

4 Moroz V.I. Matematychnе opysannia modulno-nakopychuvalnogo formuvannia krutnykh momentiv bagatotsylindrovyyh V-podibnykh teplovoznnykh dyzeliv / V.I. Moroz, O.V. Bratchenko, V.S. Tishchenko // Udoskonalennia budivelnykh, koliinykh ta perevantazhuvalnykh machyn // Zb. nauk. prats. - Kharkiv: UkrDAZT 2008. - Vyp. 88 - S.34 - 39.

Анотації:

В статті представлено результати розрахункових досліджень, спрямованих на аналіз особливостей формування крутних моментів в механічній системі енергетичної установки тепловоза з дизелем Д49, які проводились на основі гармонійного аналізу кривої крутних моментів в перерізі восьмого циліндрового модуля. Подані рекомендації щодо застосування отриманих результатів при вирішенні питань зменшення негативного впливу нерівномірності формування навантажень в механічній системі ЕУТ, а також в дослідженнях з оцінювання міцності та особливостей руху колінчатого і розподільного валів.

Ключові слова: тепловоз, дизель, механічна система, навантаження, гармонійний аналіз.

В статье представлены результаты расчетных исследований, направленных на анализ особенностей формирования крутящих моментов в механической системе энергетической установки тепловоза с дизелем Д49, проведенных на основе гармонического анализа кривой крутящих моментов в сечении с восьмого цилиндрического модуля. Даны рекомендации к применению полученных результатов при решении вопросов уменьшения негативного влияния неравномерности формирования нагрузок в механической системе ЭУТ, а также в исследованиях по оценке прочности и особенностей движения коленчатого и распределительного валов.

Ключевые слова: тепловоз, дизель, механическая система, нагрузки, гармонический анализ.

The article presents the results of computational studies aimed at analyzing the features of formation of torque in the mechanical system of the power plant with a diesel locomotive D49 conducted on the basis of harmonic analysis of the torque curve in the eighth section of the cylinder module. Recommendations for use of the results obtained in solving the issues of reducing the negative impact of the formation of uneven loads in the mechanical system PPL, as well as studies evaluating the strength and motion features crank and cam shafts.

Keywords: locomotive, diesel, the mechanical system, harmonic analysis.

УДК 629.463.65(477)

ФОМІН О.В., канд. техн. наук, доцент (ДонІЗТ УкрДАЗТ)

Аналіз експериментальних досліджень конструкції напіввагонів моделей 12-9904 та 12-9904-01

Fomin O., Cand. of Eng. Sc., Associated Professor (DRTI USART)

Analysis of experimental researches construction of freight gondolas models 12-9904 and 12-9904-01

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень.

Для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту України на внутрішньому і зовнішньому ринку вантажних транспортних послуг, Державною ці-

льовою програмою реформування залізничного транспорту України на 2010-2015 роки, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390 та Транспортною стратегією України на період до 2020 року, яка була затверджена на засіданні Кабінету Мініст-

рив України 20 жовтня 2010 року передбачено розвиток промислових потужностей вітчизняного вагонобудівного комплексу. Для успішного вирішення такої проблеми першочергово необхідно розроблювати та впроваджувати у виробництво конкурентоспроможні моделі вантажних вагонів з сучасним рівнем техніко-економічних та експлуатаційних показників. При цьому підприємства на яких заплановано випуск вантажних вагонів повинні мати конструкторську та технологічну документацію для їх виробництва. На сьогодні забезпечити потреби з вищевказаної документації можливо шляхом залучення її на ліцензійних умовах у зовнішнього власника або розроблення документації власними силами. Слід зазначити, що другий варіант є більш перспективним, тому що є більш економічно обґрунтованим (наприклад він виключає необхідність постійних ліцензійних платежів та дозволяє власнику більш ефективно використовувати можливості з модернізації чи раціоналізації конструкцій вагонів). У зв'язку із зазначеним на вагонобудівних підприємствах розгортаються науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з

розроблення нових власних конкурентоспроможних моделей вантажних вагонів.

За оцінками фахівців, на нинішній час, найбільш затребуваним типом вантажних вагонів є напіввагони, що пояснюється масовістю їх парку, який на 80% сформовано із морально та фізично застарілих моделей.

У зв'язку із вищезазначеним, для задоволення в тому числі і власних потреб у вантажоперевезеннях, в рамках виробничих потужностей ПрАТ «ДМЗ» було організовано виробництво напіввагонів. Для цього були розроблені та впроваджені у виробництво власні конструкції [1] напіввагонів моделей 12-9904 та 12-9904-01 (рис.1). Для створення вказаних конструкцій було запропоновано ряд технічних рішень працездатність яких було теоретично (за допомогою комп'ютерного моделювання) підтверджено. Особливості зазначених робіт було описано у працях [2, 3]. Проте, у відповідності до діючих нормативів, для впровадження у виробництво нових моделей напіввагонів необхідно було провести комплекс випробувань, аналізу особливостей та результатів яких і присвячено дану публікацію.

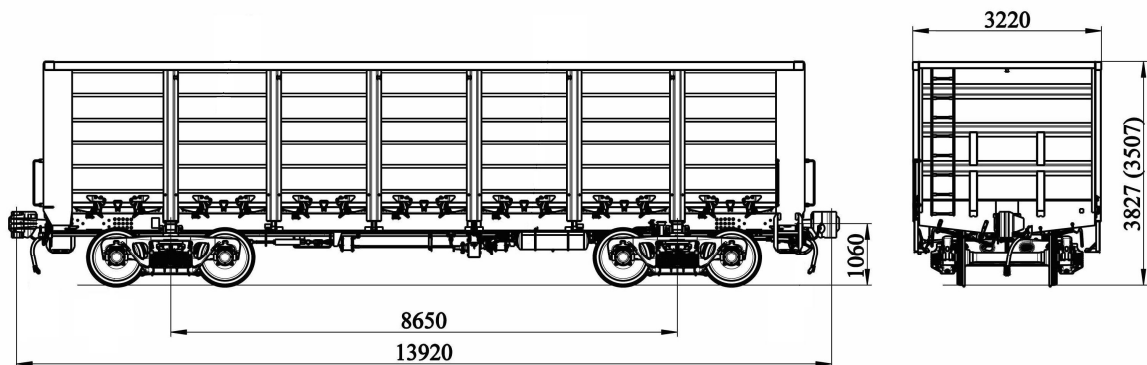


Рис. 1. Напіввагони виробництва ПрАТ «ДМЗ»

Мета статті та викладення основного матеріалу.

В статті представлені результати та особливості проведених науково-дослідних робіт (НДР) з визначення гальмових, міцностних, динамічних якостей та харак-

теристик напіввагонів моделі 12-9904 та моделі 12-9904-01 на основі експериментальних досліджень. Метою вказаних НДР є – проведення комплексу натурних випробувань напіввагонів для оцінювання відповідності отриманих значень вимогам діючих нормативних документів (зокрема [4,

5]) та технічної документації на вагони (в тому числі [1]).

Напіввагони моделей 12-9904 (-01) (рис.1), призначені для перевезення сипких, у тому числі штучних вантажів, які не вимагають захисту від атмосферних опадів, з температурою не вище 100° С. Вагони придатні для експлуатації по всій мережі залізниць колії 1520 мм, України, країн СНД, Латвійської Республіки, Естонської Республіки, Литовської Республіки і Грузії.

У відповідності до затверджених програм та методик дослідні зразки вагонів піддавались наступним видам випробувань: стаціонарні та поїзні гальмові випробування; вписування в габарит; визначення тари; визначення геометричних розмірів; оцінка взаємодії з вагоноперекидачем; статичні випробування від дії вертикальних та поздовжніх сил; випробування від дії ремонтних навантажень; ходові динамічні випробування вагонів в завантаженому та порожньому режимах; ходові міцнісні випробування; випробування в режимі співударяння.

