

УДК 629.4.077:629.4.027.51

DOI: 10.34029/2311-4061-2024-153-4-10-26

Д-р техн. наук Панченко С.В.

Д-р техн. наук Ватуля Г.Л.

Д-р техн. наук Ловська А.О.

Д-р техн. наук Равлюк В.Г.

Канд. техн. наук Мямлін С.С.

МОДЕРНІЗОВАНА ГАЛЬМОВА ВАЖІЛЬНА ПЕРЕДАЧА ВІЗКА – ШЛЯХ ДО УБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

MODERNIZED BOGIE BRAKE LEVER TRANSMISSION – THE WAY TO SAFER FREIGHT TRAIN TRAFFIC

***Ключові слова:** транспортна механіка, залізничний транспорт, вантажний вагон, гальмова важільна передача, надійність гальм, безпека руху.*

Вступ

Аналіз безпеки руху вантажних поїздів за останні роки свідчать про те, що механічне обладнання гальмових важільних передач (ГВП) візків вантажних вагонів стало занадто вразливим в сучасних умовах експлуатації, підвищення швидкостей руху та збільшення осьового навантаження [1]. Тому провідні організації вагонобудування постійно модернізують ГВП з метою підвищення їх експлуатаційної надійності та забезпечення руху поїздів.

Експлуатаційні дослідження ГВП доводять, що пристрої паралельного відведення гальмових колодок у візках вантажних вагонів моделі 18-100 мають дуже низьку надійність. Вже після пробігу 10-15 тис. км ці пристрої втрачають ефективність, колодки схилиються до впирання верхнім кінцем у поверхню кочення коліс (рис. 1) і тнуть під час руху поїзда без гальмування, утворюючи додатковий опір руху в режимах тяги і вибігу. Крім того, формується верхнє шкідливе спрацювання на колодках, яке наростає досить швидко. В експлуатації спостерігаються масові випадки високотемпературних пошкоджень коліс та істотне погіршення ефективності гальмувань, що призводить до аварійних ситуацій. Через це зростають загальні експлуатаційні витрати, збільшуються витрати на тягу поїздів, гальмові колодки не відпрацьовують нормативний термін служби, а на їх утилізацію необхідно витратити значні ресурси.



Рис. 1 – Вигляд схилених колодок візка вантажного вагона під час руху без гальмування

Виробничі обстеження механічної гальмової системи візків вантажних вагонів, які проведено в експлуатаційному вантажному вагонному депо дозволили встановити основні причини відмов пристроїв, що призначені для забезпечення рівномірного зносу колодок і утримання їх на нормативній відстані стосовно поверхні кочення коліс. Як виявилось, цими причинами є завал вертикального важеля передачі з деталями (рис. 2а); знос розпірки триангеля в зоні контакту зі скобою; несправність замка і розтягнення скоби пристрою для утримання колодок (рис. 2б) тощо. Через перелічені несправності під час руху вантажних вагонів здійснюється клинодувальний знос композиційних гальмових колодок. Відбувається притиснення верхніх кінців колодок об поверхні кочення коліс, що суттєво зменшує їх ресурс, здійснюється знос і руйнування складових деталей гальмової системи візка, а також погіршується безпека руху.

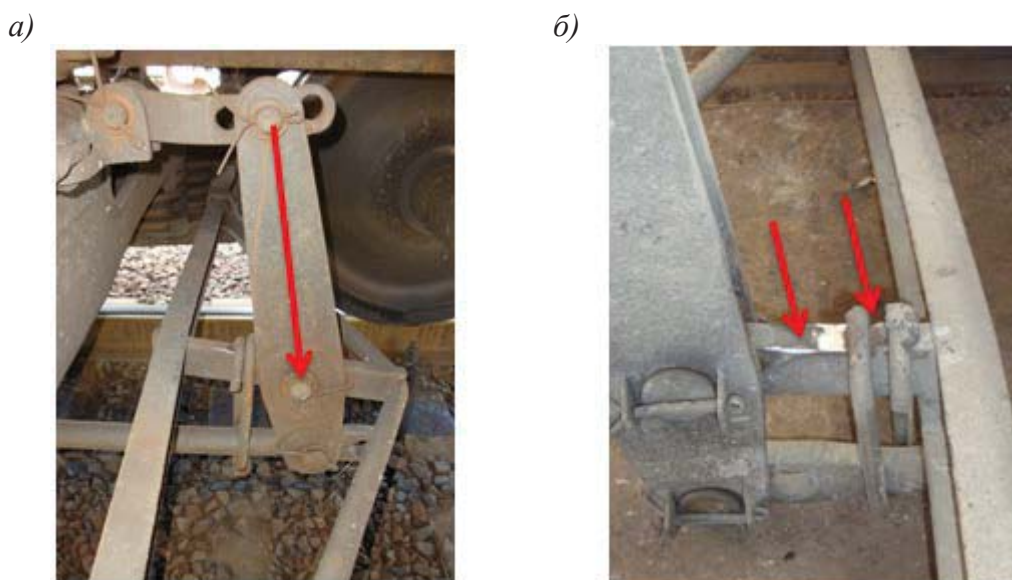


Рис. 2 – Видял пошкоджених елементів гальмової важільної передачі візка:
а) завал вертикального важеля; б) пошкоджений пристрій забезпечення
рівномірного зносу колодок і знос розпірки

У зв'язку з цим при проектуванні сучасних гальмових систем візків вантажних вагонів необхідним є впровадження заходів щодо підвищення ефективності роботи гальм шляхом модернізації ГВП. Це дасть змогу збільшити швидкість руху вантажних вагонів і підвищити ступінь убезпечення руху поїздів на залізничному транспорті.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Однією з найважливіших проблем, яка постає перед вагонним господарством на сьогоднішній день — убезпечення руху вантажного рухомого складу на залізницях. Важливо сказати, що дана проблема залежить від багатьох чинників, зокрема технічного стану та навантаженості складових вагонів. Так, наприклад, у праці [1] були проведені дослідження щодо лабораторних випробовувань інноваційної гальмової системи для візків вантажних вагонів ІВВ 10. Ця система має багато переваг перед іншими, наприклад підвищення безпеки руху на залізниці, зменшення експлуатаційних витрат за увесь період її використання, вона піддається високим статичним і динамічним навантаженням в умовах роботи. Запропонована модель гальмової системи ІВВ 10 застосовується тільки для вантажних вагонів. Ця модель є основою для всіх інших варіантів і на зараз є однією з найкращих закордонних розробок для залізничного транспорту [2]. Така конструкція забезпечує простий монтаж і демонтаж кожного елемента окремо, що є великою перевагою з урахуванням системи ремонту та технічного обслуговування вагонів.

