

УДК 629.463.027.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2019-131-2-41-50



*Магістр
Кирильчук О.А.*



*Магістр
Шапошник В. Ю.*

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ЯКОСТЕЙ МОДЕРНІЗОВАНИХ ФРИКЦІЙНИХ КЛИНІВ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Ключові слова: вантажний вагон, візок, фрикційний клин, метод скінченних елементів, індикаторний контроль.

Вступ

Для гасіння коливань обресорених частин вагона та забезпечення необхідної плавності руху застосовуються гасники коливань. У трьохелементних візках вантажних вагонів великого поширення набули клиноподібні фрикційні гасники коливань, робота яких базується на виникненні сил тертя між деталями під час їхнього взаємного переміщення. Сила тертя, що виникає при переміщенні клина, залежить від нормального тиску між поверхнями, що труться та від коефіцієнта тертя цих поверхонь [9, 15].

Актуальність теми дослідження підтверджується необхідністю оцінки впливу індикаторів контролю граничного стану на міцність клинів фрикційних гасників коливань трьохелементних візків. Також потребує вирішення питання дефіциту фрикційних клинів при планових ремонтах візків та зниження вартості і часу відновлення їх геометрич-

них розмірів, із збереженням заданих властивостей матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За останні роки впроваджено велику кількість нових моделей візків вантажних вагонів [5, 6, 17, 22]. Багато нових візків мають фрикційні клини, які суттєво відрізняються від типового клина візка моделі 18-100 (рис. 1). Фрикційні клини поділяються:

- за виконанням - на суцільні та складені;
- за формою похилої поверхні - з плоскою похилою поверхнею, з просторовою похилою поверхнею;

- за наявністю зносостійких елементів - зі зносостійкими елементами на вертикальній поверхні та без зносостійких елементів;

- за геометричними розмірами (порівняно з типовим клином візка 18-100) - зі зміною кутів нахилу робочих поверхонь, зі збільшеною шириною похилої поверхні, зі збільшеною висотою вертикальної поверхні та інші;

- за матеріалом - на сталеві (сталь марок 20Л; 25Л; 20ГЛ; К20 та інші) і чавунні (чавун марок СЧ30, СЧ 35; ВЧ 60 та інші);

- за методом виготовлення - на литі або зварні;

- за використанням технологій термічної обробки, поверхневого зміцнення;

- за наявністю індикаторів контролю граничного стану - з індикатором зносу вертикальної поверхні, з індикатором завищення клина, без індикаторів.

Вдосконаленню конструкцій, матеріалів і їхньому впливу на міцність клина та динамічні показники візків присвячено праці [4, 16, 18]. Застосування сучасних технологій термічної обробки, поверхневого зміцнення дозволяють збільшити міжремонтні пробіги фрикційних клинів до 250 – 350 тис.км, а застосування уретанової прокладки – до 500 – 800 тис. км [3, 7, 10]. Однак, данні досліджень свідчать, що 19,6 % фрикційних клинів у експлуатації не доходять до міжремонтного пробігу [13].

Більшість сучасних конструкцій фрикційних клинів об'єднує наявність індикаторів контролю їх граничного стану (далі – індикаторів) [1]. Аналіз проведених досліджень показав, що при оцінці міцності клинів не враховується вплив індикаторів [13, 16].

Відновлення геометричних розмірів фрикційних клинів проводиться наплавленням з

подальшою механічною обробкою, що вимагає виконання ряду вимог: до високої кваліфікації зварювальників, до якості наплавочних матеріалів, до механічних властивостей наплавлених поверхонь, до якості механічної обробки та інших. Крім того, обмежується вибір у поєднанні основного металу та металу який наплавляється.

Існуюча проблема дефіциту фрикційних клинів при проведенні планових ремонтів вагонів на сьогоднішній день вирішується в основному, за рахунок порушення технології їх ремонту [11].

Визначення мети та задачі дослідження. Метою цієї роботи є визначення впливу індикаторів контролю граничного стану клину на його міцність, а також теоретична оцінка

конструктивної міцності модернізованого клина, запропонованого авторами.

Матеріали та методи досліджень. Розглянемо розрахункову схему фрикційного клинового гасника коливань (рис. 2). Відповідно до неї на фрикційний клин діють сили:

- P – з боку підклинової дворядної пружини;
- N_1 – взаємодії клина та надресорної балки;
- N_2 – взаємодії клина та фрикційної планки;
- F_1, F_2 – тертя між поверхнями, які труться.

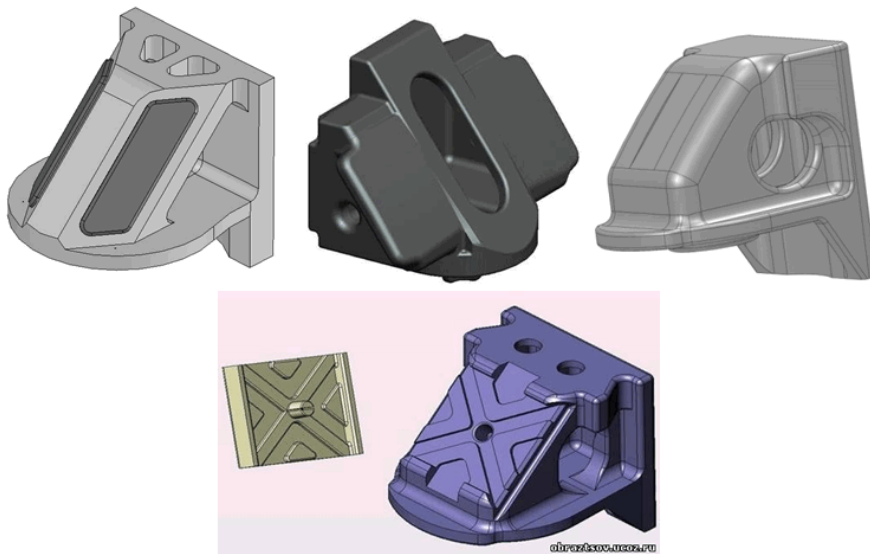


Рис. 1 – Варіанти виконання фрикційних клинів візків вантажних вагонів

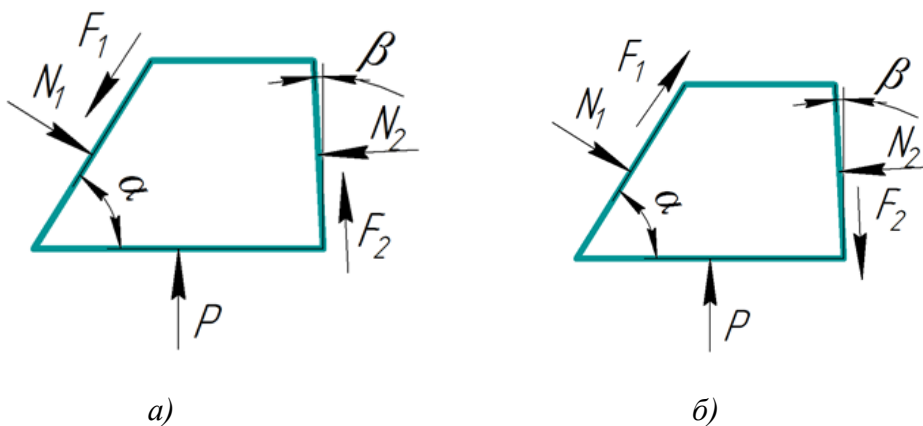


Рис. 2 – Розрахункова схема сил, що діють на фрикційний клин гасника коливань вантажного візка [9]: а) – при русі вниз; б) – при русі вгору

Умова рівноваги фрикційного клина при дії на нього сил буде мати вигляд:

$$\begin{cases} N_1 \sin \alpha - F_1 \cos \alpha - N_2 \cos \beta - F_2 \sin \beta = 0; \\ P - N_1 \cos \alpha - F_1 \sin \alpha - N_2 \sin \beta + F_2 \cos \beta = 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} N_1 \sin \alpha + F_1 \cos \alpha - N_2 \cos \beta + F_2 \sin \beta = 0; \\ P - N_1 \cos \alpha + F_1 \sin \alpha - N_2 \sin \beta - F_2 \cos \beta = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де: α , β – кути нахилу, відповідно, похилої та вертикальної поверхонь фрикційного клина.

$$F_1 = \mu N_1; F_2 = \mu N_2; \quad (3)$$

де: μ – коефіцієнт тертя.

