантаження, кН (напруження) за випробувальною схемою	Співвідношення розрахункових навантажень до випробувальних P_{pp} / P_n	Сумарні напруження від розрахункових напружень при їх комбінації за I и III розрахунковими режимами, $\sigma_{расч}^{\Sigma I-III}$, МПа	Напруження що допускаються, МПа
1	2	3	4	5	6	7
I-1	Сила тяжіння кузова вагона брутто, P_{CT}	$P_{CT} = 414,5$ ($\sigma_{P_{CT}}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$P_{CT} / P_n = 414,5/920 = 0,451$	$\sigma_{расч}^{\Sigma I-1} = \sigma_{P_{CT}} + \sigma_{P_{ин}^1} = 0,451 \cdot \sigma_{P_n^1} + 0,581 \cdot \sigma_{P_n^1}$	[σ] = 250*
	Вертикальна добавка від дії повздовжньої сили інерції кузова, $P_{ин}^1$	$P_{ин}^1 = 534,6$ ($\sigma_{P_{ин}^1}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$P_{ин}^1 / P_n = 534,6/920 = 0,581$		
I-2	Сила тяжіння кузова вагона брутто, P_{CT}	$P_{CT} = 414,5$ ($\sigma_{P_{CT}}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$P_{CT} / P_n = 414,5/920 = 0,451$	$\sigma_{расч}^{\Sigma I-2} = \sigma_{P_{CT}} + \sigma_{0,5 P_{ин}^1} + \sigma_H + \sigma_{P_x} = 0,451 \cdot \sigma_{P_n^1} + 0,291 \cdot \sigma_{P_n^1} + \sigma_{H_n^5} + 0,513 \cdot \sigma_{P_n^4}$	[σ] = 250*
	Половина вертикальної добавки від повздовжньої сили інерції, $0,5 P_{ин}^1$	$0,5 P_{ин}^1 = 268$ ($\sigma_{0,5 P_{ин}^1}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$0,5 P_{ин}^1 / P_n = 268/920 = 0,291$		
	Поперечна складова повздовжньої квазістатичної сили, H	$H = 291$ (σ_H)	$H = 291$ ($\sigma_{H_n^5}$)	$H / H = 291/291 = 1,0$		
	Сила інерції візка, P_x	$P_x = 177$ (σ_{P_x})	$T = 345$ ($\sigma_{P_n^4}$)	$P_x / T = 177/345 = 0,513$		
I-3	Сила тяжіння кузова вагона брутто, P_{CT}	$P_{CT} = 414,5$ ($\sigma_{P_{CT}}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$P_{CT} / P_n = 414,5/920 = 0,451$	$\sigma_{расч}^{\Sigma I-3} = \sigma_{P_{CT}} + \sigma_{0,5 P_{ин}^1} + \sigma_{P_x} = 0,451 \cdot \sigma_{P_n^1} + 0,291 \cdot \sigma_{P_n^1} + 1,391 \cdot \sigma_{P_n^4}$	[σ] = 250*
	Половина вертикальної добавки від повздовжньої сили інерції, $0,5 P_{ин}^1$	$0,5 P_{ин}^1 = 268$ ($\sigma_{0,5 P_{ин}^1}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$0,5 P_{ин}^1 / P_n = 268/920 = 0,291$		
	Сила взаємодії під'їзника з кузовом вагона, виникаюча при гальмуванні завантаженого вагона гірочним вагонсповільнювачем, P_x	$P_x = 480$ (σ_{P_x})	$T = 345$ ($\sigma_{P_n^4}$)	$P_x / T = 480/345 = 1,391$		
III	Сила тяжіння кузова вагона брутто, P_{CT}	$P_{CT} = 414,5$ ($\sigma_{P_{CT}}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$P_{CT} / P_n = 414,5/920 = 0,451$	$\sigma_{расч}^{\Sigma III} = \sigma_{P_{CT}} + \sigma_{P_{дин}^III} + \sigma_{P_x} + \sigma_{P_{цб}} = 0,451 \cdot \sigma_{P_n^1} + 0,147 \cdot \sigma_{P_n^4} + 0,229 \cdot \sigma_{P_n^1} + 0,114 \cdot \sigma_{H_n^5} + 0,115 \cdot \sigma_{P_n^3}$	[σ] = 140*
	Сила інерції візка, P_x	$P_x = 50,6$ (σ_{P_x})	$T = 345$ ($\sigma_{P_n^4}$)	$P_x / T = 50,6/345 = 0,147$		
	Вертикальна динамічне навантаження, $P_{дин}^III$	$P_{дин}^III = 210,85$ ($\sigma_{P_{дин}^III}$)	$P_n = 920$ ($\sigma_{P_n^1}$)	$P_{дин}^III / P_n = 210,85/920 = 0,229$		
	Центробіжна сила, виникаюча при русі вагона в кривій, $P_{цб}$	$P_{цб} = 31,1$ ($\sigma_{P_{цб}}$)	$H = 291$ ($\sigma_{H_n^5}$)	$P_{цб} / H = 31,1/291 = 0,114$		
	Вертикальна добавка від центробіжної сили, $P_{цбнб}$	$P_{цбнб} = 26,5$ ($\sigma_{P_{цбнб}}$)	$P_{ск} = 230$ ($\sigma_{P_n^3}$)	$P_{цбнб} / P_{ск} = 26,5/230 = 0,115$		