Однак, інноваційна система має ряд таких недоліків: наявність на кожному візку гальмового циліндра збільшує витрати стисненого повітря в декілька разів при гальмуванні, а також вагу вантажного вагона; застосування у важільній передачі регуляторів ходу, що передають зусилля на інший триангель візка призводить до його виходу з ладу у випадку попадання на нього порохоподібних частинок, які підіймаються у повітря при русі поїзда.

У праці [3] розглянуто сучасну гальмову система Truck Mounted Brake Systems (TMX), що призначена для гальмування вантажних вагонів. Вона виготовлена з міцних, легких матеріалів, включаючи гальмові балки триангельного типу зі змінними гальмовими блоками, маса яких приблизно на 45% менше, ніж у звичайного гальмового обладнання на кожному вагоні. Такі системи виконано з вільною підвіскою, які не потребують спеціальних маятникових елементів. Вони з'єднуються з боковими рамами візка вагона та сприяють рівномірному зносу гальмових колодок. Це в поєднанні із збільшеною потужністю гальм дозволяє використовувати гальмові колодки товщиною до 55 мм і дає економію за рахунок менш частих їх заміни. Проте, й ця гальмова система візка має деякі недоліки, наприклад, з точки зору технологічності виготовлення вона має ускладнену конструкцію ГВП візка за рахунок того, що використовує штамповані важелі, які мають спеціальну форму; трудомістке і складне регулювання ГВП шляхом перестановки валика у відповідні отвори стрижня, який знаходиться під кутом. Для заміни гальмової колодки потрібно силою робітника спочатку виконати відведення колодок від коліс (для цього треба мати спеціальний ломик), а далі вже робити відповідні операції з їх заміни.

Дослідження, наведені в публікації [4] щодо роботи системи AmstedRail TMB, затвердженої AAR, показали, що нею обладнані тисячі вагонів у всьому світі. Вагони з такою гальмовою системою мають значний пробіг і просте обслуговування, що знижує загальну вартість їх використання. Найважливішою особливістю системи TM AmstedRail TMB є автоматичний регулятор холостого ходу, який компенсує зношування гальмової колодки чи колеса і підтримує потрібний хід поршня поршневого гальма, щоб відповідати нормативам. Хоча деякі недоліки має і ця система: під час використання нових коліс і гальмових колодок, неправильне розташування кутового важеля призводить до зниження ефективності гальмування візка, так само суттєво ускладнюється конструкція ГВП візка (балка триангеля виготовлена з кутника, що може не відповідати її міцності й стійкості під час гальмування).

У закордонному дослідженні [5] висвітлено аналіз деяких елементів блокових гальм, які застосовують у вагонах метрополітену Китаю. Цей тип гальм візків має швидку реакцію під час гальмування і компактну будову. Блокові гальма зазвичай застосовують також у деяких країнах у візках вантажних вагонів для гарантування безпеки руху і забезпечення рівномірного зносу гальмових колодок. Проте, застосування такої конструкції гальм у візках вантажних вагонів суттєво збільшує їхню масу, витрати повітря для гальмування, трудомісткість виконання технічного обслуговування і ремонту вагонів.

Із інформації про китайську конструкцію візка (мод. ZK1) [6] можна зазначити, що істотна зміна кріплення триангеля, зі спиранням на спеціально відлиті у бокових рамах візка напрямні кронштейни, має суттєві недоліки. З ними пов'язано істотне силове втручання, задіяних в конструкції найбільш відповідальних несучих частин візка — литих бокових рам. До того ж, надійність вказаних прилитих кронштейнів за умов сприйняття динамічних навантажень у невіднесених частин візка, буде зниженою у порівнянні із загальною надійністю бокових рам. У місцях контакту шипа триангеля з боковою рамою можуть виникати втомні тріщини, тому і в цьому передбачається загроза безпеці руху. Крім того в процесі експлуатації можна прогнозувати підвищений знос гумових втулок і зменшення їх ресурсу. Таке кріплення ГВП у візку загрожує відривом і падінню триангелів на колію.

Дослідження стосовно впливу гальмових колодок із композиційної гумосуміші на поверхню кочення коліс в умовах експлуатації наведено у роботі [7]. За результатами аналізу встановлено, що на причини появи несправностей коліс впливають теплові режими, в основному під час гальмування. Автори доводять, що температура на поверхні кочення коліс під час гальмування композиційними колодками з гумосуміші може досягати великих значень – більш ніж 900°C. Основною причиною цьому є відносно низька теплопровідність композиційних колодок з гумосуміші у порівнянні з теплопровідністю колодок, що виготовлені з чавуну. Проте у даних дослідженнях не враховано того факту, що у більшості вантажних вагонів більш ніж 90 % композиційних гальмових колодок зношено клиндоуально. Тому такі колодки мають меншу гальмову площу в порівнянні з новими колодками, що негативно впливає як на ефективність гальмування, так і на появу поверхневих високотемпературних дефектів коліс в експлуатації.

У роботі [8] висвітлюються питання щодо компенсації кутових переміщень штока пневмоциліндра рухомого складу при його максимально-граничному виході під час гальмування. Рекомендовано модернізацію гальмового циліндра шляхом використання запобіжного елемента, що дозволить обмежити переміщення штока. Визначено оптимальні параметри запобіжного елемента за гранично-допустимим моментом опору. Виконано розрахунок на міцність гальмового циліндра за методом скінчених елементів, результати якого підтвердили доцільність запропонованої модернізації. Однак авторами не розглядалися питання кінематики гальмової важільної передачі із модернізованим гальмовим циліндром.

У праці [9] авторами запропоновано пристрій з автоматичним корегуванням для утримання положення гальмових колодок відносно поверхонь кочення коліс у візках вантажних вагонів. Проте, даний пристрій ускладнює конструкцію гальмової системи візка й вимагає непередбачуваних трудомістких регулювань в умовах експлуатації, тому його застосування є недоцільним.

Закордонні науковці зосереджені здебільшого на дослідженнях роботи дискових гальм, розрахунках їх елементів на міцність, експлуатаційними спостереженнями за їх роботою, розрахунках температурних режимів тощо [10, 11]. При цьому не приділяється увага гальмовим важільним передачам візків. У працях [12, 13] зазначено, що перегрів триботехнічних пар може викликати несправність гальмової системи та не забезпечує безпеку руху. У зв'язку з цим виконується значна теоретична робота щодо підвищення температури під час гальмування для різних швидкостей руху і конструкції гальмових дисків. Але знову ж таки, ці дослідження проводяться стосовно дискових гальм.