Виконаємо розрахунок для двох варіантів навантаження, які відповідають I та III розрахунковим режимам [8]. Зусилля в підклинових пружинах отримані для розрахунку, здійсненого відповідно до методики, наведеної у стандарті з розрахунків та проектування вантажних вагонів [8]. Розрахунок проводився для вантажного вагона масою бруто 100 т та масою візка 4,9 т, комплект ресорного підвищення якого складається з дев'яти дво-

рядних пружин. Отримані зусилля становлять: $P_I = 47,2$ кН, та $P_{III} = 30,5$ кН для першого та третього розрахункового режиму, відповідно.

Як базовий варіант конструктивного виконання клина прийнято фрикційний клин візка моделі ZK-1 та його аналогів [2]. Твердотільне моделювання виконане в системі автоматизованого проектування *SolidWorks*. Розрахунок напружено-деформованого стану зроблено в програмному комплексі *FEMAP*. Змодельована базова геометрична 3D-модель фрикційного клина була взята за основу для розміщення на ній двох варіантів виконання індикаторів граничного зносу вертикальної поверхні (рис. 3). Фрикційний клин являє собою литу деталь з габаритними розмірами 180x136x163 мм, кутами нахилу похилої та вертикальної поверхонь фрикційного клина, відповідно 58° та 2° та шириною індикаторної канавки 6,4 мм. Матеріал фрикційного клина – сталь марки 20Л, механічні властивості якої наведені в стандарті [8, табл. 12.1]: допустимі напруження становлять $[\sigma]_I = 184$ МПа для I розрахункового режиму та $[\sigma]_{III} = 120$ МПа для III розрахункового режиму.

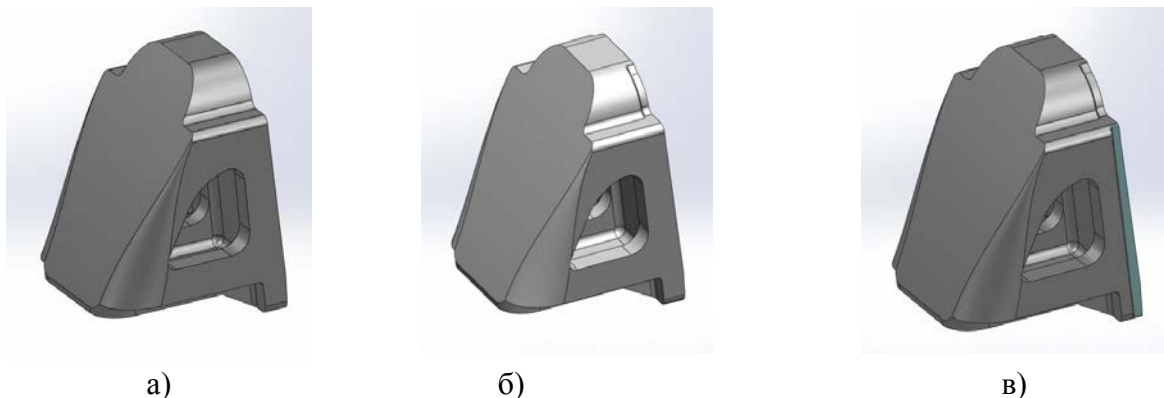


Рис. 3 – 3D-моделі фрикційних клинів вантажного візка, де:

а – базовий варіант клина без індикаторів; б – варіант виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; в – варіант виконання індикатора вздовж усієї вертикальної поверхні клина

Головним методом теоретичної оцінки міцності конструкції є розрахунок методом скінчених елементів [12, 19, 20]. Геометричні 3D-моделі фрикційних клинів були розбиті на скінченні елементи з розміром ребра 5 мм – 10-вузлові тетраедри, в отриманій сітці 140 тис. елементів та 156 тис. вузлів. Під час розрахунку фрикційного клина на міцність до похилої поверхні прикладалася рівномірно розподілена сила N_1 , орієнтована по нормалі до поверхні в бік центра ваги фрикційного клина і сила тертя F_1 , а до вертикальної поверхні – сила тертя F_2 (рис. 4, а).

Нижня поверхня клина має обмеження переміщення по осі Y (рис. 4, б). Вертикальна поверхня має обмеження переміщення по осі Z (рис. 4, в). Точка на боковій поверхні клина має обмеження переміщення по осі X (рис. 4, г).

Основна частина дослідження. Значення еквівалентних напружень, які виникають у фрикційних клинах при дії навантажень за I та III розрахунковими режимами, наведені на рисунку 5. Результати розрахунків зведено в таблицю 1.

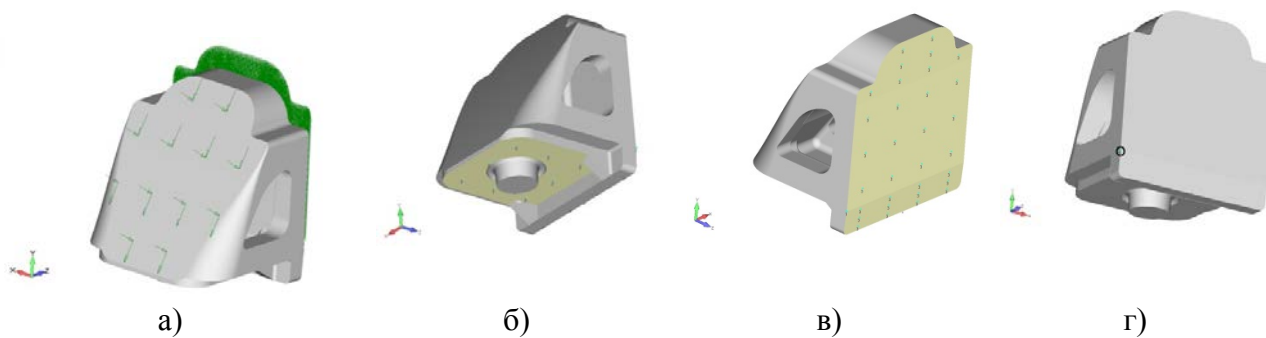


Рис. 4 – Схема закріплення та прикладання навантажень до клина вантажного візка, де: а – рівномірно розподілені сили N_1 , F_1 та F_2 ; б – обмеження переміщення по осі Y ; в – обмеження переміщення по осі Z ; г – обмеження переміщення по осі X