При цьому при проведенні стаціонарних гальмівних випробувань реєструвались наступні показники: час зарядки гальмівної системи; зарядний тиск; щільність гальмівної магістралі; щільність гальмівних циліндрів та запасного резервуару; час витримки без мимовільного відпуску при ступені гальмування; час заповнення гальмівного циліндру до відповідного тиску; час відпуску гальма; сталий тиск в гальмових циліндрах порожнього та завантаженого вагону; вихід штоків гальмівних циліндрів порожнього та завантаженого вагону; параметри авторегулятора гальмівної важільної передачі; дія випускного клапану повітророзподільника; дія стоянкового гальма; характеристики регулювання гальмівної важільної передачі; сила натиснення гальмівних колодок на колеса порожнього та завантаженого вагону.

При проведенні поїзних гальмових випробувань реєструвались: сталий тиск в гальмових циліндрах порожнього та завантаженого вагону; вихід штоків гальмівних

циліндрів порожнього та завантаженого вагону; гальмівний шлях порожнього та завантаженого вагону.

При квазістатичних випробуваннях визначались сумарні фактичні навантаження в елементах кузова від дії вертикальних та поздовжніх сил по I та III розрахункових режимах [4, 5].

В рамках проведення ходових динамічних випробувань реєструвались наступні показники: рамні сили, які діють на раму візка в горизонтальному напрямку; вертикальний прогин центрального ресорного підвішування; горизонтальні переміщення візків; вертикальні та горизонтальні прискорення кузова вагону (в зоні шворневого вузла); швидкість руху вагону. По даним зареєстрованих процесів визначались такі показники: коефіцієнт вертикальної динаміки кузова; коефіцієнт вертикальної динаміки не обресореної рами візка; коефіцієнт горизонтальної динаміки; коефіцієнт запасу стійкості колісної пари від сходу з рейки; коефіцієнт запасу стійкості вагону від перекидання при руху в кривих ділянках шляху.

Під час ходових міцнісних випробувань фіксувались наступні показники: динамічні напруження в окремих елементах конструкції вагону; швидкість руху вагону. По даним зареєстрованих процесів визначались коефіцієнти запасу опору втомлюваності в окремих елементах конструкції вагону із розрахунку їх експлуатації на протязі 22 років після побудови.

При проведенні випробувань на співударяння визначались наступні характеристики: сила удару в автозчеплення; динамічні напруження в окремих елементах конструкції вагону. По даним зареєстрованих процесів визначались напруження в окремих елементах конструкції вагону.

Повністю матеріали НДР викладені у [6]. В статті представлені результати деяких з них.

Так результати стаціонарних гальмівних випробувань представлені у таблиці 1, результати поїзних гальмівних випробувань у таблиці 2.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

А на рис. 2 та 3 зображені відповідно: графік залежності гальмівного шляху порожнього вагону від швидкості на початку гальмування та графік залежності гальмівного шляху завантаженого вагону від швидкості на початку гальмування.

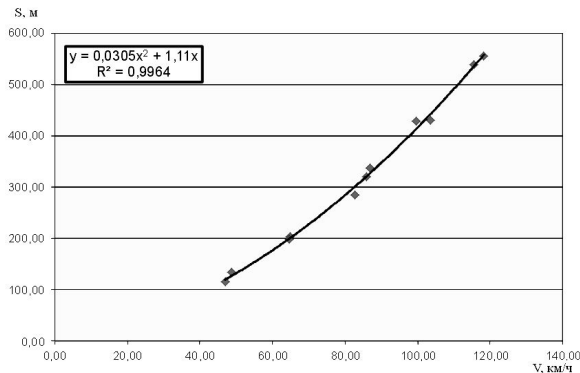


Рис. 2. Графік залежності гальмівного шляху порожнього вагону від швидкості на початку гальмування

Експериментально отримані результати засвідчили працездатність гальмівної системи напіввагонів моделей 12-9904 (-01) та відповідність її характеристик діючій нормативній документації.

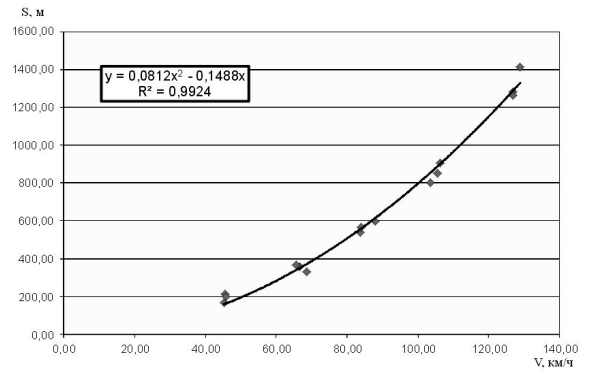


Рис. 3. Графік залежності гальмівного шляху завантаженого вагону від швидкості на початку гальмування

Далі представлені особливості проведення та дані з міцнісних випробувань. Так на рис.3-8 наведено схеми розташування приладів та вимірювальних схем на кузовах та візках напіввагонів. А у таблицях 3-5 відповідно максимальні сумарні напруження в елементах конструкції напіввагону від навантажень по I, III розрахункових режимах та навантажень, які виникають при підйомах в умовах ремонту та обслуговування.

Таблиця 1

Результати стаціонарних гальмівних випробувань напіввагонів

Характеристики, які контролюються, параметри	Одиниці вимірювання	Нормативна документація, що містить значення, вимоги до параметра (позначення розділу, пункту документа)	Значення параметра				Похибка	Примітка
			за документацією		фактичне			
			при композиційних колодках	при чавунних колодках	при композиційних колодках	при чавунних колодках		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зовнішній вигляд, комплектність гальмівної системи вагона		Кресленки 9904.40.000 СБ	Відповідність кресленку конструкторської документації		Повна відповідність кресленку, конструкторській документації			
Час зарядки гальмівної системи	с	ЦВ-ЦЛ-945 п. 25.4.1 ЦВ-ЦЛ-0013 п. 25.4.1	Не менше 360		408		±1,8	
Зарядний тиск	кгс/см ²	ЦВ-ЦЛ-945 п. 25.4.1 ЦВ-ЦЛ-0013 п. 25.4.1	5,4±0,1		5,4		±0,08	
Щільність гальмівної магістралі	кгс/см ² , с	ЦВ-ЦЛ-945 п. 25.4.1 ЦВ-ЦЛ-0013 п. 25.4.1	Падіння тиску повітря протягом 300 с не повинне перевищувати 0,1		Протягом 300 с тиск в гальмівній магістралі знизився на 0,04		±0,08 ±1,8	
Щільність гальмівних циліндрів та запасного резервуара	с, кгс/см ²	ЦВ-ЦЛ-945 п. 25.5.1 ЦВ-ЦЛ-0013 п. 25.5.1	Падіння сталого тиску повітря після гальмування протягом 180 с не повинне перевищувати 0,1		Протягом 180 с тиск повітря в гальмівних циліндрах та запасному резервуарі не знизився		±1,8 ±0,08	