На підставі аналізу літературних джерел [1-13] можна зробити висновок, що питання забезпечення руху поїздів за рахунок модернізації їх гальм є досить актуальними та потребують дослідження і розвитку.

Визначення мети та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення доцільності використання модернізованої ГВП на візку моделі 18-100 вантажного вагона. Для досягнення зазначеної мети поставлені такі завдання:

- виконати виробниче обстеження елементів гальмових систем візків вантажних вагонів;
- запропонувати напрями щодо модернізації ГВП візка вантажного вагона для підвищення ефективності роботи механічної системи гальм;
- виконати розрахунок на міцність модернізованої ГВП візка моделі 18-100 вантажного вагона;
- провести експлуатаційні випробовування модернізованої ГВП візків вантажних вагонів.

Матеріали та методи досліджень

Зниження ефективності гальмувань рухомого складу перш за все залежить від конструкційних особливостей існуючих ГВП візків вантажних вагонів [2]. Для виявлення слабких місць в конструкції й обслуговуванні ГВП візків, протягом декількох років під керівництвом авторів виконувалися масштабні виробничі обстеження та було проведено багато науково-технічних досліджень. Вони полягали в комісійних оглядах елементів гальмових систем різних типів вантажних вагонів, які належали (приписані) до різних держав (України – 95%, Казахстану – 3%, Литви – 1,5%, Молдови – 0,5%), що були побудовані в різні роки. Дослідження проводилися для обстеження вантажних вагонів за різних умов їх експлуатації (завантажений та порожній рейси вагона, технічний стан, профіль колії, погодні умови тощо). Особлива увага під час проведення досліджень приділялася огляду елементів ГВП і здійсненню вимірювань величин зносу композиційних гальмових колодок.

Необхідне число статичних даних визначалося за формулою [14]

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\delta^2}, \quad (1)$$

де: t – табличне значення критерію Стюдента; σ – середньоквадратичне відхилення випадкової величини; δ – абсолютна похибка результату вимірювань.

Оброблення зібраного статистичного матеріалу виконано в програмному комплексі STATISTIKA для типового пристрою М 1180.000, стосовно вимірюваних величин зносу гальмових колодок (рис. 3).

Результати, які наведено графічно, повністю підтверджують проміжний висновок, що на початковій стадії експлуатації вантажних вагонів при зносі нових колодок переважає не стільки режим гальмування, скільки «вільний» рух в режимах тяги й вибігу вантажного поїзда. Дійсно, відповідно до конструкції реального підвішування триангелів з гальмовими башмаками і колодками, переважно на цьому етапі у верхніх частинах колодок утворюються триботехнічні площини, де зусилля розподіляється по контактних поверхнях тертя колодок і коліс з середнім питомим тиском, що перевищує своє нормативне значення.

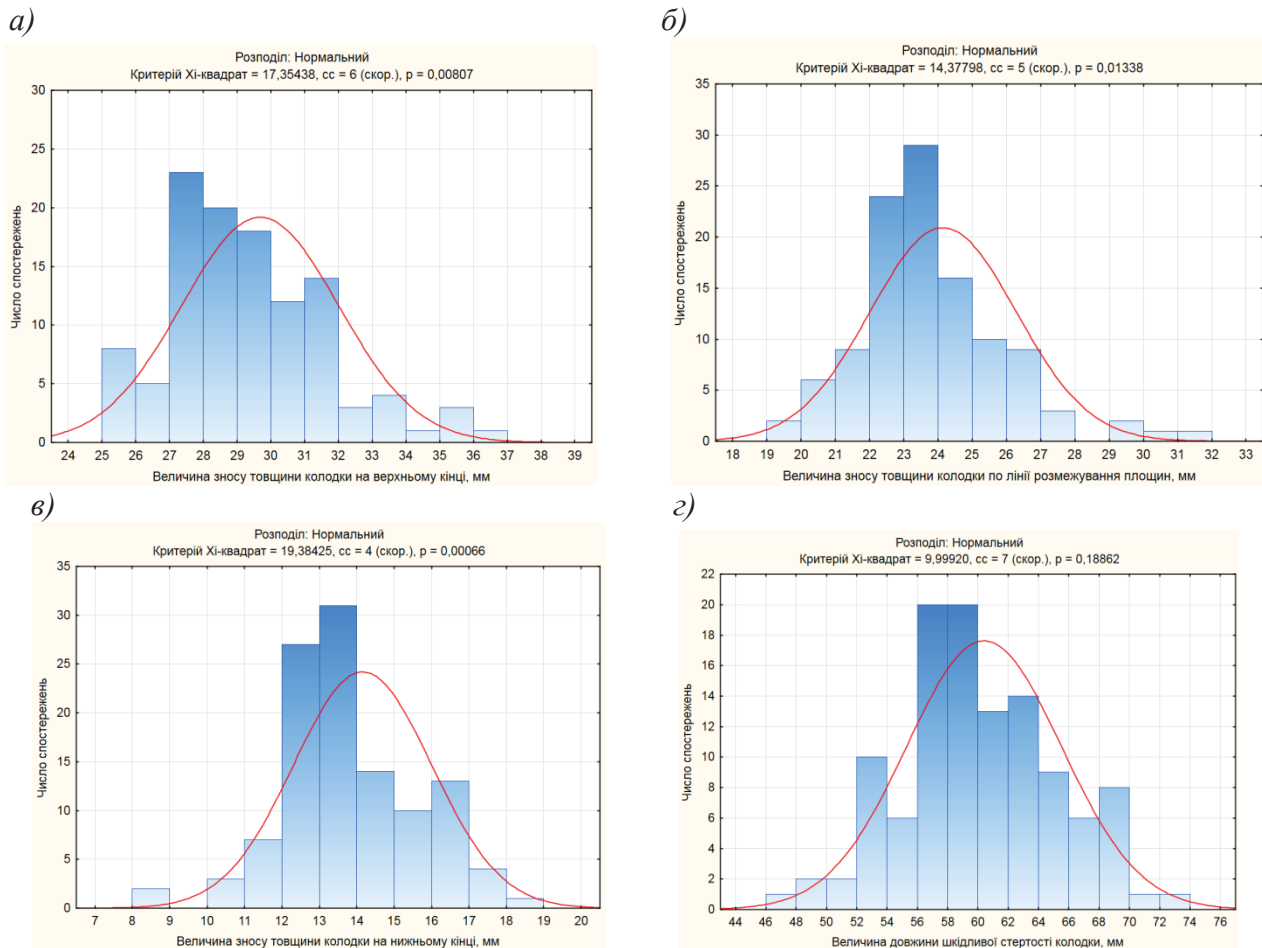


Рис. 3 – Результати обробки статистичного матеріалу стосовно зносу гальмових колодок при пробігу вагонів 48 тис. км: а) верх; б) лінія розмежування площин; в) низ; г) довжина шкідливої стертості верхнього кінця колодки