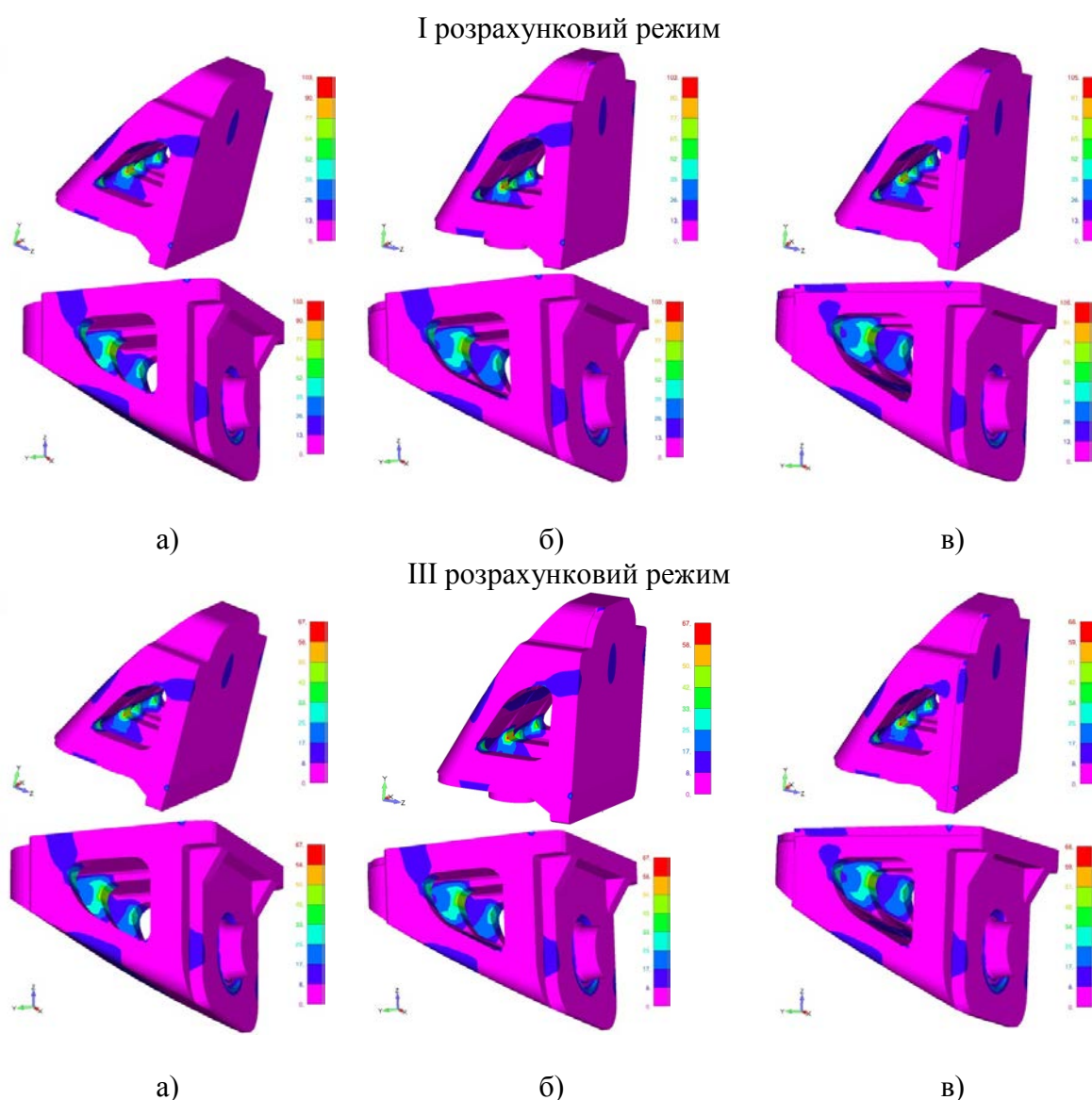


Рис. 5 – Розподіл еквівалентних напружень у фрикційних клинах за I та III розрахунковими режимами при дії зусиль за схемою навантаження рис.2а, де: а – базовий варіант клина без індикаторів; б – варіант виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; в – варіант виконання індикатора уздовж усієї вертикальної поверхні клина

Табл. 1 – Максимальні значення напружень у фрикційних клинах

I розрахунковий режим		
103/94 МПа	103/94 МПа	105/94 МПа
III розрахунковий режим		
67/61 МПа	67/61 МПа	68/61 МПа
а	б	в

Примітка: чисельник – при русі вниз, знаменник – при русі вгору; а – базовий варіант клина без індикаторів; б – варіант виконання індикатора у верхній частині вертикальної поверхні клина; в – варіант виконання індикатора уздовж усієї вертикальної поверхні клина

Максимальні напруження в конструкції фрикційного клина виникають при дії навантажень за I розрахунковим режимом та становлять 105 МПа, а за III – 94 МПа при дії зусиль за схемою рис.2 а. Отримані значення напружень не перевищують допустимих. Розміщення індикатора на фрикційному клині практично не впливає на розподіл та значення напружень. Максимальні напруження в клині при розміщенні індикатора збільшилися лише на 2 МПа.

Зношування фрикційного клина відбувається по вертикальній площині, яка працює в парі з фрикційною планкою, та по похилій площині, яка працює в парі з надресорною балкою. Знос обох цих площин відбувається нерівномірно, і більш інтенсивно зношується вертикальна поверхня. У результаті змінюється положення фрикційних клинів відносно надресорних балок. У разі завищення клина на 12 мм сила тертя гасника коливань зменшується на 30...35 % у завантаженого вагона, а в порожнього вагона відбувається повне розвантаження клина. Завищення клина при-

зводить до перерозподілу навантажень, які припадають на пружини, встановлені під клинами та під надресорною балкою, до збільшення напружень в елементах конструкції, а в порожнього вагона можливе випадіння підклинових пружин. У разі заниження клина на 12 мм відбувається збільшення сили тертя гасника у два рази, що може призвести до заклинювання та виключення з роботи ресорного підвішування [21].

Для зменшення зношування похилої поверхні клина застосовуються спеціальні зносостійкі накладки, найчастіше поліуретанові. Для зменшення зношування фрикційної планки застосовуються проміжні планки. У візку моделі 18-100, модернізованому за проектом С.14.01, типові фрикційні планки замінюються планками, які складаються з двох елементів: прикріпленої за допомогою заклепок до боковини візка нерухомої фрикційної планки товщиною 10 мм та рухомої контактної планки товщиною 6 мм, вільно розміщеної між нерухомою фрикційною планкою та фрикційним клином (рис. 6) [14, 16].

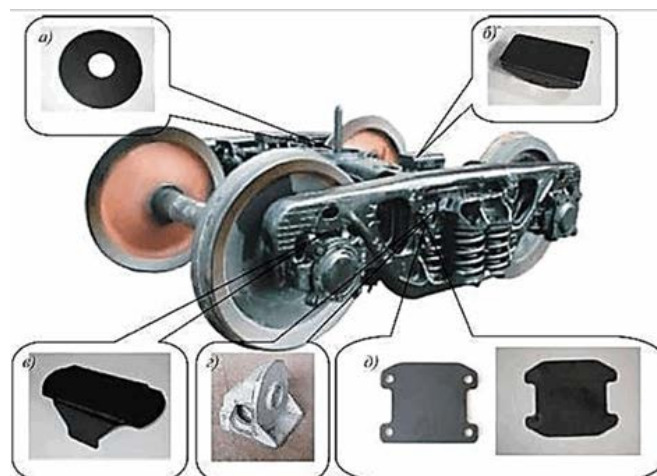


Рис. 6 – Модернізований візок моделі 18-100 за проектом С.14.01, де: а – зносостійка прокладка в підп'ятнику; б – зносостійкий ковпак ковзуна; в – зносостійка пластина на опорній поверхні буксового прорізу; г – чавунний клин; д – нерухома та рухома фрикційні планки

Описані варіанти модернізації дозволяють збільшити міжремонтний ресурс візка. Ресурс фрикційного гасника коливаний лімітує вертикальна поверхня клина. Якщо знос вертикальної стінки або похилої поверхні клина перевищує 3 мм, під час деповського ремонту повинне виконуватися наплавлення з подальшою механічною обробкою. Похилі та вертикальні площини фрикційних клинів підлягають наплавленню за умови, що залиш-

кова товщина стінок становить не менше ніж 5 мм [14].