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сталій тиск у гальмівному циліндрі ¹⁾ : - порожнього вагона; - навантаженого вагона	кгс/см ²	ЦВ-ЦЛ-945 п.п. 25.5. 1 табл. 16 і 25.5. 2 табл. 17, ЦВ-ЦЛ-0013 п.п. 25.5. 1 табл. 16 і 25.5. 2 табл. 17	1,2-1,6 3,0-3,4	1,4-2,0 4,0-4,5	<u>1,43</u> 1,5 <u>3,2</u> 3,2	<u>1,8</u> 1,8 <u>4,2</u> 4,2	±0,03 ±0,06	
Вихід штока гальмівного циліндра ¹⁾ : - порожнього вагона; - навантаженого вагона	мм	ЦВ-ЦЛ-0013 табл. 1, ЦВ-ЦЛ-945 п. 5.1.11	25-65 25-65	25-65 25-65	<u>36,17</u> 28,75 <u>37,5</u> 35,83	<u>34,33</u> 59,5 <u>55,0</u> 70,5	±0,5 ±0,5	
Час витримки гальма без мимовільного відпуску при ступені гальмування	с	ЦВ-ЦЛ-945 п. 25.5.1 ЦВ-ЦЛ-0013 п. 25.5.1	Після зниження тиску в магістралі на (0,5-0,6) кгс/см ² гальмо повинне прийти в дію і не відпустити протягом 300 с. Після підвищення тиску до зарядного гальмо повинне повністю відпустити за час не більше 70 с		Після зниження тиску в магістралі на 0,5 кгс/см ² гальмо прийшло в дію і не відпустило протягом 300 с. Після підвищення тиску до зарядного гальмо повністю відпустило за 31 с		±1,8 ±0,4	
Час відпуску гальма	с	ЦВ-ЦЛ-945 п. 20.2.4 ЦВ-ЦЛ-0013 п. 20.2.4	Час від початку підвищення тиску в магістральному резервуарі до досягнення тиску в гальмівному циліндрі 0,4 кгс/см ² повинен бути не більше 60 с		Час від початку підвищення тиску в магістральному резервуарі до досягнення тиску в гальмівному циліндрі 0,4 кгс/см ² склав 42 с		±0,4	
Час наповнення гальмівного циліндра до: 3,5 кгс/см ² (навантаженого вагона)	с	ЦВ-ЦЛ-945 п. 20.2.4 ЦВ-ЦЛ-0013 п. 20.2.4	-	7-15	-	14	±0,4	
Розрахунковий гальмівний коефіцієнт ¹⁾ : - порожнього вагона; - навантаженого вагона		«Норми ...» Розділ 9, п. 9.6	Не менше 0,22 Не менше 0,14	Не нормується Не нормується	<u>0,274</u> 0,281 <u>0,164</u> 0,163	- -		
Розрахункова сила натиснення гальмівних колодок однієї колісної пари ¹⁾ : - порожнього вагона; - навантаженого вагона	тс	Норми ...» Розділ 9, п. 9.7	Не нормується Не нормується	Не менше 3,5 Не менше 6,5	- -	<u>3,833</u> 3,828 <u>7,298</u> 7,313	±0,002 ±0,004	
Дія авторегулятора важільної передачі: - «а» відстань між торцем захисної труби і торцем сполучної муфти; - стягування гальмівної важільної передачі авторегулятором за одне гальмування з наступним відпуском	мм мм	ЦВ-ЦЛ-945 п.п. 23.1.1, 23.1.7	250-300 5-10		257 7		±0,5 ±0,5	

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Регулювання гальмівної важільної передачі: Дср – середній діаметр коліс візка; С – від осі кронштейну до осі з'єднання серги з вертикальним важелем;	мм мм	ЦВ-ЦЛ-0013 п. 6.11 табл. № 7, ЦВ-ЦЛ-945 п. 6.11 табл. № 7	959-943 127		947; 950 127		±0,1 ±0,5	
п – від центра шкворневого отвору підп'ятника до осі верхнього отвору у вертикальному важелі;	мм		350-400		365		±0,5	
Р – по осях з'єднання затяжки з вертикальними важелями	мм		1030		1030		±0,9	
Дія випускного клапана повітрозподільника		ЦВ-ЦЛ-0013 п. 27.3.4, ЦВ-ЦЛ-945 п. 27.3.4	Після проведення екстреного гальмування, при сталому тиску повітря в гальмівному циліндрі, клапаном випускається повітря з робочої камери, повинен відбутися повний відпуск гальма		Після проведення екстреного гальмування, з подальшим випуском повітря з робочої камери за допомогою випускного клапана, відбувся повний відпуск гальма			
Характеристики стоянкового гальма: утримання вагона з повним розрахунковим навантаженням на уклоні крутизною, не менше	‰	«Норми.», р. 9.11	30	30	33,78	37,39		

¹⁾ – Чисельник – при нових, знаменник – при зношених гальмівних колодках

Таблиця 2

Результати поїзних гальмівних випробувань напіввагонів 12-9904 (-01)

Характеристики, які контролюються, параметри	Одиниці вимірювання	Нормативна документація, що містить значення, вимоги до параметра (позначення розділу, пункту документа)	Значення параметра		Похибка	Примітка
			за документацією при композиційних колодках	фактичне при композиційних колодках		
1	2	3	4	5	6	7
Зовнішній вигляд, комплектність гальмівної системи вагона		Кресленки 9904.40.000 СБ	Відповідність кресленьку конструкторської документації	Повна відповідність кресленьку, конструкторській документації		
Зарядний тиск	кгс/см ²	ЦВ-ЦЛ-0013 п.25.4.1 ЦВ-ЦЛ-945 п. 25.5.1	5,4±0,1	5,4	±0,08	
Сталий тиск у гальмівному циліндрі: - порожнього вагона; - навантаженого вагона	кгс/см ²	ЦВ-ЦЛ-0013 п. п. 25.5. 1 табл. 16 і 25.5. 2 табл. 17 ЦВ-ЦЛ-945 п.п. 25.5. 1 табл. 16 і 25.5. 2 табл. 17	1,2-1,6 3,0-3,4	1,45 3,24	±0,02 ±0,05	
Вихід штока гальмівного циліндра: - порожнього вагона; - навантаженого вагона	мм	ЦВ-ЦЛ-0013 табл. 1, ЦВ-ЦЛ-945 п. 5.1.11	25-65 25-65	35 55	±0,5 ±0,5	
Гальмівний шлях поїзда при швидкості руху на початку гальмування навантаженого вагона ¹⁾	м	Інструкція по сигналізації на залізницях України ЦШ – 001, розділ 3, таблиця 3.1 (ЦРБ/757)	На ухилі 6 ‰ 80 км/год 90 км/год На ухилі 10 ‰ 80 км/год 90 км/год На площині 120 км/год 120 км/год ³⁾	Не більше 1000 ²⁾ 1300 ²⁾ Не більше 1200 ²⁾ 1500 ²⁾ Не нормується Не нормується	680 809 739 955 1251 1151	±1,5 ±1,5 ±1,5 ±1,5 ±1,5 ±1,5

¹⁾ – у перерахуванні на поїзд довжиною 200 осей.
²⁾ – гальмівний шлях не повинен перевищувати наведених величин (відстані від переносних червоних сигналів і від місця раптово виниклої перешкоди до першої петарди на перегоні, з керівним спуском до 6 ‰ і до 10 ‰)
³⁾ – гальмівний шлях одного вагона.