Із гістограм видно, що маємо досить великий діапазон величин зносу композиційних гальмових колодок під час пробігу вантажного вагона 48 тис. км, для верхнього кінця колодки від мінімального значення 25 мм до максимального 37 мм, по лінії розмежування площин відповідно від 19 мм до 32 мм, а також для нижнього кінця колодки від 8 мм до 19 мм. Це свідчить про те, що на характер та інтенсивність зносу гальмових колодок впливає особливість конструкції типового пристрою М 1180.000. З гістограм можна побачити, що немає рівномірного зносу колодок, а також додається довжина шкідливої стертості у верхньому кінці колодки від 46 мм до 74 мм, якої взагалі не повинно бути на колодках. Середній ресурс композиційної гальмової колодки типу 2ТР-11 у відповідності до [15] складає 110 тис. км. Однак, з гістограм чітко видно, що колодки через незначний пробіг, потрібно буде замінювати, оскільки відбувається шкідливий ненормативний знос верхнього кінця колодки [16]. Виходячи з вищенаведеного можна зробити висновок, що у вантажних вагонах необхідно використовувати подвійну кількість колодок від деповського до деповського ремонту вагонів, що суттєво збільшить собівартість вантажних перевезень.

Для з'ясування причини нахилу колодок під час попущеного гальма виконано комплексні дослідження наслідків клинодуального зносу гальмових колодок. Вони дозволили вперше встановити, що основною причиною такого негативного явища стає неузгодженість силових факторів. Вони зумовлені конструкцією триангельної гальмової системи на маятниковому підвісі.

За результатами досліджень встановлено, що триангелі у ГВП візка під час гальмувань сприймають силу від вертикальних важелів і передають на колодки для притиснення до коліс. У середній частині триангеля розташовується розпірка з технологічним отвором. До отвору шарнірно, за допомогою циліндричного валика, приєднується потужний вертикальний важіль, який своєю власною вагою і вагою деталей, що приєднані до нього, утворює на розпірці гравітаційну вертикально діючу силу за попущених гальм. Від дії цієї сили, перерозподіленої на дві маятникові підвіски, до яких шарнірно приєднано триангель, виникають реактивні сили. Але через те, що вісь приєднання вертикального важеля до розпірки триангеля не збігається із віссю приєднання його до маятникових підвісок, такі сили утворюють шкідливо діючий крутний момент на триангелі, який схиляє його до спірання верхніми кінцями гальмових колодок на поверхні кочення колісної пари [17–19].

У роботі [20] доведено, що для ліквідації явища спірання і шкідливого тертя колодок по колесах, коли попущені гальма, достатньо перенести місце розташування технологічного отвору у розпірці триангеля до збігання його осі з умовною віссю шарнірного приєднання триангеля до маятникових підвісок. У такому разі триангель не буде схилятися, а гальмові колодки не спіратимуться і не тертимуться об поверхні кочення колісних пар вагонів під час руху за попущеного стану гальм.

На підставі теоретичного аналізу виникнення ненормативного зносу гальмових колодок було доведено, що для вирішення поставленого технічного завдання потрібно ліквідувати плече, на якому вага вертикального важеля створює шкідливо діючий крутний момент, що діє на триангель та нахиляє його до спірання гальмовими колодками на поверхні кочення колісної пари.

Для підвищення надійної роботи гальм було виконано модернізацію ГСВ. Модернізація ГСВ вантажних вагонів виконується з метою усунення конструктивних недоліків у системі відведення гальмових колодок від поверхонь кочення колісних пар. За результатами аналізу встановлено, що для ліквідації шкідливо діючого крутного моменту потрібно перенести шарнір приєднання вертикального важеля до розпірки триангеля і розташувати його на одній прямій із парою шарнірів підвішування триангеля. Вимірювання типової конструкції триангеля й розрахунки показали, що технологічний отвір у розпірці потрібно перенести і розташувати на відстані 112 ± 2 мм (замість існуючої 224 ± 3 мм), вимірної від зовнішньої крайки балки триангеля. Така, досить не складна, але теоретично обґрунтована й доведена конструктивна зміна у триангелі, яка наведена на рисунку 4, вирішує проблему ненормативного зносу колодок.

Вказана конструктивна зміна дає змогу повністю ліквідувати шкідливо діючий крутний момент, тому модернізований триангель буде утримувати гальмові колодки без спірання на поверхні кочення колісної пари, унеможливаючи ненормативний знос колодок [21].



Рис. 4 – Вигляд модернізованого триангеля з перенесеним отвором у його розпірці на 112 ± 2 мм у бік швелерної балки

Зважаючи на те, що у такому стані модернізований триангель вільно утримується на шарнірах маятникових підвісок силами тертя, то ймовірно, що інтенсивні коливання ходової частини вагона можуть періодично змушувати нахилитися триангель у той чи інший бік. У такому разі колодки у попущеному стані гальма під час руху від вимушених коливань можуть схилитися і зачіпляти за поверхні кочення коліс верхньою або нижньою частинами.

Технологічно таку зміну місця розташування отвору у розпірці триангеля можна здійснювати декількома способами. Під час виготовлення нових триангелів пропонується модернізацію проводити зміною конструкції розпірки. Зважаючи на те, що розпірки для триангелів виготовляються із ливарної сталі (Ст. 20Л) методом лиття у форми, то для модернізації розпірки достатньо замінити ливарну модель, за якою формується відливка розпірки.

З перенесенням технологічного отвору у розпірках триангелів зменшується відстань на 224 ± 3 мм між вертикальними важелями у ГВП візка. Це потребує внесення змін у конструкцію деяких деталей ГВП. У серзі «мертвої точки», приєднання верхнього шарніра вертикального важеля до кронштейна «мертвої точки» надресорної балки візка потрібно виконати додатковий отвір для можливості виконання регулювання важільної передачі перестановкою валика.