*Припускається перевищення припустимих напружень не більш ніж на 3% відповідно [3].

Величини випробувальних, розрахункових навантажень, відношення величин розрахункових навантажень до випробувальних, сумарні напруження від розрахункових навантажень при їх поєднаннях по I і III розрахунковим режимам і допустимі напруження для надресорної балки наведені в таблиці 1.

При одноосьовому напруженому стані сумарні напруження по I і III розрахунковим режимам є еквівалентними і в формулі 2 наводяться по абсолютній величині. Напруження від випробувальних навантажень в елементах конструкції балок надресорних наведені на рисунку 1.

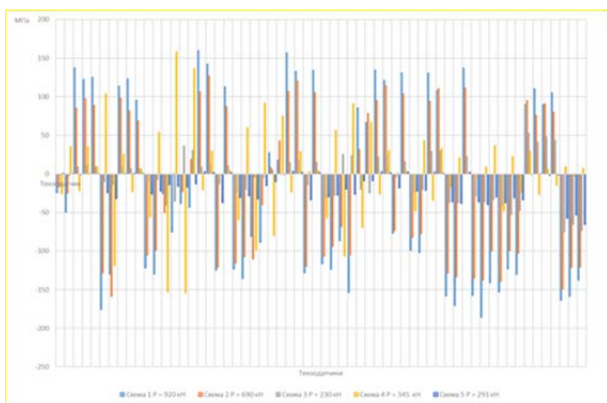


Рис. 1 Напруження від випробувальних навантажень в елементах конструкції надресорної балки

Осередненні напруження від випробувальних навантажень в елементах конструкції надресорних балок за трьома дослідних зразках наведені на рисунку 2.

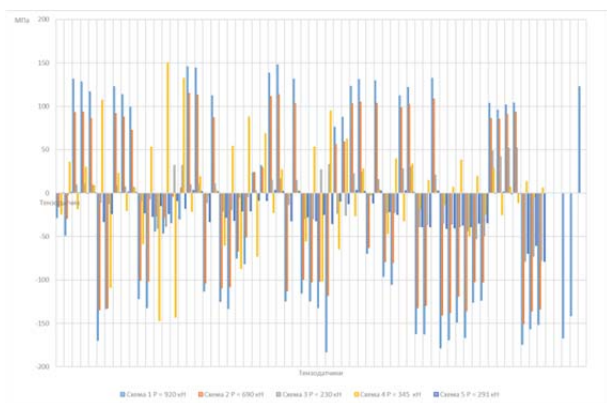


Рис. 2 Осередненні напруження від випробувальних навантажень в елементах конструкції надресорних балок

Осередненні напруження від випробувальних навантажень в елементах конструкції надресорних балок за симетричними точками однієї деталі наведені на рисунку 3.

Напруження від розрахункових навантажень при їх поєднаннях за I і III розрахунковим режимам в елементах конструкції надресорних балок наведені на рисунку 4.