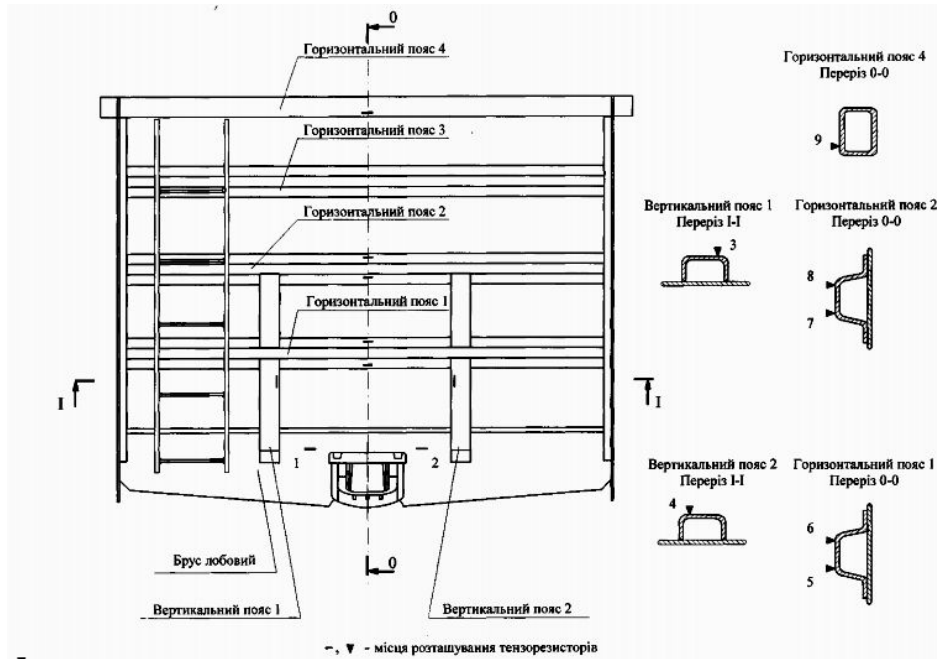


Рис. 4. Схема розміщення перерізів та розташування тензорезисторів на елементах торцевої стіни напіввагонів

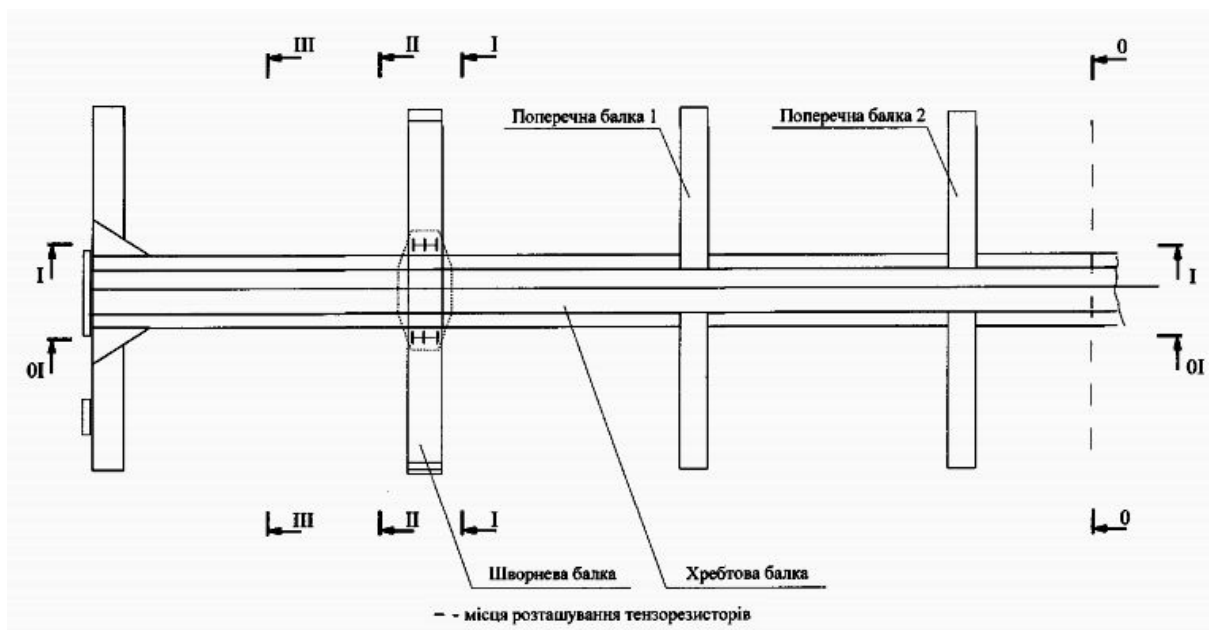


Рис. 5. Схема розміщення перерізів та розташування тензорезисторів на елементах рами напіввагонів