Запропонований авторами клин (рис. 7) складається: з тіла фрикційного клина 1 з габаритними розмірами 180x126x163 мм, який на своїй вертикальній поверхні має чотири отвори 2 для встановлення змінної накладки 3. Завдяки бобишкам 4 змінної накладки 3 вона легко встановлюється та знімається з клина, тому за потреби може бути замінена в умовах експлуатації.

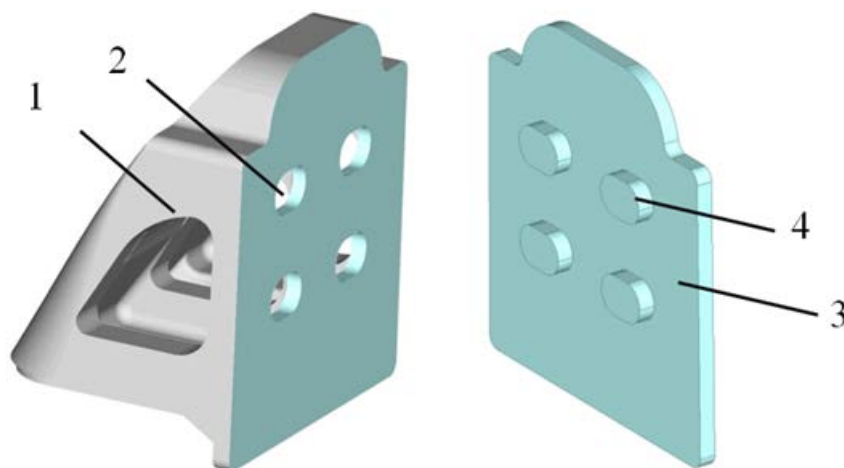


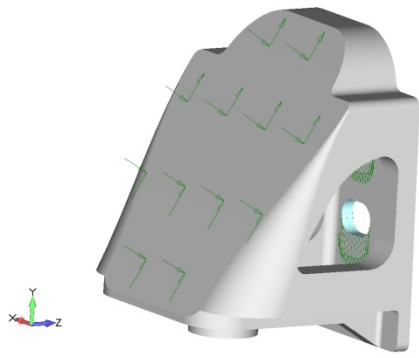
Рис. 7 – Запропонована конструкція клина зі змінною накладкою для вантажного візка, де: 1 – тіло клина; 2 – отвори для встановлення накладки; 3 – змінна накладка; 4 – фіксуючі бобишки змінної накладки

Оцінка міцності запропонованої конструкції фрикційного клина та змінної накладки виконана відповідно до методики, описаної вище в цій статті. Розрахунок виконано для двох варіантів змінної накладки: перший – повномірна накладка товщиною 10 мм, другий – знос накладки до товщини 2 мм. Розміри бобишок 30×20×8 мм. Матеріал фрикційного клина – сталь марки 20Л.

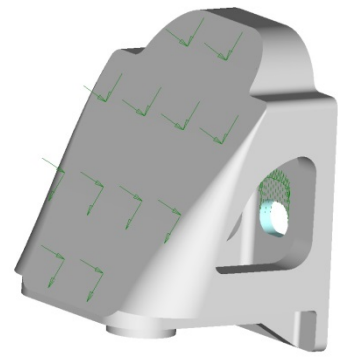
Геометричні 3D-моделі фрикційного клина та змінної накладки були розбиті на скінченні елементи з розміром ребра 5 мм – 10-вузлові тетраедри. В отриманій розрахунковій сітці тіла клина 89,5 тис. елементів та 136 тис. вузлів, у сітці змінної повномірної накладки 16 тис. елементів та 27,2 тис. вузлів, у сітці змінної зношеної накладки – 8,5 тис. елементів та 17 тис. вузлів. Закріплення та прикладання сил до елементів запропонованої конструкції клина наведено на рис.8.

Значення еквівалентних напружень, які виникають у тілі фрикційного клина та змінній накладці вантажного візка при дії навантажень за I та III розрахунковими режимами, наведено на рисунку 9. Результати розрахунків зведено в таблицю 2.

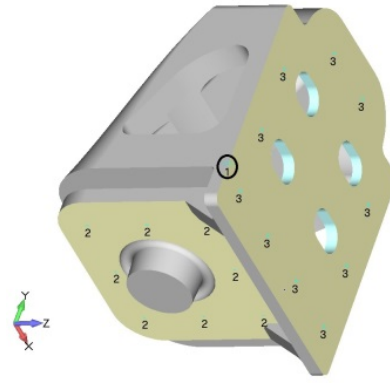
Максимальні напруження в конструкції запропонованого фрикційного клина, що виникають при дії навантажень за I та III розрахунковими режимами, не перевищують допустимих. Максимальні напруження в тілі фрикційного клина за I розрахунковим режимом становлять 104 МПа, а за III – 67 МПа, при дії зусиль за схемою рис.2 а. Максимальні напруження в повномірній змінній накладці, що виникають при дії навантажень за I розрахунковим режимом становлять 59 МПа, за III – 38 МПа, а в зношеній змінній накладці відповідно 110 МПа та 71 МПа, при дії зусиль за схемою рис.2 б.



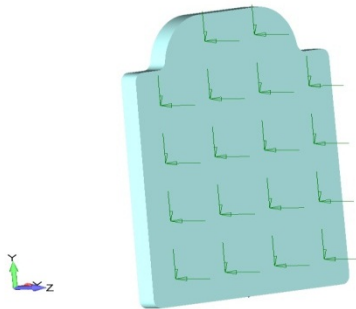
Прикладання навантажень N_1, F_1, F_2
(див. рис.2 б)



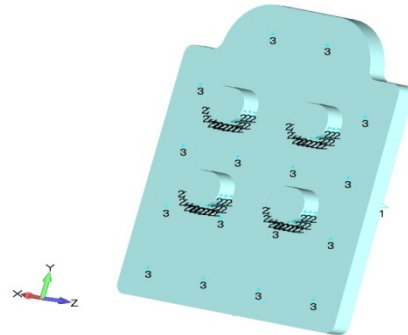
Прикладання навантажень N_1, F_1, F_2
(див. рис.2 а)



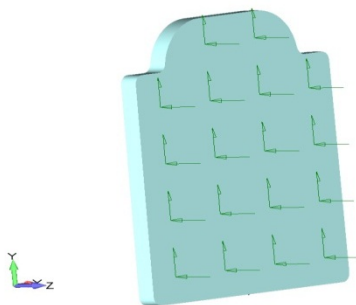
Закріплення
а)



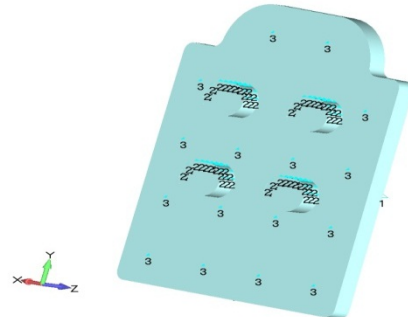
Прикладання навантажень N_2 та F_2
(див. рис.2 б)