Сумарні напруження від розрахункових навантажень при їх поєднаннях по I і III розрахунковим режимам в елементах конструкції надресорних балок наведені на рисунку 5.

Максимальні сумарні напруження за розрахунковим режимом отримані в наступних перетинах і зонах надресорної балки:

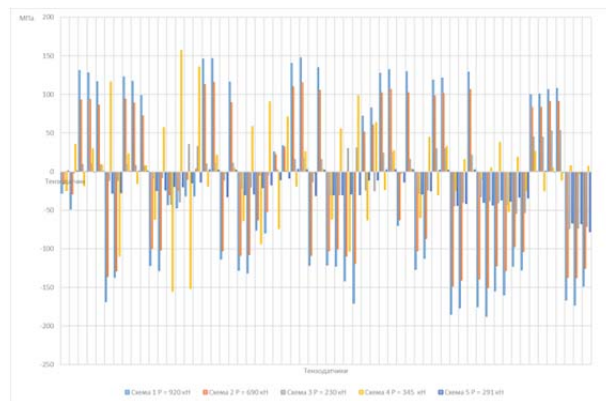


Рис. 3. Осередненні напруження від випробувальних навантажень в елементах конструкції надресорних балок по симетричним точкам однієї деталі

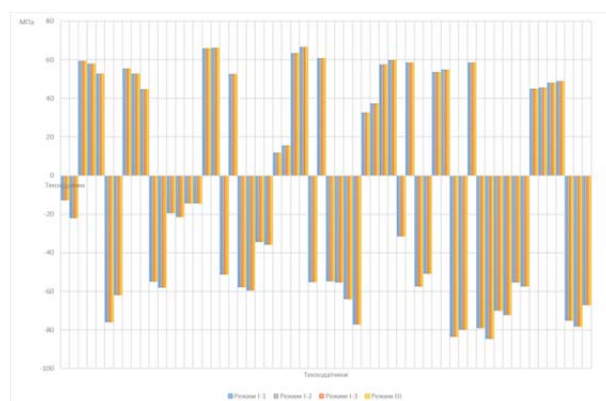


Рис. 4. Напруження від розрахункових навантажень при їх поєднаннях за I і III розрахунковим режимам в елементах конструкції надресорних балок

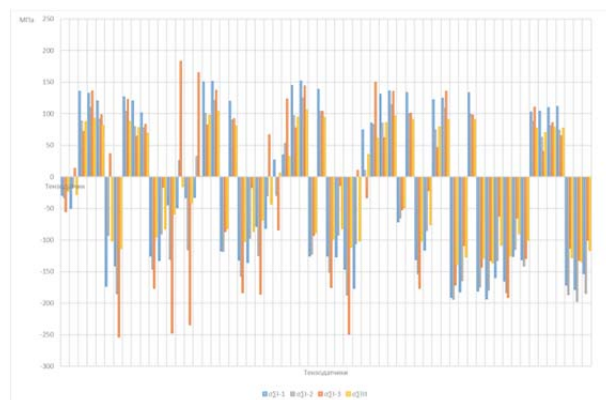


Рис. 5. Сумарні напруження від розрахункових навантажень при їх поєднаннях по I і III розрахунковим режимам в елементах конструкції надресорних балок

В інших точках і перетинах надресорної балки напруження нижче наведених.