Для недопущення можливості нахилів гальмових колодок до входження в частковий дотик з поверхнею кочення колеса розроблено пристрій (рис. 5), який буде сприймати незначні випадкові зусилля від коливань і нахилів візка під час руху та утримувати строго рівномірні зазори між колодками й колесами. У такому пристрої (рис. 5) між парою модернізованих триангелів 4 візка, у середній їх частині, розташовано напрямний криволінійний стрижень 1, кінці якого входять у циліндричні ковзуни 2, приварені до триангеля симетрично відносно технологічного отвору його розпірки. Вигин стрижня вниз має бути не меншим ніж максимально можливе зміщення надресорної балки 3 від завантаження вагона. Частина стрижня, що вигнуті вниз, розташовуються біля торців циліндричних ковзунів [17– 20]. У разі появи випадкових зусиль на триангелі від інтенсивних коливань і нахилів візка вагона під час руху працює криволінійний стрижень 1 у циліндричних ковзунах 2. Тут силам, які змушуватимуть триангель нахилитися відносно маятникових підвісок, будуть протидіяти реактивні сили, які створюватимуться між стрижнем і ковзунами. Через це триангелі будуть постійно перебувати у рівновазі та утримувати рівномірні зазори між колодками й колесами у попущеному стані гальма.

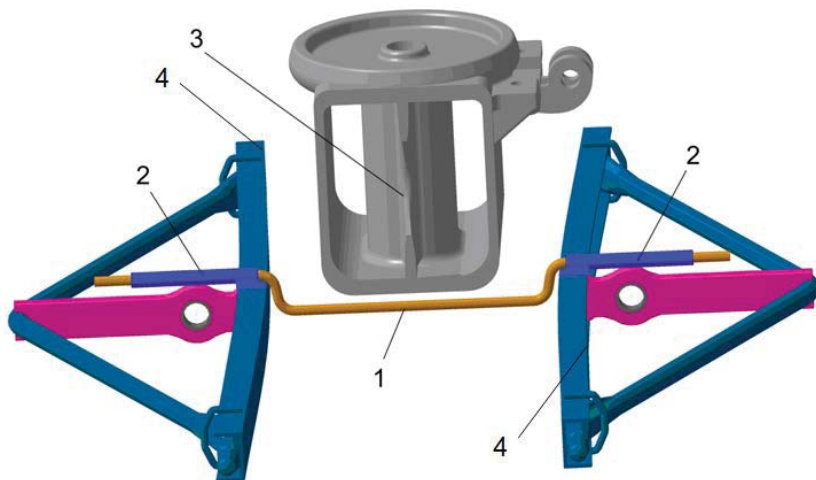


Рис. 5 – Загальний вигляд пристрою для утримання рівномірних зазорів між гальмовими колодками й поверхнями кочення колісної пари:

*1 – криволінійний напрямний стрижень; 2 – циліндричні ковзуни; 3 – надресорна балка;
4 – модернізовані триангелі з перенесенням отвору у розпірці*

Вигин напрямного стрижня вниз одночасно забезпечує:

- самоутримання стрижня між суміжними триангелями без додаткових кріплень;
- простір для зміщення вниз надресорної балки візка під завантаженням вагона;
- гарантію від його вандалного зняття.

Важливо сказати, що технологія виготовлення модернізованих деталей ГВП відносно типових не ускладнюється, як і їх монтаж у візку. Модернізація ГВП візка вантажного вагона, з експериментальним пристроєм рівномірного зносу гальмових колодок, розроблена на кафедрі інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).

На рис. 6 наведено комп'ютерну модель загального вигляду модернізованої ГВП. У якій шарнір Б приєднаний до вертикального важеля та розпірки триангеля і розташований на одній прямій А-А з шарнірами маятникових підвісок. Криволінійний стрижень у ковзунах утримує ГВП постійно у рівновазі, що забезпечує строго рівномірні зазори між колодками та колесами й забезпечує нормативний знос гальмових колодок [19, 21].

Модернізована ГВП, розроблена за технологією УкрДУЗТ (рис. 6), працює таким чином. Під час попуску гальм триангелі 4 з башмаками 2 та гальмовими колодками 1 рухаються під дією гравітаційних сил на маятникових підвісках 3 так, що відводять колодки від коліс. Завдяки врівноваженості гальмової системи відносно шарнірів маятникових підвісок колодки відходять від коліс рівномірно. У разі появи випадкових зусиль від коливань і нахилів вагона під час руху працює криволінійний стрижень 9, який завдяки розміщенню його кінців у циліндричних ковзунах 10 не дає можливості нахилитися триангелю 4, а отже, і колодкам 1 до спирання кінцями верхньої або нижньої частин на колеса. У ковзунах 10 у цей час створюються реактивні сили, які завдяки симетричному розташуванню ковзунів відносно отвору шарніра урівноважуються на тих частинах криволінійного стрижня, які містяться в ковзунах. Частини стрижнів, що вигнуті вертикально вниз і розташовані біля торців циліндричних ковзунів, утримують стрижень від повздовжнього зсуву і випадання від дії на нього повздовжніх сил під час гальмувань і дії випадкових зусиль від коливань і нахилів вагона [19, 20, 24].

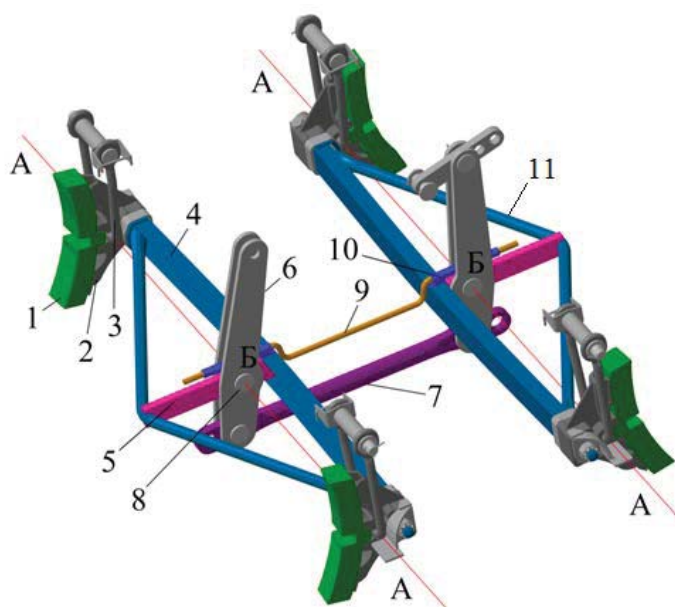


Рис. 6 – Модернізована ГВП з пристроєм рівномірного зносу колодок:

- 1 – гальмова колодка; 2 – гальмовий башмак; 3 – маятникова підвіска; 4 – триангель;
5 – розпірка триангеля; 6 – важіль; 7 – з'єднання важелів; 8 – шарнірне з'єднання вертикальних важелів до розпірок триангелів, розташоване на прямій А – А; 9 – криволінійний стрижень;
10 – циліндричний ковзун; 11 – струна триангеля*

Завдяки напрямному пристрою відбувається горизонтальне переміщення суміжних триангелів і гальмових колодок у ГВП візків. Таким чином, забезпечується рівномірність зазорів між колодками й колесами у попущеному стані гальма.