Закріплення



Прикладання навантажень N_2 та F_2
(див. рис.2 а)



Закріплення

б)

Рис. 8– Схема закріплення та прикладання навантажень до запропонованого клина вантажного візка, де: а) – клин; б) – змінна накладка

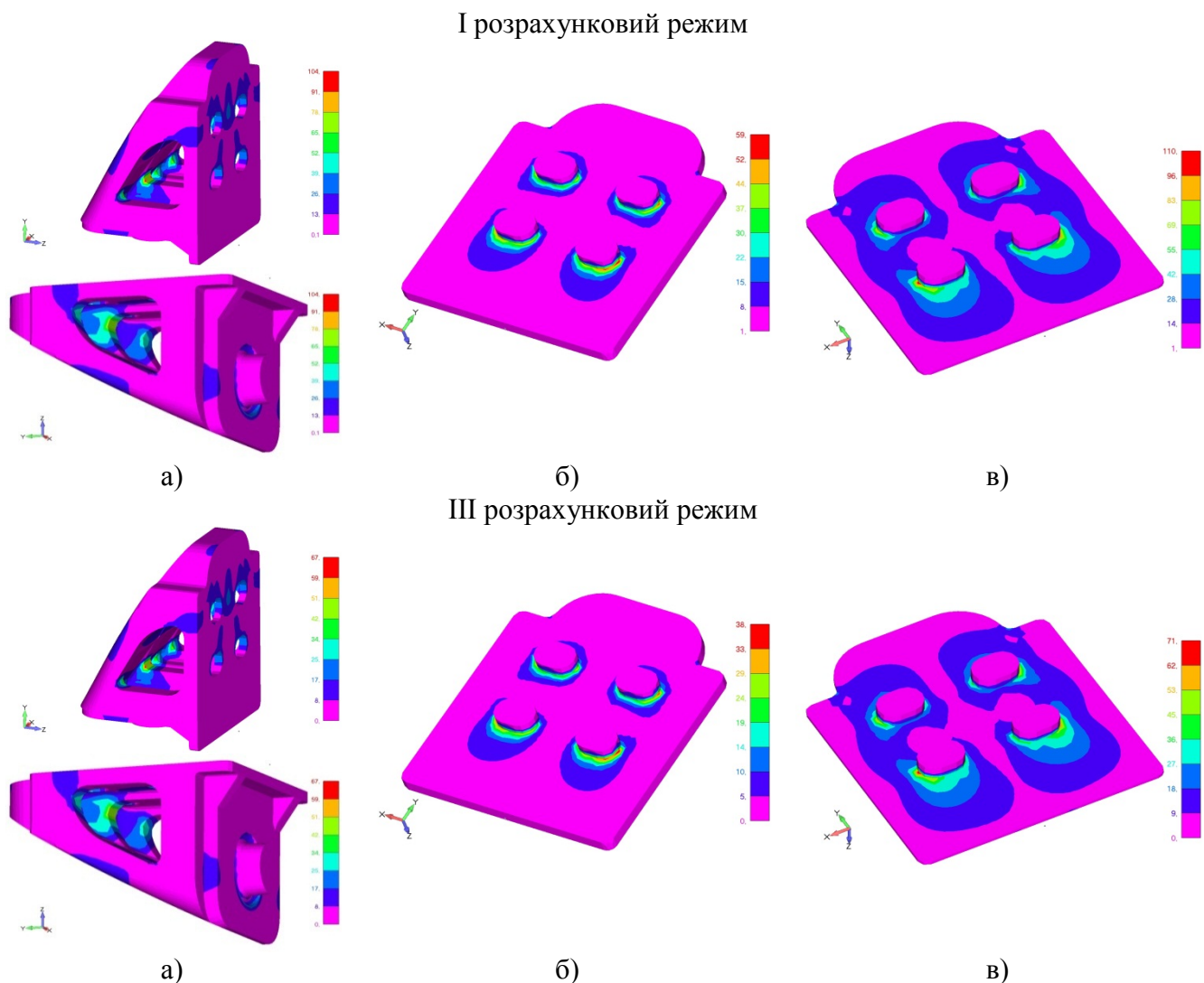


Рис. 9 – Розподіл еквівалентних напружень за I та III розрахунковими режимами, де: а – тіло фрикційного клина; б – повномірна змінна накладка; в – зношена змінна накладка (а – при дії зусиль за схемою навантаження рис.2 а; б, в – при дії зусиль за схемою навантаження рис.2 б)

Табл. 2 – Максимальні значення напружень у тілі фрикційного клина та змінній накладці вантажного візка

I розрахунковий режим		
104/95 МПа	45/59 МПа	87/110 МПа
III розрахунковий режим		
67/61 МПа	29/38 МПа	56/71 МПа
а	б	в

Примітка: чисельник – при русі вниз, знаменник – при русі вгору; а – тіло фрикційного клина; б – повномірна змінна накладка; в – зношена змінна накладка

Висновки

Аналіз впливу на міцність клина двох варіантів виконання індикатора контролю граничного стану показав, що розміщення індикатора на фрикційному клині практично не впливає на розподіл та значення напружень.

Запропонований фрикційний клин вантажного візка, що складається з тіла клина та змінної вертикальної накладки, дозволяє зменшити витрати на його ремонт. Проведений розрахунок на міцність запропонованого варіанта виконання клина показав, що мак-

симальні напруження не перевищують допустимих. Розрахунок виконано для двох варіантів виконання змінної накладки: повномірної та зношеної. У разі зносу накладки напруження збільшуються майже на 50 %, однак при цьому залишається достатній запас по міцності.

Література

1. Бабаєв А. М. Візуальний контроль граничних зносів вузлів вагонів / А. М. Бабаєв, В. Ю. Шапошник // Залізничний транспорт України: науково-практ. журн. – 2017. – № 2. – С. 32-38.

2. Блохин Е. П. Тележки ZK1 полувагонов, построенных в КНР / Е. П. Блохин, К. Т. Алпысбаев, В. Я. Панасенко и др. // Вагонный парк. – 2012. – № 9 (66). – С. 12– 14.

3. Борщ Б. В. Повышение долговечности фрикционного клинового гасителя колебаний тележек грузовых вагонов : Авт. дис. к. т. н. : 05.02.01 / Б. В. Борщ. – Москва, 2009. – 27 с.

4. Бубнов В. М. Воздействие на путь грузовых вагонов на тележках модели 18-1711 с разной конструкцией клина рессорного подвешивания / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Б. Манкевич // Журнал о науке, экономике, практике «Транспорт Российской Федерации». – 2013. – № 3(46). – С. 36–38.

5. Бубнов В. М. Новая тележка для грузовых вагонов / В. М. Бубнов, Ю. П. Бороненко, А. М. Орлова, Е. А. Рудакова // Ж. д. мира. – 2005. – № 7. – С. 45–48.

6. Бубнов В. М. Особливості технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів з підвищеними показниками надійності / В. М. Бубнов, Л. А. Мурадян, М. Б. Манкевич, В. Ю. Шапошник // 36. наук. пр. Укр. держ. ун-ту залізн. трансп. – 2016. – Вип. 160. – С. 11–17.

7. Буторин С.М. Фрикционные клинья грузовых тележек с повышенным межремонтным ресурсом / С. М. Буторин, В. П. Ефимов // Известия ПГУПС. – СПб. : ПГУПС, – 2017. – №4. – С. 605–614.

8. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних): ДСТУ 7598:2014. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 157 с.

9. Вагоны: Конструкция, теория и расчет: учебник для вузов / под ред. Л. А. Шадура. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Транспорт, 1980. – 439 с.

10. Великанов А. В. Пара трения фрикционного гасителя колебаний тележек грузовых вагонов / А. В. Великанов, С. И. Пашарин, Б. В. Борщ, Е. И. Юрьева / Вестн. ВНИИЖТа. – 2010. – № 3. – С. 35–39.

11. Воскобойников Д. Г. Разработка технологии восстановления изнашиваемых поверхностей деталей подвижного состава / Д. Г. Воскобойников // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2017. – Вип. 170 – С. 111–115.

12. Визначення основних технічних вимог до металопрокату для кузовів вантажних вагонів нового покоління / В. Г. Анофрієв, О. Г. Рейдмейстер, О. А. Шикунів, О. А. Кирильчук, А. С. Мацюк // Вагонный парк. – 2012. – № 11. – С. 4–5.

13. Габец А. В. Разработка состава и технологии получения специального модифицированного чугуна повышенной эксплуатационной стойкости для фрикционных узлов подвижного состава железнодорожного транспорта: дис. канд. техн. наук: 05.16.01 / А. В. Габец; ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина». – Москва, 2014. – 185 с.

14. Інструкція з ремонту візків вантажних вагонів. ЦВ-0015 : затв.: Наказ Укрзалізниці від 21.12. 2007 № 609-Ц. – Київ: Алькор, 2008. – 89 с.

15. Манашкин Л. А. Гасители колебаний и амортизаторы ударов рельсовых экипажей (математические модели): монография / Л. А. Манашкин, С. В. Мямлин, В. И. Приходько. – Днепропетровск : АРТ-ПРЕС, 2007. – 196 с.

16. Манкевич Н. Б. Усовершенствование конструкции литых деталей двухосных тележек грузовых вагонов: дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / Н. Б. Манкевич; Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2015. – 263 с.

17. Мурадян Л. А. Методологические основы определения эксплуатационных характеристик несомоходного подвижного состава / Л. А. Мурадян, В. Ю. Шапошник, А. А. Мищенко // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 1 (61). – С. 169–179. doi: 10.15802/stp2016/61044

18. Мямлин С. В. Оценка динамических качеств различных конструкций тележек грузовых вагонов / С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, Е. А. Письменный, А. И. Яловой // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : сб. науч. ст. – 2005. – С. 229–235.

19. Недужа Л. О. Використання сучасного пакету програм при розв'язанні інженерних задач на залізничному транспорті / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Локомотив-інформ. – 2016. – № 5–6. – С. 42–44.

20. Недужа Л. О. Теоретичні та експериментальні дослідження міцнісних якостей хребтової балки вантажного вагона / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – № 1 (73). – С. 131–147. doi: 10.15802/stp2018/123457.

21. Технология производства и ремонта вагонов : учеб. для вузов / К. В. Мотовилов [и др.] – Москва : Маршрут, 2003. – 382 с.

22. Ушкалов В.Ф. Оценка эффективности применения разных вариантов модернизации тележек модели 18-100 для вагонов хопперов и платформ / В. Ф. Ушкалов, Т. Ф. Мокрий, И. Ю. Малышева, И. А. Машенко // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 3/4. – С. 62–65.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кирильчук Олег Анатолійович, старший викладач кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна. Тел.: +38 096 728 41 75. E-mail: o.a.kirilchuk@gmail.com. ORCID 0000-0002-0565-1692.

Шапошник Владислав Юрійович, старший викладач кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна. Тел.: +38 095 135 21 83. E-mail: vladislav.sh91@gmail.com. ORCID 0000-0003-4701-6491.

НОВИНИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

У першому кварталі 2019 року, відповідно до ч. 2 ст. 11 Закону України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 № 1315-VII, Розпорядження Кабінету Міністрів України від 26.11.2014 № 1163-р «Про визначення державного підприємства, яке виконує функції національного органу стандартизації» та на виконання Програми робіт з національної стандартизації на 2019 рік Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») у I кварталі 2019 року прийнято рішення гармонізувати з міждержавними стандартами національні стандарти, методом підтвердження, з наданням чинності з **01 квітня 2019 року**:

ДСТУ ГОСТ 33939:2019 (ГОСТ 33939–2016, IDT). Деталі литі візків вантажних вагонів. Методи ресурсних випробувань. Частина 1. Рама бічна. — Вперше;

ДСТУ ГОСТ 34078:2019 (ГОСТ 34078–2017, IDT). Прокладки рейкових скріплень залізничного шляху. Технічні умови. — Вперше.

*Матеріал підготував Татур О.К.,
начальник Відділу технічного регулювання
Департаменту розвитку і технічної політики
АТ «Укрзалізниця»*

РЕФЕРАТ

УДК 629.463.027.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2019-131-2-41-50

Теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів / Кирильчук О. А., Шапошник В. Ю. // Залізничний транспорт України. - № 2. – С. 41-50.

В останні роки з'являються багато різних конструкцій візків вантажних вагонів. Від технічних рішень, які застосовуються при проектуванні візка, залежать динамічні та міцнісні характеристики вагона, що впливають на безпеку руху. Одним з основних елементів, який впливає на динаміку вантажного вагона є фрикційний гасник коливання. Під час експлуатації фрикційні елементи візків зношуються і за ними ведеться постійний контроль. Для того щоб оглядачі вагонів мали змогу вчасно виявляти зношений стан фрикційного клину, авторами пропонується виконувати на клинах спеціальні індикатори зносу. За допомогою методу скінченних елементів виконано теоретичні дослідження міцнісних якостей модернізованих фрикційних клинів візків вантажних вагонів для двох варіантів навантаження, які відповідають I та III розрахунковим режимам. Визначено вплив на міцність клина двох варіантів виконання індикатора контролю граничного стану. Наведено результати розрахунку на міцність запропонованого фрикційного клина, який складається з тіла клина та змінної вертикальної накладки. Запропонована конструкція дозволяє зменшити вартість та трудомісткість ремонту фрикційного клина за рахунок заміни лише зношеної накладки, а також це дасть змогу відновити геометричні параметри вертикальної поверхні клина в умовах експлуатації. Розрахунки зроблено для двох варіантів змінної накладки: повномірної та зношеної.

Ключові слова: вантажний вагон, візок, фрикційний клин, метод скінченних елементів, індикаторний контроль.

РЕФЕРАТ

УДК 629.463.027.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2019-131-2-41-50

Теоретические исследования прочностных качеств модернизированных фрикционных клиньев тележек грузовых вагонов / Кирильчук О. А., Шапошник В. Ю., // Железнодорожный транспорт Украины. - №2. – С. 41-50.

В последние годы появляется много различных конструкций тележек грузовых вагонов. От технических решений, применяемых при проектировании тележки, зависят динамические и прочностные характеристики вагона, которые влияют на безопасность движения. Одним из основных элементов, который влияет на динамику грузового вагона, является фрикционный гаситель колебания. Во время эксплуатации фрикционные элементы тележек изнашиваются и за ними ведется постоянный контроль. Для того чтобы осмотрщики вагонов имели возможность своевременно выявлять изношенное состояние фрикционного клина, авторами предлагается выполнять на клиньях специальные индикаторы износа. При помощи метода конечных элементов выполнены теоретические исследования прочностных качеств модернизированных фрикционных клиньев тележек грузовых вагонов для двух вариантов нагружения, которые соответствуют I и III расчетным режимам. Определенно влияние на прочность клина двух вариантов исполнения индикатора контроля предельного состояния. Приведены результаты расчета на прочность предложенного фрикционного клина, который состоит из тела клина и сменной вертикальной накладке. Предложенная конструкция позволяет уменьшить стоимость и трудоемкость ремонта фрикционного клина за счет замены только изношенной накладке, а также это позволит восстановить геометрические параметры вертикальной поверхности клина в условиях эксплуатации. Расчеты проведены для двух вариантов сменной накладке: полномерной и изношенной.