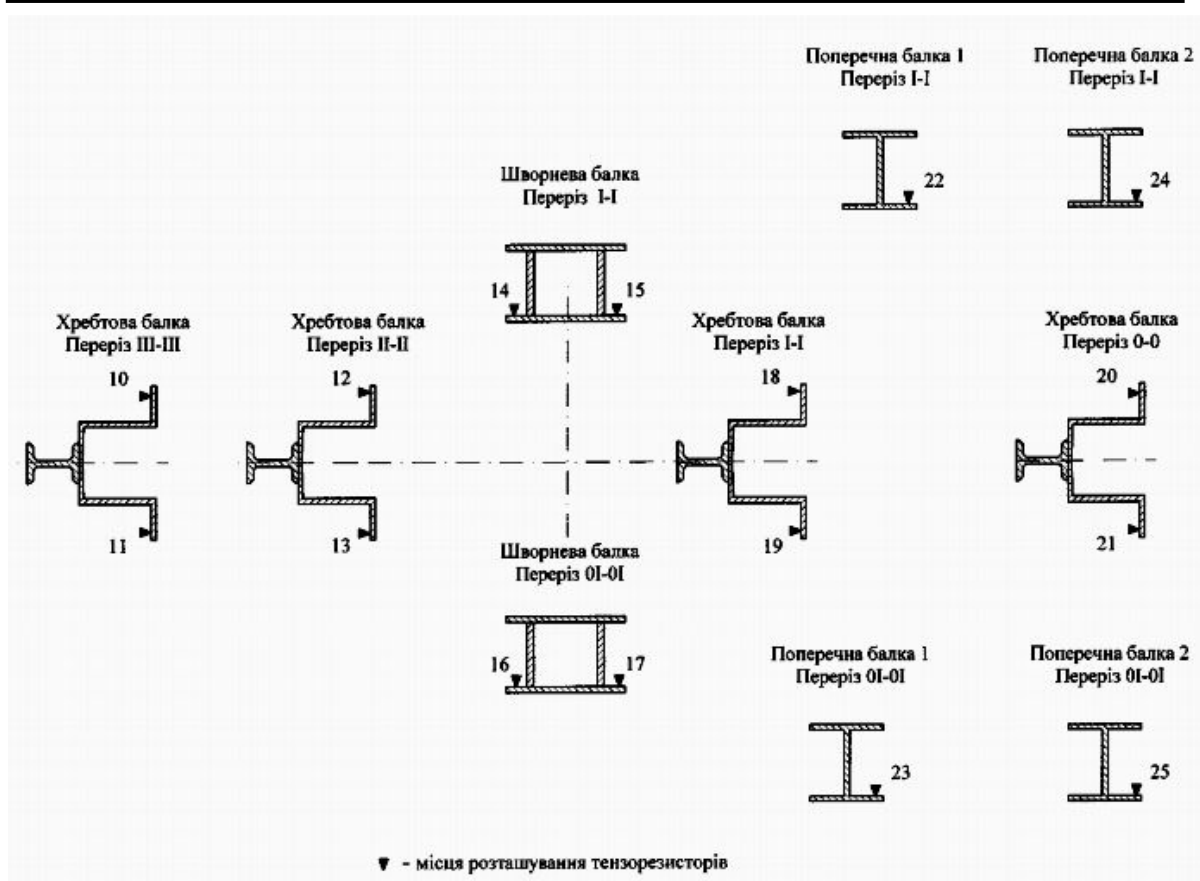


Рис. 6. Схема розташування тензорезисторів на елементах рами напіввагонів

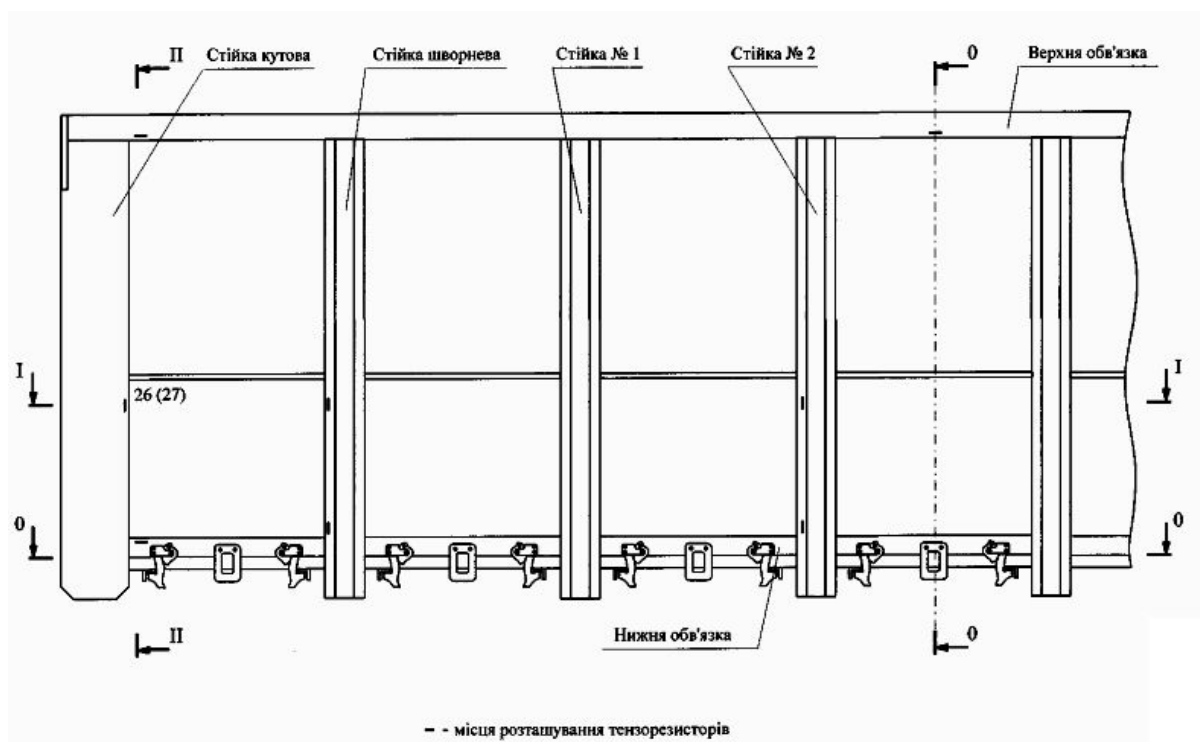


Рис. 7. Схема розміщення перерізів та розташування тензорезисторів на елементах бокової стіни напіввагонів

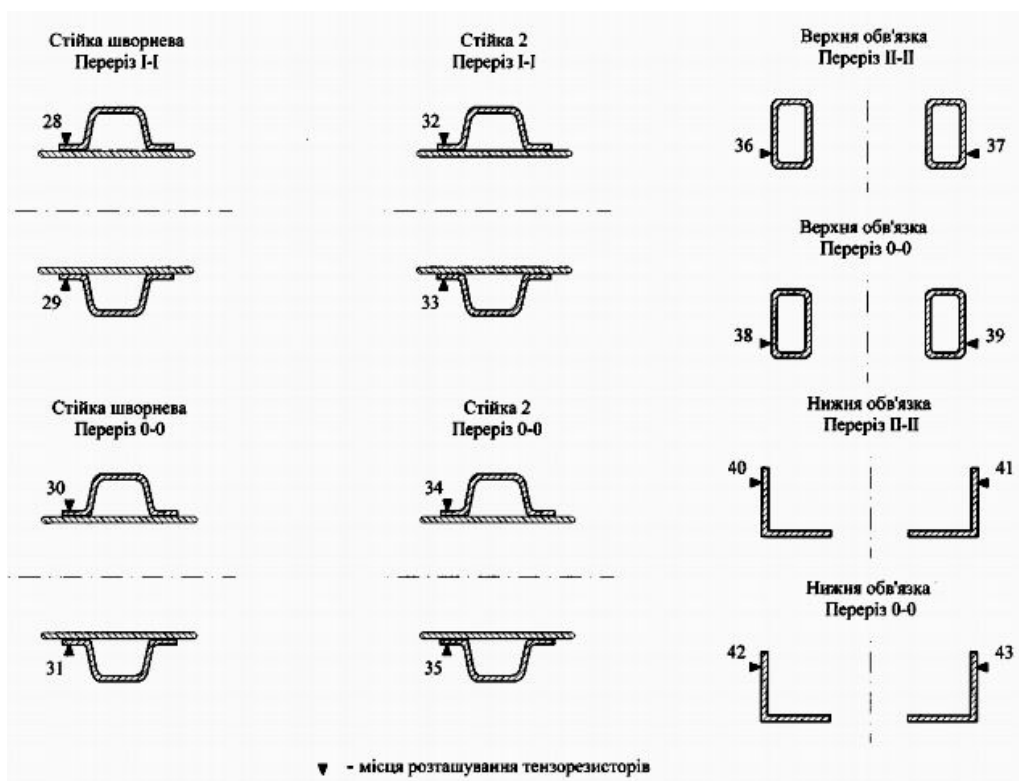


Рис. 8. Схема розташування тензорезисторів на елементах бокової стіни напіввагонів

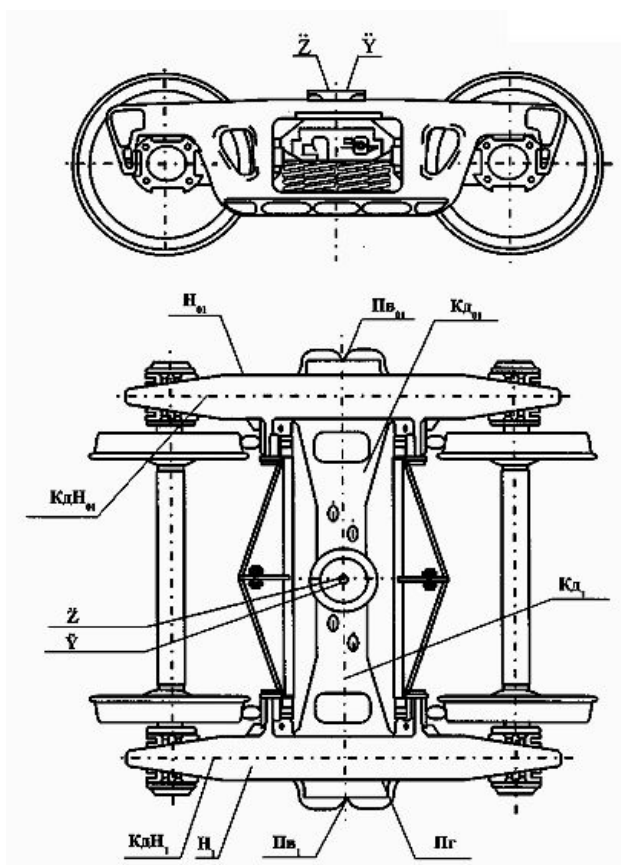


Рис. 9. Схема розташування приладів, вимірювальних схем на елементах візка напіввагону

Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції напіввагону від навантажень по I розрахунковому режиму