Для дослідження міцності модернізованої ГВП візка вантажного вагона за технологією УкрДУЗТ, побудовано її просторову модель в середовищі програмного комплексу SolidWorks (рис. 7).

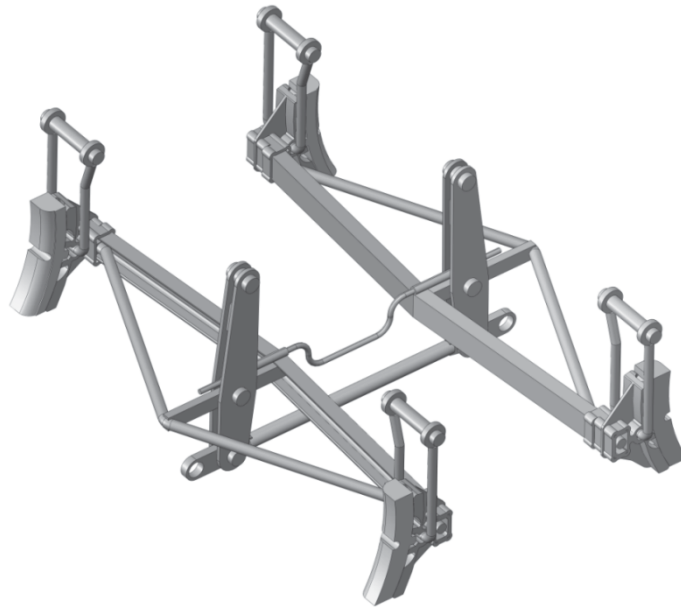


Рис. 7 – Просторова модель модернізованої ГВП візка вантажного вагона

Розрахунок на міцність модернізованої ГВП проведено за методом скінчених елементів, реалізованого в середовищі програмного комплексу SolidWorks Simulation. Оцінка міцності елементів ГВП здійснювалася за максимальними еквівалентними напруженнями в їх складових [22], за таким виразом:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\frac{(\sigma_x^к - \sigma_y^к)^2 + (\sigma_y^к - \sigma_z^к)^2 + (\sigma_z^к - \sigma_x^к)^2}{2}}, \quad (2)$$

де: $\sigma_x^к, \sigma_y^к, \sigma_z^к$ – головні напруження, які виникають в елементах ГВП.

При складанні скінчено-елементної моделі в якості скінчених елементів використані ізопараметричні тетраедри. Оптимальна кількість елементів скінчено-елементної моделі (СЕМ) (див. рис. 8), визначена графоаналітичним методом. Основні характеристики СЕМ типової ГВП візка вантажного вагона наведено в таблиці 1.

Табл. 1 – Основні характеристики СЕМ модернізованої ГВП візка вантажного вагона

Найменування параметра	Значення
Кількість точок Якобіана	4
Кількість вузлів	89124
Кількість елементів	352012
Максимальний розмір елемента, мм	15
Мінімальний розмір елемента, мм	3
Мінімальна кількість елементів в колі	9
Співвідношення збільшення розмірів елемента	1,7

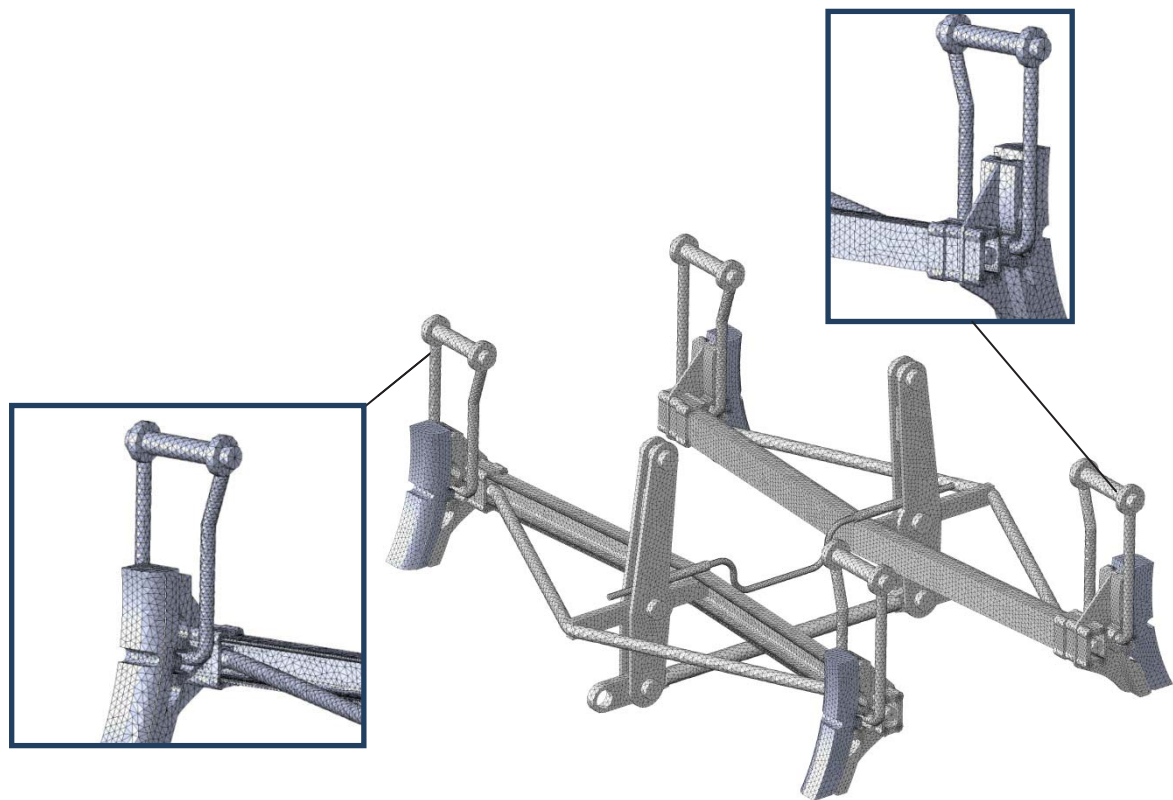


Рис. 8 – СЕМ модернізованої ГВП, розробленої за технологією УкрДУЗТ

Розрахункова схема модернізованої ГВП наведена на рисунку 9.