Таблиця 2

центральный перетин	
перетин (0-0) точка 3 $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 135,41$ МПа	
точка 4 $\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 109,58$ МПа $\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 136,09$ МПа $\sigma_{расч}^{\sum III} = 92,45$ МПа	
зона підп'ятника	
перетин I-I (0I-0I) точка 6 (106) $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 173,63$ МПа	
точка 7 (107) $\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 185,52$ МПа $\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 254,00$ МПа $\sigma_{расч}^{\sum III} = 113,79$ МПа	
зона вікон бічних стінок	
перетин II-II (0II-0II) точка 18 (118) $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 150,95$ МПа	перетин III-III (0III-0III) точка 28 (128) $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 152,04$ МПа
точка 11 (111) $\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 146,56$ МПа	точка 21 (121) $\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 157,41$ МПа
точка 13 (113) $\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 247,75$ МПа	точка 23 (123) $\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 185,82$ МПа
точка 18 (118) $\sigma_{расч}^{\sum III} = 103,94$ МПа	точка 28 (128) $\sigma_{расч}^{\sum III} = 106,09$ МПа
еретин IV-IV (0IV-0IV) точка 34 (134) $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 176,17$ МПа	
точка 33 (133) $\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 187,21$ МПа $\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 248,56$ МПа $\sigma_{расч}^{\sum III} = 111,44$ МПа	
зона вікон верхньої стінки	
еретин V'-V' (0V'-0V') точка 49 (149) $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 193,38$ МПа	
сечение V-V (0V-0V) точка 45 (145) $\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 194,03$ МПа $\sigma_{расч}^{\sum III} = 139,64$ МПа	
еретин V''-V'' (0V''-0V'') точка 51 (151) $\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 190,73$ МПа	
зона кронштейнів ковзунів	
еретин VI-VI (0VI-0VI) точка 53 (153) $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 131,27$ МПа	еретин VII-VII (0VII-0VII) точка 59 (159) $\sigma_{расч}^{\sum I-1} = 178,49$ МПа
$\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 141,43$ МПа	$\sigma_{расч}^{\sum I-2} = 197,15$ МПа
$\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 129,28$ МПа	$\sigma_{расч}^{\sum I-3} = 131,54$ МПа
$\sigma_{расч}^{\sum III} = 100,23$ МПа	$\sigma_{расч}^{\sum III} = 134,08$ МПа

Випробуванням за визначенням граничної величини руйнівного навантаження піддавався один дослідний зразок надресорної балки. Після навантаження надресорної балки випробувальної навантаженням, $P_i = 250$ т, що перевищує допустиме навантаження до втрати несучої здатності деталі, $[P_{инс}] = 235$ т, більш ніж на 5% залишкова деформація (прогин) в середньому перетині склала 9 мм, при цьому руйнування конструкції, зламів, тріщин на

надресорної балці виявлено не було. Надресорна балка, після випробувань по визначенню величини навантаження до втрати несучої здатності, була використана для розрізання по перетинах з метою контролю розмірів елементів конструкції. Виміряні фактичні розміри елементів конструкції в перетинах надресорної балки які відповідають конструкторській документації.

Висновок. На підставі виконаного аналізу результатів, отриманих при проведенні типових випробувань надресорної балки, можна зробити наступні висновки:

- всі досліджені зони надресорних балок при статичних випробуваннях на міцність сумарні напруження по I і III розрахунковим режимам, не перевищують допустимих «Нормами ...» [1,2,4,14];

- результати випробувань надресорної балки руйнівним навантаженням свідчить про її достатню міцність;

- отримані фактичні значення товщини елементів в перетинах випробуваної надресорної балки відповідають вимогам затвердженого креслення;

- конструкція балки надресорної по міцностним характеристикам відповідає вимогам «Норм ...» [1,2,4,14], нормативної документації і може бути рекомендована до подальшого використання.

Л і т е р а т у р а

1. Фомін О.В. Розробка методики впровадження різних профілей в якості складових елементів несучих систем вантажних вагонів [Development of a method for the introduction of various profiles as components of carrier systems of freight cars] / O.V. Fomin // Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «NPI». – Kharkiv. – 26'2012 P.29-33.
2. O. Fomin, I. Kulbovskiy, E. Sorochinska, S. Sapronova, O. Bambura, Experimental confirmation of the theory of implementation of the coupled design of center girder of the hopper wagons for iron ore pellets. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 5, 1 (89), 11-19, (2017) doi: 10.15587/1729-4061.2017.109588
3. Gevorkyan E., Lavrynenko S., Rucki M., Siemiatkowski Z., Kisliitsa M. Ceramic cutting tools out of nanostructured refractory compounds. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials. 2017. Vol. 68. P. 142–144.
4. Фомін, О.В. Поліпшення несучої здатності вагонахопера для перевезення зерна з метою підвищення опору динамічним зусиллям / Фомін О.В., Прокопенко П.М., Горбунов М.І. Сапронова С.Ю.// Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Северодонецьк: СНУ ім. В.Даля, 2017. – № 5(235) – С. 88-99.
5. Research on the safety factor against derailment of railway vehicles / S. Sapronova, V. Tkachenko, O. Fomin, V. Gatchenko, S. Maliuk // Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. Vol. 6, Issue 7 (90). P. 19-25 doi: 10.15587/1729-4061.2017.116194
6. Fomin, O.V. Варіаційне описання конструкції виконання вантажних вагонів [Variations describe the structural designs of freight cars] / O.V. Fomin, A.V. Gos-tra // Proceedings of the State Economic and Technological University of Transport, Ministry of Education and