Контрольована характеристика (параметр)	Одиниці вимірювання	Нормативна документація, що містить значення, вимогу до параметру	Значення показника						Примітка
			За документацією		Фактичне				
			параметр	відхилення, % (допуск)	З урахування розтягування 2,0 МН		З урахуванням стиснення -2,5 МН		
					параметр	похибка вимірювання, %	параметр	похибка вимірювання, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хребтова балка, пер. 0-0, т. 235	МПа	п.2.5 табл. 2.2 “Норм – 83” [4]	310,5	10	124,7	3,25	-52,8	3,25	
Хребтова балка, пер. 0-0, т. 430	МПа		310,5	10	109,8	3,25	-89,9	3,25	
Хребтова балка, пер. I-I, т. 214	МПа		310,5	10	97,8	3,25	-129,3	3,25	
Хребтова балка, пер. I-I, т. 222	МПа		310,5	10	74,1	3,25	-203,7	3,25	
Шворнева балка, пер. IV-IV, т. 210	МПа		310,5	10	-129,7	3,25	66,1	3,25	
Шворнева балка, пер. IV-IV, т. 212	МПа		310,5	10	42,7	3,25	-181,7	3,25	
Шворнева балка, пер. 0IV-0IV, т. 223	МПа		310,5	10	-129,2	3,25	73,6	3,25	
Шворнева балка, пер. 0IV-0IV, т. 226	МПа		310,5	10	56,4	3,25	-163,7	3,25	
Нижня обв'язка, пер. 0-0, т. 232	МПа		327,8	10	-5,4	3,25	-148,6	3,25	
Нижня обв'язка, пер. 0-0, т. 433	МПа		327,8	10	-0,5	3,25	-154,3	3,25	

Таблиця 4

Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції напіввагону від навантажень по III розрахунковому режиму

Контрольована характеристика (параметр)	Одиниці вимірювання	Нормативна документація, що містить значення, вимогу до параметру	Значення показника						Примітка
			За документацією		Фактичне				
			параметр	відхилення, % (допуск)	З урахування розтягування 1,0 МН		З урахуванням стиснення -1,0 МН		
					параметр	похибка вимірювання, %	параметр	похибка вимірювання, %	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Хребтова балка, пер. 0-0, т. 235	МПа	п.2.5 табл. 2.2 “Норм – 83” [4]	210	10	87,0	3,25	7,3	3,25	
Хребтова балка, пер. I-I, т. 222	МПа		210	10	10,0	3,25	-113,7	3,25	
Шворнева балка, пер. IV-IV, т. 210	МПа		210	10	-88,2	3,25	-1,7	3,25	
Шворнева балка, пер. IV-IV, т. 212	МПа		210	10	2,5	3,25	-106,3	3,25	
Шворнева балка, пер. 0IV-0IV, т. 223	МПа		210	10	-86,0	3,25	3,6	3,25	
Шворнева балка, пер. 0IV-0IV, т. 226	МПа		210	10	5,5	3,25	-92,8	3,25	
Нижня обв'язка, пер. 0-0, т. 232	МПа		220	10	-40,5	3,25	-104,3	3,25	
Нижня обв'язка, пер. 0-0, т. 433	МПа		220	10	-38,0	3,25	-106,5	3,25	
Поперечна балка 2, пер. IV-IV, т. 435	МПа		220	10	-69,8	3,25	-81,5	3,25	

Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції напіввагону, які виникають при підйомах в умовах ремонту та обслуговування

Контрольована характеристика (параметр)	Одиниці вимірювання	Нормативна документація, що містить значення, вимогу до параметру	Значення показателя						Примітка
			За документацією		Фактичне				
			параметр	відхилення, % (допуск)	параметр			похибка вимірювання, %	
					σ^1	σ^2	σ^3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хребтова балка, пер. 0-0, т. 235	МПа	п.2.5 табл.2.2 "Норм – 83" [4]	310,5	10	43,4	67,4	15,5	3,25	
Хребтова балка, пер. I-I, т. 214	МПа		310,5	10	12,0	51,9	24,4	3,25	
Хребтова балка, пер. II-II, т. 227	МПа		310,5	10	8,5	50,0	17,4	3,25	
Шворнева балка, пер. IV-IV, т. 210	МПа		310,5	10	42,2	44,5	22,9	3,25	
Шворнева балка, пер. IV-IV, т. 212	МПа		310,5	10	7,4	6,2	34,3	3,25	
Верхня обв'язка, пер. I-I, т. 211	МПа		327,8	10	-20,9	-90,6	18,6	3,25	
Верхня обв'язка, пер. I-I, т. 220	МПа		327,8	10	19,8	89,5	0,0	3,25	
Нижня обв'язка, пер. 0-0, т. 232	МПа		327,8	10	-39,6	-17,6	87,3	3,25	
Поперечна балка 1, пер. IV-IV, т. 432	МПа		327,8	10	35,6	42,2	6,8	3,25	
Поперечна балка 1, пер. 0IV-0IV, т. 234	МПа		327,8	10	35,6	42,2	7,9	3,25	
Поперечна балка 2, пер. IV-IV, т. 435	МПа		327,8	10	46,9	55,4	3,9	3,25	
Стійка 2, пер. III-III т. 434	МПа		327,8	10	7,7	17,8	84,1	3,25	

¹⁾ Сумарні напруження від власної маси кузова та від підйому порожнього кузова під кінці шворневої балки по діагоналі вагону
²⁾ Сумарні напруження від маси бруто кузова та від підйому завантаженого кузова під один кінець шворневої балки
³⁾ Сумарні напруження від маси бруто кузова та від підйому завантаженого кузова під два кінця шворневої балки

Нижче представлені отримані основні залежності характеристик вагону від змінних параметрів у вигляді графіків та гістограм. Також далі наведено таблицю з максимальними сумарними напруженнями в елементах конструкції напіввагону у режимі співударяння

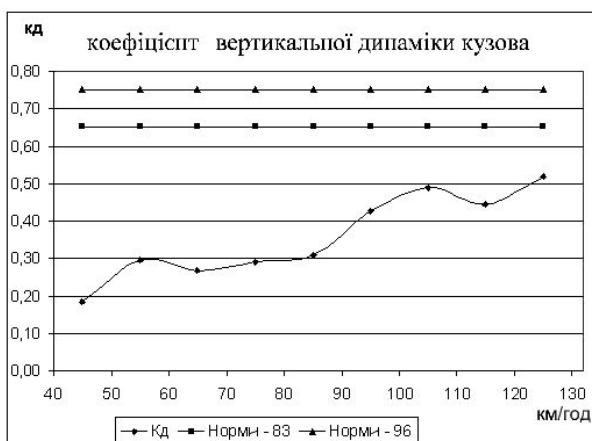


Рис. 10. Графік залежності коефіцієнта вертикальної динаміки кузова від швидкості руху напіввагону у порожньому режимі з оцінюванням відповідності нормативним критеріям

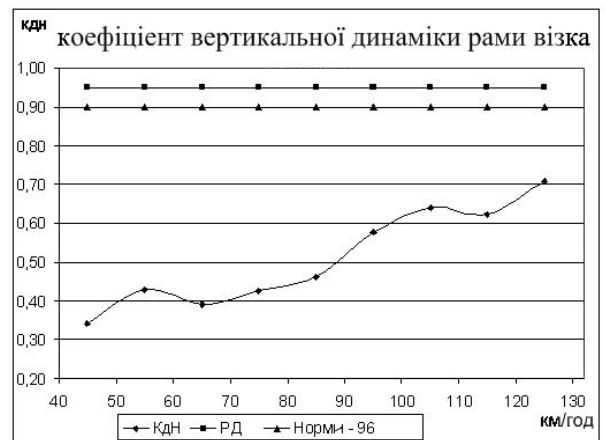


Рис. 11. Графік залежності коефіцієнта вертикальної динаміки рами візка від швидкості руху напіввагону у порожньому режимі з оцінюванням відповідності нормативним критеріям