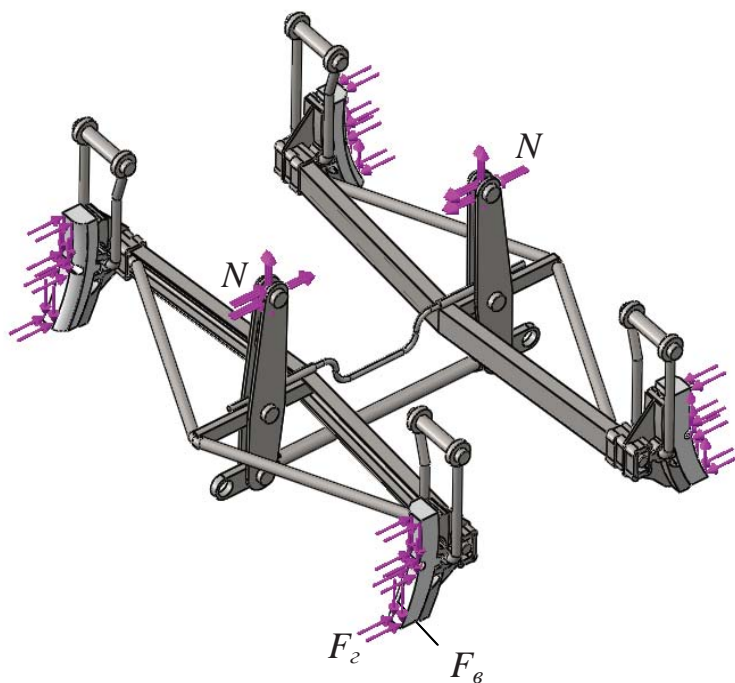


Рис. 9 – Розрахункова схема модернізованої ГВП вантажного візка

За наведеною розрахунковою схемою зусилля, яке діє на вертикальний важіль N_1 , розкладалося на дві складові з урахуванням кута прикладення. Навантаження, яке передається на гальмову колодку від колеса під час гальмування, також розкладалося на дві складові, з урахуванням кута нахилу колодки. При цьому вертикальна складова F_6 цього навантаження на першу за ходом руху пару колодок спрямована вгору, а на другу – до низу.

Сила тертя залежить від зусилля натискання колодки на колесо і триботехнічних характеристик контактуючих матеріалів (коефіцієнта тертя) та визначається за формулою:

$$F_{mp} = K \cdot \varphi_k, \quad (3)$$

де: φ_k – дійсний коефіцієнт тертя гальмової колодки.

Значенням зусилля K , може бути визначено на дві колодки візка для вантажного вагона за виразом [23]:

$$2K = P_{um} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{b+z}{z} \cdot \cos \alpha, \quad (4)$$

де: P_{um} – зусилля, яке виникає на штоку поршня гальмового циліндра під час гальмування; a , $b+z$ – величини, які дорівнюють розмірам ведучих плечей важелів; b , z – довжина ведених плечей важелів; α – кут між горизонтальною віссю і радіусом, який проведено через центр колеса і колодки.

Зусилля на штоку гальмового циліндра вагона визначаються за виразом:

$$P_{um} = P_u \frac{\pi d^2}{4} \eta_u - (P_s + c_n \cdot f + P_p), \quad (5)$$

де: d – внутрішній діаметр гальмового циліндра; P_u – тиск повітря у гальмовому циліндрі; P_s – зусилля попереднього стиснення відпускнуї пружини гальмового циліндра; c_n – жорсткість відпускнуї пружини; f – максимально допустимий хід поршня гальмового циліндра; η_u – коефіцієнт корисної дії гальмового циліндра; P_p – зусилля пружини автоматичного регулятора важільної передачі, яке приведене до штока гальмового циліндра.

Подібні рівняння можна скласти для кожної пари гальмових колодок, розглядаючи послідовно рівновагу важелів відносно нерухомих точок (шарнірів), які розташовані між штоком і відповідною парою колодок. Так як, для недопущення «юза», натиснення колодок на кожну колісну пару повинні бути однаковими, тоді натиснення на всі гальмові колодки вагона буде:

$$\sum K = P_{um} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{b+z}{z} \cdot m_k \cdot \cos \alpha. \quad (6)$$

В той же час

$$\sum K = P_{um} \cdot n \cdot \eta_{en}, \quad (7)$$

де: m_k – кількість пар гальмових колодок, які притискаються до коліс від одного гальмового циліндра; n – передаточне число ГВП; η_{en} – коефіцієнт корисної дії важільної передачі.

Тому

$$P_{um} \cdot n \cdot \eta_{en} = \frac{a}{b} \cdot \frac{b+z}{z} \cdot m_k \cdot \cos \alpha. \quad (8)$$

Із рівняння (8) можемо визначити передаточне число для важільної передачі, без урахування втрат сили на тертя в шарнірних вузлах:

$$n = \frac{a}{b} \cdot \frac{b+z}{z} \cdot m_k \cdot \cos \alpha. \quad (9)$$

Питомий тиск, який створюється колодкою на колесо під час гальмування, буде таким:

$$p = \frac{K \cdot 10^3}{F_k}, \quad (10)$$

де: F_k – площа поверхні тертя гальмової колодки, см².

Закріплення моделі здійснювалося за елементи підвішування ГВП до рами візка вантажного напіввагона. При цьому закріплення моделювалося як «зафіксований шарнір» (рис. 10).

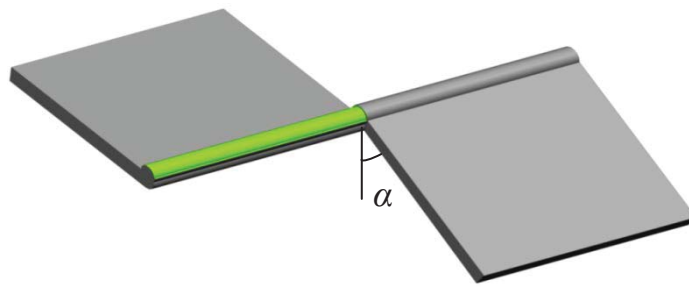


Рис. 10 – Загальний вигляд зафіксованого шарніра

Для виготовлення елементів ГВП використано сталь, а гальмових колодок – композит. Результати розрахунку модернізованої ГВП на міцність наведено на рисунках 11 і 12.