- Science of Ukraine series "Transport systems and technologies." - Kyiv: DETUT, 2015. - Vyp.26-27. - S.137-147.
7. High speed stability of a railway vehicle equipped with independently rotating wheels / O. Kyryl'chuk, J. Kalivoda, L. Neduzha // Proc. of 24th Intern. Conf. «Engineering Mechanics 2018». – P. 473-476. doi: 10.21495/91-8-473.
 8. Myamlin, S., Lunys, O., Neduzha, L., & Kyryl'chuk, O. (2017). Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars. Transport Means: Proc. of 21st Intern. Scientific Conf., 973-976.
 9. Мороз, В.І. Математичний запис задачі оптимізаційного проектування напіввагонів за критерієм мінімальної матеріалоемності. // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – С. 121 – 131.
 10. Кельріх М. Б. Структурно-функціональне описання конструкції модуля кузова сучасних універсальних напіввагонів // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.—Луганськ: СНУ ім. В. Даля. – 2014. – №. 2. – С. 210.
 11. Макаренко М. В. Комплексний аналіз економічного ефекту від життєвого циклу сучасного напіввагону // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України».—К.: ДНДЦ УЗ. – 2014. – №. 5. – С. 107
 12. Мороз В. І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» // 36. наук. праць.-Харків: УкрДАЗТ. – 2008. – С. 72-81.
 13. Fomin O. V., Lovska A. O., Plakhtii O. A., Nerubatskyi V. P. The influence of implementation of circular pipes in load-bearing structures of bodies of freight cars on their physico-mechanical properties // Scientific Bulletin of National Mining University, 6, 89 – 96. (2017).
 14. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building [Text] / A. V. Fomin // East European journal of advanced technologies. – Kharkiv. – № 3/7(57), 2012. – 32-35 p. - access Mode: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
 15. Фомін О.В. Теоретичні основи програмного комплексу визначення та використання математичних моделей складових вантажних вагонів / О.В. Фомін // Науковий журнал «Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського». – Кременчук: КДПУ, 2013. - Вип. 6(83). – С. 87-91.
 16. Фомін, О.В. Впровадження круглих труб в несучі системи напіввагонів з забезпеченням раціональних показників міцності [Текст] / О.В. Фомін // Науковий журнал – «Технологический аудит и резервы производства». – Харків, 2015. – № 4/1(24) – С. 83-89.
 17. Ловська А. О. Моделювання навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні у складі комбінованого поїзда на залізничному поромі / А. О. Ловська // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – 2018. – Вип. 33. – с. 28 – 32.
 18. Ловська А. О. Дослідження міцності несучої конструкції кузова напіввагона при перевезенні на залізничному поромі / А. О. Ловська // 36. наук. праць. Київ: ДУІТ. – 2018. – Вип. 32, Т. 1. – с. 71 – 80.
 19. Fomin O.V. Rozrobka metodiki vprovadgenja riznih profiliv v jacosti skladovih elementiv nesuchih system vantazhnih vagoniv [Development of a method for the introduction of various profiles as components of carrier systems of freight cars] / O.V. Fomin // Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI». – Kharkiv. – 26'2012 P.29-33.