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

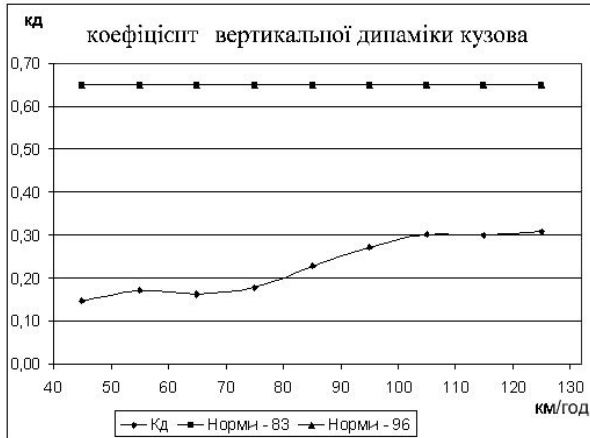


Рис. 12. Графік залежності коефіцієнта вертикальної динаміки кузова від швидкості руху напіввагону у завантаженому режимі з оцінюванням відповідності нормативним критеріям

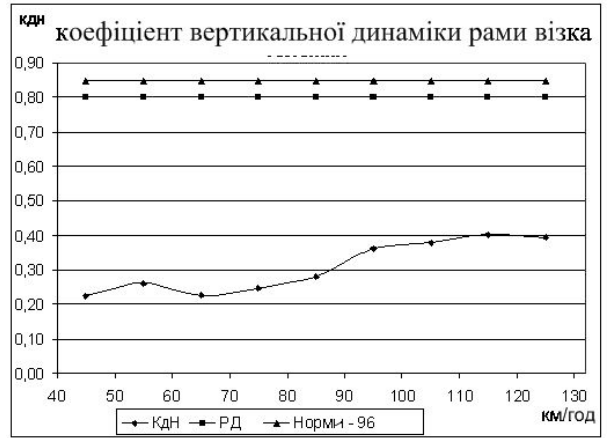


Рис. 13. Графік залежності коефіцієнта вертикальної динаміки рами візка від швидкості руху напіввагону у завантаженому режимі з оцінюванням відповідності нормативним критеріям

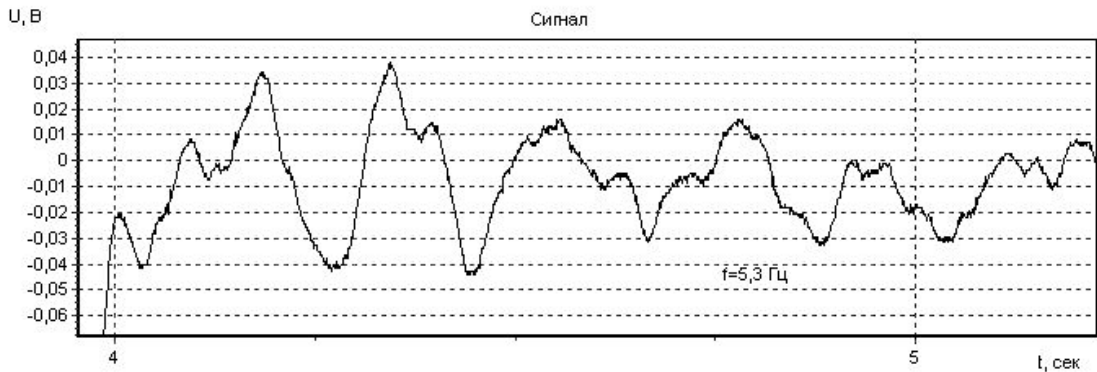


Рис. 14. Графік власної частоти коливань кузова напіввагону

Таблиця 6

Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції напіввагону у режимі співударання

Контрольована характеристика (параметр)	Одиниці вимірювання	Нормативна документація, що містить значення, вимогу до параметру	Значення параметра		
			за нормативною документацією	максимальні сумарні напруження у режимі співударання	
1	2	3	4	5	6
Хребтова балка, пер. I-I, т. 222	МПа	[4, 5]	345	-160,7	-252,1
Хребтова балка, пер. II-II, т. 227	МПа		345	-244,4	-225,3
Хребтова балка, пер. III-III, т. 218	МПа		345	-163,6	-163,2
Шворнева балка, пер. IV-IV, т. 212	МПа		345	-251,2	-199,4
Шворнева балка, пер.0IV-0IV, т. 226	МПа		345	-275,6	-201,5

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

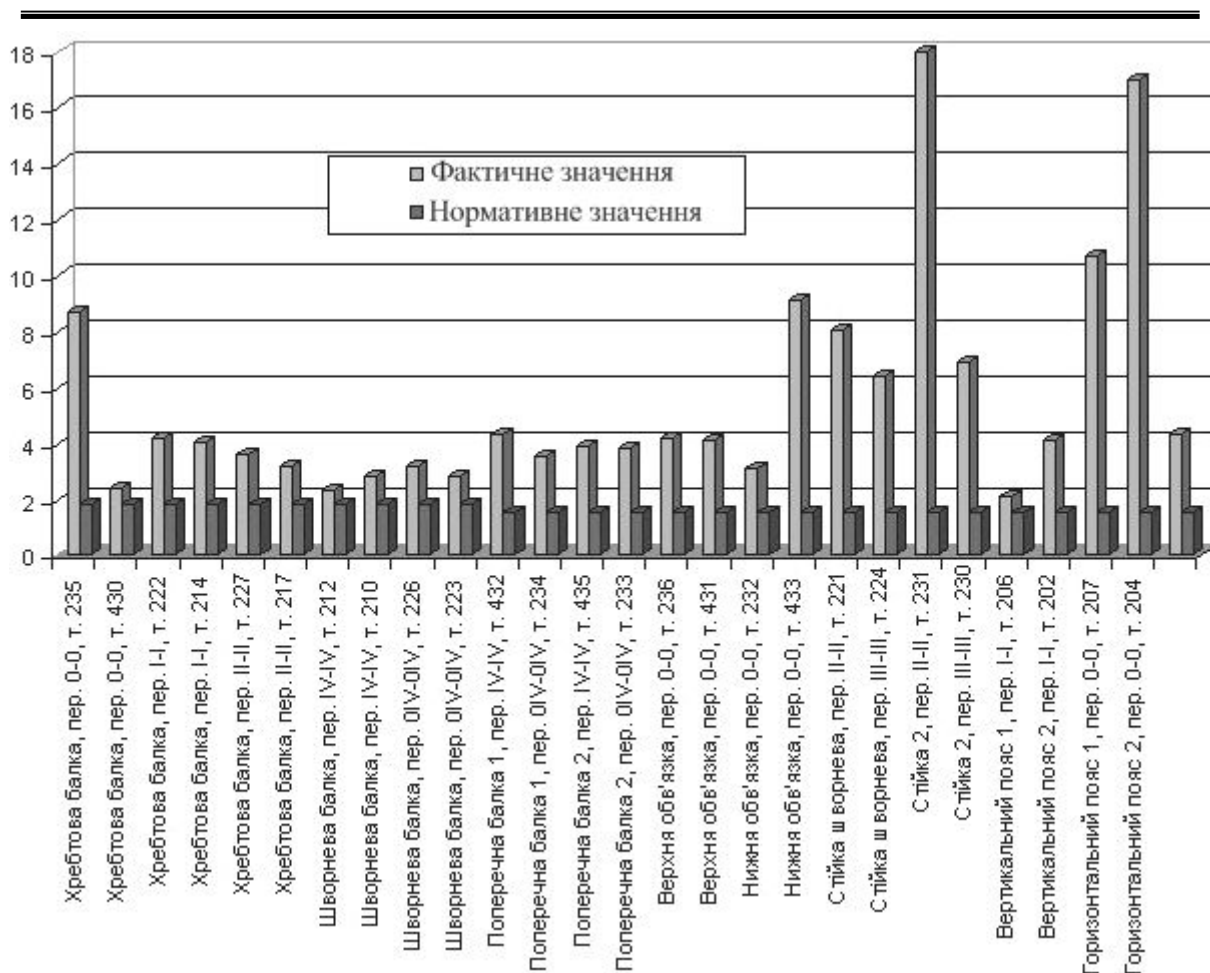


Рис. 15. Гістограма залежності мінімальних значень коефіцієнта запасу опору втомі напіввагону з оцінюванням відповідності нормативним показникам

По результатам натурних випробувань напіввагонів виробництва ПрАТ «ДМЗ» можна зробити наступні висновки:

- напіввагони по своїм габаритним розмірам та розмірам елементів забезпечують безпеку роботи обслуговуючого персоналу;

- у конструкції, що досліджувалась при статичних випробуваннях та випробуваннях у режимі співударення деформації по всім розрахунковим режимах не перевищують допустимих значень;

- ходові динамічні показники задовольняють нормативним вимогам та забезпечують допустиму якість ходу вагону в діапазоні експлуатаційних швидкостей до 120 км/год з запасом в порожньому та завантаженому режимах;

- у всіх досліджуваних зонах конструкції показники коефіцієнту запасу

втомної міцності напіввагонів задовольняють нормативним вимогам та забезпечують експлуатацію вагону на протязі 22 років в усьому діапазоні конструкційних швидкостей;

- гальмівна система задовольняє вимогам діючої нормативної документації.