Ключевые слова: грузовой вагон, тележка, фрикционный клин, метод конечных элементов, индикаторный контроль.

ABSTRACT

UDC 629.463.027.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2019-131-2-41-50

Theoretical research of strength properties of modernized frictional wedges of freight bogies / Kyryl'chuk O., Shaposhnyk V. // Railway Transport of Ukraine. - №2. – P. 41-50.

In recent years, many different designs of freight car bogies appear. The dynamic and strength characteristics of the car, which affect traffic safety, depend on the technical solutions used in the design of the bogie. One of the main elements that influences the dynamics of a freight car is a friction damper. The friction wedge is the most responsible element of the frictional wedge oscillation damper of the freight bogie. Theoretical research of strength properties of modernized frictional wedges of the freight bogies were carried out using the finite element method for two loading variants that correspond to I and III calculation regimes. The analysis of the impact on the strength of the wedge of two variants of the indicator of the control of the boundary state showed that the placement of the indicator on the friction wedge practically does not affect the distribution and value of the stresses. The friction wedge proposed by the authors, consisting of a body of a wedge and a variable vertical pad, reduces expenses for its repair. The calculation of the strength of the proposed variant of the wedge showed that the maximum stress does not exceed the permissible. Calculation were carried out for two variants of the implementation of the variable pad: full and worked. When the pad is worn out, the strains are increased by almost 50 %, but with this there remains a sufficient strength margin.

Key words: freight car, bogie, frictional wedge, finite element method, indicator control.

Література

1. Бабаєв А. М. Візуальний контроль граничних зносів вузлів вагонів / А. М. Бабаєв, В. Ю. Шапошник // Залізничний транспорт України : науково-практ. журн. – 2017. – № 2. – С. 32-38.
2. Блохин Е. П. Тележки ZK1 полувагонов, построенных в КНР / Е. П. Блохин, К. Т. Алпысбаев, В. Я. Панасенко и др. // Вагонный парк. – 2012. – № 9 (66). – С. 12–14.
3. Борщ Б. В. Повышение долговечности фрикционного клинового гасителя колебаний тележек грузовых вагонов : Авт. дис. к. т. н. : 05.02.01 / Б. В. Борщ. – Москва, 2009. – 27 с.
4. Бубнов В. М. Воздействие на путь грузовых вагонов на тележках модели 18-1711 с разной конструкцией клина рессорного подвешивания / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Б. Манкевич // Журнал о науке, экономике, практике «Транспорт Российской Федерации». – 2013. – № 3(46). – С. 36–38.
5. Бубнов В. М. Новая тележка для грузовых вагонов / В. М. Бубнов, Ю. П. Бороненко, А. М. Орлова, Е. А. Рудакова // Ж. д. мира. – 2005. – № 7. – С. 45–48.
6. Бубнов В. М. Особливості технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів з підвищеними показниками надійності / В. М. Бубнов, Л. А. Мурадян, М. Б. Манкевич, В. Ю. Шапошник // Зб. наук. пр. Укр. держ. ун-ту залізн. трансп. – 2016. – Вип. 160. – С. 11–17.
7. Буторин С.М. Фрикционные клинья грузовых тележек с повышенным межремонтным ресурсом / С. М. Буторин, В. П. Ефимов // Известия ПГУПС. – СПб. : ПГУПС, – 2017. – №4. – С. 605–614.
8. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних) : ДСТУ 7598:2014. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 157 с.

9. Вагоны: Конструкция, теория и расчет : учебник для вузов / под ред. Л. А. Шадура. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1980. – 439 с.
10. Великанов А. В. Пара трения фрикционного гасителя колебаний тележек грузовых вагонов / А. В. Великанов, С. И. Пашарин, Б. В. Борщ, Е. И. Юрьева / Вестн. ВНИИЖТа. – 2010. – № 3. – С. 35–39.
11. Воскобойников Д. Г. Разработка технологии восстановления изнашиваемых поверхностей деталей подвижного состава / Д. Г. Воскобойников // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2017. – Вип. 170 – С. 111–115.
12. Визначення основних технічних вимог до металопрокату для кузовів вантажних вагонів нового покоління / В. Г. Анофрієв, О. Г. Рейдмейстер, О. А. Шикун, О. А. Кирильчук, А. С. Мацюк // Вагонний парк. – 2012. – № 11. – С. 4–5.
13. Габец А. В. Разработка состава и технологии получения специального модифицированного чугуна повышенной эксплуатационной стойкости для фрикционных узлов подвижного состава железнодорожного транспорта : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.01 / А. В. Габец; ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина». – Москва, 2014. – 185 с.
14. Інструкція з ремонту візків вантажних вагонів. ЦВ-0015 : затв.: Наказ Укрзалізниці від 21.12.2007 № 609-Ц. – Київ : Алькор, 2008. – 89 с.
15. Манашкин Л. А. Гасители колебаний и амортизаторы ударов рельсовых экипажей (математические модели) : монография / Л. А. Манашкин, С. В. Мямлин, В. И. Приходько. – Днепропетровск : АРТ-ПРЕС, 2007. – 196 с.
16. Манкевич Н. Б. Усовершенствование конструкции литых деталей двухосных тележек грузовых вагонов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Н. Б. Манкевич ; Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2015. – 263 с.
17. Мурадян Л. А. Методологические основы определения эксплуатационных характеристик несамоходного подвижного состава / Л. А. Мурадян, В. Ю. Шапошник, А. А. Мищенко // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 1 (61). – С. 169–179. doi: 10.15802/stp2016/61044
18. Мямлин, С. В. Теоретические исследования динамики полувагонов / С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Тен // 3б. наук. пр. ДонІЗТ. – 2010. – Вип. 24. – С. 143-151.
19. Недужа Л. О. Використання сучасного пакету програм при розв'язанні інженерних задач на залізничному транспорті / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Локомотив-інформ. – 2016. – № 5–6. – С. 42–44.
20. Недужа Л. О. Теоретичні та експериментальні дослідження міцнісних якостей хребтової балки вантажного вагона / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – № 1 (73). – С. 131–147. doi: 10.15802/stp2018/123457.
21. Технология производства и ремонта вагонов : учеб. для вузов / К. В. Мотовилов [и др.] – Москва : Маршрут, 2003. – 382 с.
22. Ушкалов В.Ф. Оценка эффективности применения разных вариантов модернизации тележек модели 18-100 для вагонов хопперов и платформ / В. Ф. Ушкалов, Т. Ф. Мокрый, И. Ю. Мальшева, И. А. Мащенко // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 3/4. – С. 62–65.

References

1. Babaev A. M., Shaposhnyk V. Yu. Vizualnyj kontrolj ghranychnykh znosiv vuzliv vagoniv [Visual inspection of carriage junction wearing out]. Zaliznychnyj transport Ukrainy : naukovo-praktychnyj zhurnal. 2017, № 2, pp. 32-38. [in Ukrainian].
2. Blokhin Ye. P., Alpsbaev K. T., Panasenko V. Ya. i dr Telezhki ZK1 poluvagonov, postroennykh v KNR [Trolley ZK1 Gondola Cars Built in China]. Vagonnyu park, 2012, №9 (66). pp. 12– 14. [in Ukrainian].