 20. Fomin, O., Kulbovsky, I., Sorochinska, E., Saprionova, S., Bambura, O. (2017). Experimental confirmation of the theory of implementation of the coupled design of center girder of the hopper wagons for iron ore pellets. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (1 (89)), 11–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109588>
 21. Gevorkyan E., Lavrynenko S., Rucki M., Siemiatkowski Z., Kisliitsa M. (2017). Ceramic cutting tools out of nanostructured refractory compounds. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials. 68. 142–144.
 22. Fomin O.V., Prokopenko P.M., Horbunov M.I. Saprionova S.YU. (2017). Polipshennya nesuchoyi zdatnosti vahonakhopera dlya perevezennya zerna z metoyu pidvyshchennya oporu dynamichnym zusylyam // Naukovyy zhurnal – Visnyk Skhidnoukrayins'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalya. – Syverodonets'k: SNU im. V.Dalya, – № 5(235) – S. 88-99
 23. Saprionova S., Tkachenko V., Fomin O., Gatchenko V., Maliuk S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicles. Eastern-European journal of enterprise technologies. 6, 7 (90), 19-25 doi: 10.15587/1729-4061.2017.116194
 24. Fomin, O.V. Variacijne opisannja konstruktivnih vikonan' vantazhnih vagoniv [Variations describe the structural designs of freight cars] / O.V. Fomin, A.V. Gostra // Proceedings of the State Economic and Technological University of Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine series "Transport systems and technologies." - Kyiv: DETUT, 2015. - Vyp.26-27. - S.137-147.
 25. Kyryl'chuk O., Kalivoda J., & Neduzha L. (2018). High speed stability of a railway vehicle equipped with independently rotating wheels. Engineering Mechanics: Proc. of 24th Intern. Conf., 473-476. doi: 10.21495/91-8-473.
 26. Myamlin, S., Lunys, O., Neduzha, L., & Kyryl'chuk, O. (2017). Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars. Transport Means: Proc. of 21st Intern. Scientific Conf., 973-976.
 27. Moroz V.I. Matematychnyy zapys zadachi optymizatsiynoho proektuvannya piv-vahoniv za kryteriyem minimal'noyi materia-loyemnosti [Mathematical notation of problem of optimizing design of open goods wagons by criterion of the minimum material capacity]. // Zbirnyk naukovykh prats [Collection of scientific papers]. Kharkiv. Ukrainian State University of Railway Transport. 2009. No 111, pp. 121-131.
 28. Kelrikh M. B., Moroz V. I. Strukturno-funktionalne opysannja konstruktсии modulja kuzova suchasnykh universalnykh napivvahoniv // Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnogo universytetu im. V. Dalia, 2 (210). – 2014. – С. 94-103.
 29. Makarenko M. V. Kompleksnyi analiz ekonomichnogo efektu vid zhyttievoho tsykladu suchasnoho napivvahonu [Comprehensive analysis of the economic impact of the life cycle of a modern gondola] // Naukovo-praktychny zhurnal «Zaliznychnyi transport Ukrainy». – Kyiv: DNDTs UZ. – 2014. – №. 5. – С. 107.
 30. Moroz, V.I. (2008). Vyznachennia perspektyvnykh napriamkiv udoskonalennia konstruktсии napivvahoniv vyrobnytstva DP «Ukrspetsvagon» [Determination of the promising direction for improvement of the open car design of SE" Ukrspetsvagon"]. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi Derzhavnoi Akademii Zaliznychnoho Transportu, 72-81.