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання

На основі проведеного комплексу натурних випробувань можна сказати, що розроблені конструкції напіввагонів моделей 12-9904 та 12-9904-01 відповідають всім необхідним вимогам до вантажних вагонів. Результати виконаних натурних випробувань підтверджують правильність та працездатність запропонованих при проектуванні та реалізованих при виробництві те-

хнічних рішень, вони забезпечують необхідні показники міцності та експлуатаційної надійності цих вагонів.

Результати експерименту та комп'ютерного моделювання суттєво не відрізняються, тому розроблені скінчено-елементні моделі можливо використовувати при проведенні подальших модернізацій напіввагонів 12-9904 (-01) чи при проведенні аналогічних досліджень для інших моделей напіввагонів схожих конструкцій.

Список літератури:

1. Полувагоны модели 12-9904 и модели 12-9904-01 Напіввагоны модели 12-9904 та моделі 12-9904-01 Технические условия ТУ У 35.2-30939178-011:2011 / разработано главн. констр. – А.В. Фомин // – (зарегистрированы 28.10.2011г. в ГП «Донецкстандартметрология») – 45с.

2. Фомін, О.В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія/ О.В.Фомін. – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013 – 251с.

3. Фомін, О.В. Впровадження нових рішень при проектуванні сучасних залізничних напіввагонів [Текст]/ О.В. Фомін, В.В. Фомін, К.О. Рябко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків. – 54'2011 С.26-30

4. Нормы для расчёта и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.:ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. – 260 с.

5. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 354с.

6. Отчет о научно-исследовательской работе «Исследование прочностных, тормозных, динамических качеств, характеристик полувагона модели 12-9904» (заключительный)» Министерство промышленности Украины Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагонострое-

ния» (ГП «УкрНИИВ»).Кременчуг 2011г. 178с.

Spysok Literatury:

1. Poluvagoni modeli 12-9904 i modeli 12-9904-01 Napivvagoni modeli 12-9904 ta modeli 12-9904-01 Tehnicheskie uslovija TU U 35.2-30939178-011:2011 / razrobotano glavn. konstr.. – A.V. Fomin // – (zaregistririvani 28.10.2011g. v GP «Doneckstandartmetrologija») – 45p.

2. Fomin, O.V. (2013) *Optimizacijne proektuvannja elementiv kuzoviv napivvagoniv ta organizacija ih virobnictva* [Optimization planning of elements baskets of railway freight gondola and organization of their production]: monograph ISBN 978-966-8707-38-4 //Donetsk:DonIZT UkrDAZT. 251p. [in Ukrainian]

3. Fomin, O.V. Vprovadgenja novih rishen pri proektuvanni suchasnih zaliznichnih napivvagoniv [Tekst]/ O.V. Fomin, V.V. Fomin, K.O. Rjabko // Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI». – Kharkiv. – 54'2011 P.26-30

4. Normi rascheta i proektirovania vagonov geleznih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnih). М.: GosNIIV-VNIIGT, 1983. – 260 p

5. Normi rascheta i proektirovania vagonov geleznih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnih). М.: GosNIIV-VNIIGT, 1996. – 354 p.

6. Otchet o nauchno-issledovatelskoy rabote «Issledovanie prochnostnih, tormoznih, dinamicheskikh kachestv, harakteristik poluvagona modeli 12-9904» (zakluchitelnyy)» Ministerstvo promishlennoy politiki Ukrain Gosudarstvennoe predpriyatie «Ukrainskiy nauchno-issledovatelskiy institute vagonostroenija» (GP «UkrNIIV»).Kremenchug 2011p. 178p.

Анотації:

В статті представлені особливості та результати проведених науково-дослідних експериментальних робіт з визначення міцностних, гальмових, динамічних якостей та характеристик напіввагонів виробництва ПрАТ «ДМЗ» моделей

12-9904 та 12-9904-01. Отримані дані є базовими для подальшого удосконалення конструкції напіввагонів, що розглядається.

Ключові слова: напіввагон, експериментальні дослідження.

В статті представлені особливості і результати проведених науково-дослідницьких експериментальних робіт по визначенню прочностних, тормозних, динамічних якостей і характеристик полувагонів виробництва ПрАО «ДМЗ», моделей 12-9904 і 12-9904-01. Отримані дані є базовими для подальшого удосконалення конструкції полувагонів, яка розглядається.

Ключевые слова: полувагон, экспериментальные исследования.

In the article features and results of the conducted research experimental works are presented on determination of prochnostnykh, brake, dynamic qualities and descriptions of freight gondolas production of PISK «DONETSKSTEEL» – IRON AND STEEL WORKS», models 12-9904 and 12-9904-01. Findings are base for the subsequent improvement construction of freight gondolas, which is examined.

Keywords: freight gondolas, experimental researches

УДК 621.43

ГРИЦУК І.В., к.т.н., доцент (ДонІЗТ)

Особливості дослідження системи прогріву транспортного двигуна з використанням теплового акумулятора з фазовим переходом

Gritsuk I., Ph.D. of Technical Sciences, Associated Professor (DonIRT)

Features warm-up study of motor vehicle using a thermal battery with phase transition

Вступ

Пускові властивості транспортних, а саме автомобільних двигунів (АД) транспортних засобів (ТЗ) оцінюються граничною температурою надійного пуску і часом за який вони будуть спроможні приймати навантаження. При низьких температурах оточуючого середовища пуск АД ТЗ ускладнюється, надійність його, при виконанні пуску, істотно знижується, а час підготовки до прийняття навантаження зростає. Тому на практиці розділяють роботу АД при здійсненні передпускової підготовки, пуску і післяпускового прогріву в умовах низьких температур. При цьому в умовах експлуатації ТЗ з АД виділяють відповідні режими: прогрів в режимі холостого ходу, прогрів в русі, приймання навантаження, тощо.

Аналіз досліджень і публікацій

В ДонІЗТ УкрДАЗТ і Інституті газу НАН України спільно с НТУ були проведені експериментальні та розрахункові дослідження системи комбінованого прогріву дизеля К-461М1 (6ЧН 12/14) і газового двигуна К-159М2 (6Ч 12/14) [1, 2]. Вони показали, що для полегшення пуску і швидкого прогріву охолоджуючої рідини (ОР) двигуна після пуску доцільно використовувати розроблену систему комбінованого прогріву ДВЗ [3]. Для цього було розроблено тепловий акумулятор (ТА) з теплоакмулюючим матеріалом, що має фазовий перехід [4], який дозволяє накопичувати теплову енергію відпрацьованих газів. Кількість теплоти, яку накопичує тепловий акумулятор, відповідає необхідній кількості теплової енергії, що потрібна для поперед-