3. Borsch B. V. Povyshenie dolgovechnosti frikcionnogo klinovogo gasitelja kolebanij telezhek gruzovykh vagonov [Increasing the durability of the friction wedge vibration damper of freight car trucks]: Avt. dis. k. t. n. : 05.02.01 / B. V. Borsch. – Moskva, 2009. – 27 pp.
4. Bubnov V. M., Myamlin S. V., Mankevych N. B. Vozdeystvie na put gruzovykh vagonov na telezhhakh modeli 18-1711 s raznoy konstruksiey klina resornogo podveshivaniya [Dynamics of freight cars on bogies model 18-1711 with different wedge designs of spring suspension] Zhurnal o nauke, ekonomike, praktike «Transport Rossiyskoy Federatsii». 2013, № 3(46), pp. 36–38. [in Russian].
5. Bubnov V. M., Boronenko Yu. P., Orlova A. M., Rudakova Ye. A. Novaya telezhka dlya gruzovykh vagonov [New bogie for freight cars]. Zh.d. mira., 2005, №7, pp. 45–48. [in Russian].
6. Bubnov V. M., Muradian L. A., Mankevych M. B., Shaposhnyk V. Yu. Osoblyvosti tekhnichnogo obslughovuvannja ta remontu vantazhnykh vagoniv z pidvyshhenymy pokaznykamy nadijnosti [The peculiarities of technical service and the repairing with reliability of freight cars]. Zbirnyk naukovykh pracj Ukrajinsjkogho derzhavnogho universytetu zaliznychnogho transport. 2016, Vyp. 160, pp. 11–17 [in Ukrainian].
7. Butoryn S.M. Frikcionnye klin'ja gruzovykh telezhek s povyshennym mezhremontnym resursom [Friction wedges of freight-car trucks with an improved overhaul period] / S. M. Butoryn, V. P. Yefimov // Izvestija PGUPS. – SPb. : PGUPS, – 2017. – №4. – pp. 605–614.
8. DSTU 7598:2014. Vaghony vantazhni. Zaghajni vymoghy do rozrakhunkiv ta proektuvannja novykh i modernizovanykh vagoniv koliji 1520 mm (nesamokhidnykh) [Freight wagons. General requirements to calculation and designing of the new and modernized 1520 mm gauge wagons (non-self-propelled)]. Kyjiv: DP «UkrNDNC», 2017, 157 p. [in Ukrainian].
9. Shadura L. A. Vagony: Konstruktsiya, teoriya i raschet : uchebnik dlya vuzov [Cars: Construction, theory and calculation]. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Transport, 1980, 439 p. [in Russian].
10. Velikanov A. V. Para trenija frikcionnogo gasitelja kolebanij telezhek gruzovykh vagonov [Prospective friction couple for friction wedge-shaped vibration damper of freight car bogies] / A. V. Velikanov, S. I. Pasharin, B. V. Borsch, E. I. Yuryeva / Vestn. VNIIZhTa. – 2010. – № 3. – pp. 35–39
11. Voskoboinikov D. G. Razrabotka tehnologii vosstanovlenija iznashivaemyh poverhnostej detalej podvizhnogo sostava [Development of recycling technology for relaxed surfaces of mobile components] / D. G. Voskoboinikov // Zbirnik naukovih prac' UkrDUZT. – 2017. – Vip. 170 – pp. 111–115.
12. Anofriev V. G., Reyhmeyster O. G., Shikunov O. A., Kyryl'chuk O. A, Matsyuk A. S. Viznachennya osnovnykh tekhnichnykh vimog do metaloprokatu dlya kuzoviv vantazhnykh vagonivnovogo pokolinnya [Detection of main technical specifications of new generation freight cars metal-roll]. Vagonnyy park. 2012, № 11, pp. 4–5. [in Ukrainian].
13. Gabets A. V. Razrabotka sostava i tehnologii polucheniya spetsialnogo modifitsirovannogo chuguna povyshennoy ekspluatatsionnoy stoykosti dlya friksionnykh uzlov podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta [Development of the composition and technology for producing special modified cast iron of increased operational durability for friction units of railway rolling stock]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.16.01; FGUP «TsNIIchermet im. I.P. Bardina» – Moskva, 2014, 185 p. [in Russian].
14. Instrukcija z remontu vizkiv vantazhnykh vagoniv [Instruction for repair for bogie freight cars]. CV-0015 : zatv. Nakaz Ukrzaliznyci 21.12. 2007 r. № 609-C. Kyiv : Aljkor, 2008, 89 p. [in Ukrainian].
15. Manashkin L. A., Myamlin S. V., Prikhodko V. I. Gasiteli kolebanij i amortizatory udarov relsovykh ekipazhey (matematicheskie modeli) : monografiya [Oscillation dampers and Shock-absorbers of rail vehicles (mathematical models)]. Dnepropetrovsk : ART-PRYeS, 2007. – 196 p. [in Ukrainian]

16. Mankevych N. B. Usovershenstvovanie konstruktсии litykh detaley dvukhosnykh telezhek gruzovykh vagonov [Improving the desing of cast parts for two-axle bogies of freight cars] : dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.07 / N. B. Mankevych ; Dnepropetr. nats. un-t zh.-d. tr-ta im. akad. V. Lazaryana. – Dnepropetrovsk, 2015, 263 p. [in Ukrainian].
17. Muradian L. A., Shaposhnyk V. Yu, Mishchenko A. A. Metodologicheskie osnovy opredeleniya ekspluatatsionnykh kharakteristik nesamokhodnogo podvizhnogo sostava [Methodological fundamentals of determination of unpowered rolling stock maintenance characteristics]. Nauka ta progres transport. 2016, № 1 (61), pp. 169–179. doi: 10.15802/stp2016/61044 [in Ukrainian].
18. Myamlin S., Neduzhaja L., Ten A., 2010.: Theoretical Research of Gondola Car Dynamics. Proc. Donetsk Railway Transport Institute. Edition 24, 143-151. [in Russian].
19. Neduzha L. O., & Shvets A. A. (2016). Vykorystannia suchasnoho paketu prohram pry rozv'iazanni inzhenernykh zadach na zaliznychnomu transporti [Vikorystannia suchasnoho paketu program pri rozv'yazanni inzhenernykh zadach na zaliznichnomu transporti]. Lokomotiv-inform, 5-6, 42-44. [in Ukrainian].
20. Neduzha, L. O. Theoretical and Experimental Research of Strength Properties of Spine Beam of Freight Cars / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Science and Transport Progress. – 2018. – Vol. 1 (73). – P. 131–147. doi: 10.15802/stp2018/123457. [in Ukrainian].
21. Motovilov K. V Tekhnologiya proizvodstva i remonta vagonov [The technology of manufacture and repair of cars]: uchebnyk dlya vuzov. Moscow : Marshrut, 2003, 382 p. [in Russian].
22. Ushkalov V. F., Mokriy T. F., Malysheva I. Yu., Mashchenko I. A Otsenka effektivnosti primeneniya raznykh variantov modernizatsii telezhek modeli 18-100 dlya vagonov khopperov i platform [Estimation of efficiency of application of different variants of modernization of 18-100 model bogie for hopper and platform cars]. Naukovo-praktichnyy zhurnal «Zaliznichnyi transport Ukraini». 2012, № 3/4, pp. 62–65. [in Ukrainian].