References

1. Fomin O.V. Rozrobka metodiki vprovadgenja riznih profiliv v jacosti skladovih elementiv nesuchih system vantazhnih vagoniv [Development of a method for the introduction of various profiles as components of carrier systems of freight cars] / O.V. Fomin // Visnik Nacionalnogo

13. Fomin, O. V., Lovska, A. O., Plakhtii, O. A., Nerubatskyi, V. P. (2017). The influence of implementation of circular pipes in load-bearing structures of bodies of freight cars on their physico-mechanical properties. Scientific Bulletin of National Mining University, 6, 89 – 96.
14. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building [Text]/ A. V. Fomin// East European journal of advanced technologies. – Kharkiv. –№ 3/7(57), 2012. – 32-35 p. - access Mode: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
15. Fomin O.V. Teoretychni osnovy prohramnoho kompleksu vyznachennya ta vykorystannya matematychnykh modeley skladovykh vantazhnykh vahoniv / O.V. Fomin // Naukovyy zhurnal «Visnyk Kremenchuts'kohonatsional'noho universytetu imeni Mykhayla Ostrohrads'koho». – Kremenchuk: KDPU, 2013. - Vyp. 6(83). – S. 87-91.
16. Fomin, O. V. Vprovadzheniya of cruglic pipes in NESC systems napowan W zabezpieceny razvaliny pokaznikiv mcnct [Text]/ O. In Fomn // [the journal "Technology audit and production reserves". – Kharkiv, 2015. – № 4/1(24) – S. 83-89.
17. Lovs'ka A. O. Modelyuvannya navantazhenosti konteynera-systerny pry perevezenni u skladi kombinovanoho poyizda na zaliznychnomu poromi / A. O. Lovs'ka // Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPi». Seriya: Dynamika i mitsnist' mashyn. – 2018. – Vyp. 33. – s. 28 – 32.
18. Lovs'ka A.O. Doslidzhennya mitsnosti nesuchoyi konstruktsiyi kuzova napivvahona pry perevezenni na zaliznychnomu poromi / A.O. Lovs'ka // Zb. nauk. prats'. Kyiv: DUIT.– 2018. – Vyp. 32, T. 1.–s.71 – 80.

Фомин А.В., Осьмак В.Е. Лебедев В.С., Цымбалиук А.В. Анализ разрушающих напряжений наддрессорных балок тележки грузового вагона типовой конструкции (Часть 2).

В статье (Часть 1 и часть 2) рассмотрены вопросы исследования напряженных состояния конструкций опытных образцов наддрессорной балки типовой конструкции двухосной тележки грузовых вагонов во время испытательных нагрузок. Определение возможности сохранения несущей способности во время действия разрушающей нагрузки и выполнен усредненный расчет напряжений в симметричных точках одной детали, выполнено перерасчет усредненных напряжений от исследовательских нагрузок на напряжение от расчетных нагрузок, определенные суммарные нагрузки по расчетным режимам. Примененный метод исследования теоретического и экспериментального характера и статического анализа.

Ключевые слова: тележка двухосная, балка наддрессорная, испытания статические, прочность, испытательные и разрушающие нагрузки, расчетные режимы, напряжения что допускаются, сечения, размеры элементов конструкции.

Fomin O., Osmak V., Lebedev V., Tsybaliuk A. Analysis of related stresses of the nadrason steering wire of vehicle wagon of the type construction (Part 2).

The article (PART 1 and PART 2) deals with the issue of studying the elastic state of structures of prototype sketches of a superstring beam of a typical construction of a two-axle trolley for freight wagons during test loads. Determination of the possibility of maintaining the load bearing capacity during the destructive load and an average calculation of stresses at the symmetric points of one part was performed; the recalculation of the average stresses from the experimental loads to the stresses from the calculated loads was performed, the total loads were calculated according to the calculated modes. The applied method of studying the theoretical and experimental nature and static analysis is applied.

Based on the analysis of the results obtained during the typical tests of the overhead beam, we can draw the following conclusions: all investigated areas of superstring beams at static tests for the strength of total stresses under I and III settlement regimes, do not exceed permissible; results of tests of a superstructure with a destructive load indicate its sufficient strength; the actual values of the thickness of the elements obtained in the sections of the tested superstructure beams meet the requirements of the approved drawing; the construction of the superstrong beams according to the strength characteristics meets the requirements of normative documentation and can be recommended for further use.

Key words: biaxial carriage, superstrong beam, static tests, strength, test and destructive loads, calculation modes, permissible voltages, cross sections, dimensions of structural elements.

Фомін О.В. – д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство» ДУІТ, м. Київ.

(fominaleksejviktorovic@gmail.com)

Осьмак В.Є. – к.т.н., доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство», ДУІТ, м. Київ.

Лебедев В.С. – інженер кафедри «Вагони та вагонне господарство», ДУІТ, м. Київ.

Цимбалиук А.В. – аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство», ДУІТ, м. Київ.

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецька-Білецька Н.Б.**