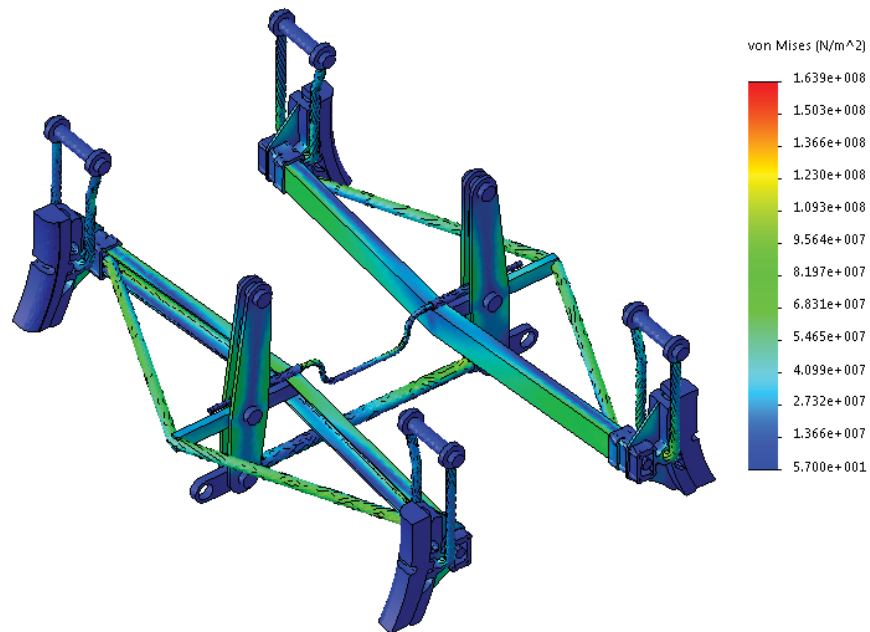


Рис. 11 – Напружений стан модернізованої ГВП візка вантажного вагона

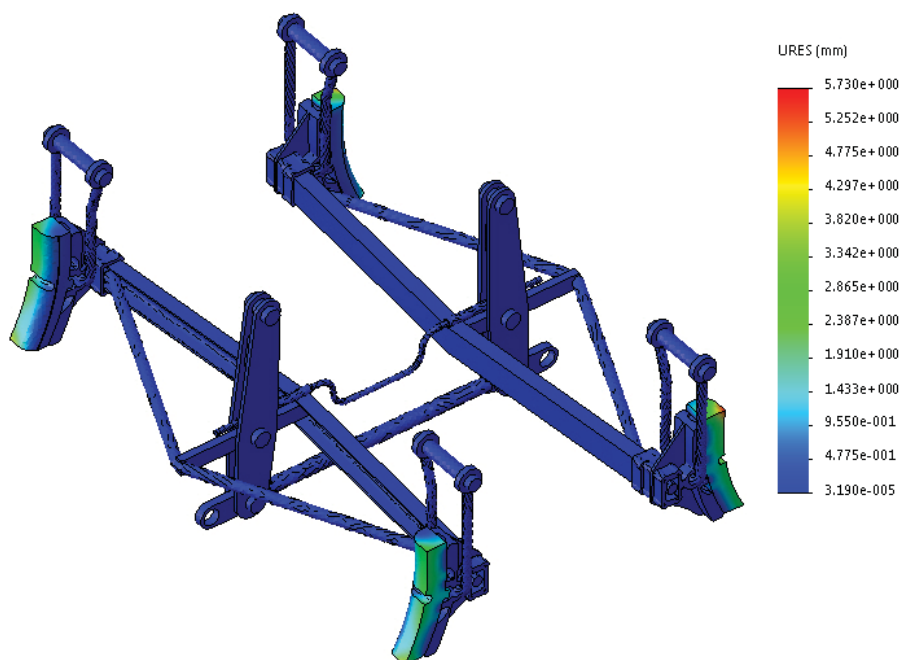


Рис. 12 – Переміщення в вузлах модернізованої ГВП візка вантажного вагона

За результатами розрахунку встановлено, що максимальні еквівалентні напруження виникають у струні триангеля й складають 163,9 МПа, тобто не перевищують допустимі значення [25]. Максимальні переміщення зафіксовані у гальмових колодках – 5,7 мм. Тобто міцність модернізованої ГВП забезпечується.

За розпорядженням Департаменту вагонного господарства АТ «Укрзалізниця» модернізовані ГВП були встановлені на десяти напіввагонах. Експериментальні вагони були представлені для комісійного огляду, з обстеженням їх технічного стану і оцінки працездатності дослідних пристроїв. Також здійснювали вимірювання величини зазорів між колодками і колесами та товщин колодок для визначення параметрів їх зносу. Обстеження показали, що на елементах дослідних ГВП пошкоджень і зносів, ні на одному з них, не виявлено. Дослідні пристрої забезпечують рівномірне, чітке і повне відведення гальмових колодок від коліс під час попущених гальм вагонів [20, 24]. Таким чином, ліквідується нахил і шкідливе тертя верхніх кінців колодок по колесам під час руху у поїздах без гальмування (рис. 13), а робоча маса колодок, завдяки дослідних ГВП, зношується тільки під час гальмувань.



Рис. 13 – Зазори між елементами триботехнічної пари «гальмова колодка – колесо» у візку вантажного напіввагона з модернізованими ГВП

Завдяки цьому, загальний знос гальмових колодок суттєво зменшився. Отримані величини зносу гальмових колодок у дослідних вантажних вагонах засвідчили імовірність збільшення їх терміну служби до пробігу вагонів не менше 210 тис. км. Тобто, до першого деповського ремонту нових вагонів не потрібна заміна гальмових колодок, а виконується тільки періодичне регулювання важільної передачі перестановкою валиків у кінематичних вузлах ГВП візків, що забезпечує рівномірний і тривалий знос колодок (рис. 14).

Для наочності, зручності використання та ефективності опрацювання визначені величини зносу гальмових колодок оброблено за допомогою програмного комплексу STATISTICA. До уваги приймалися величини зносу верхніх і нижніх частин колодок, як найбільш зношених за пробігу 164,6 тис. км дослідних вантажних вагонів (рис. 15).



Рис. 14 – Вигляд композиційних гальмових колодок дослідних напіввагонів з рівномірним зносом за товщиною після тривалої експлуатації

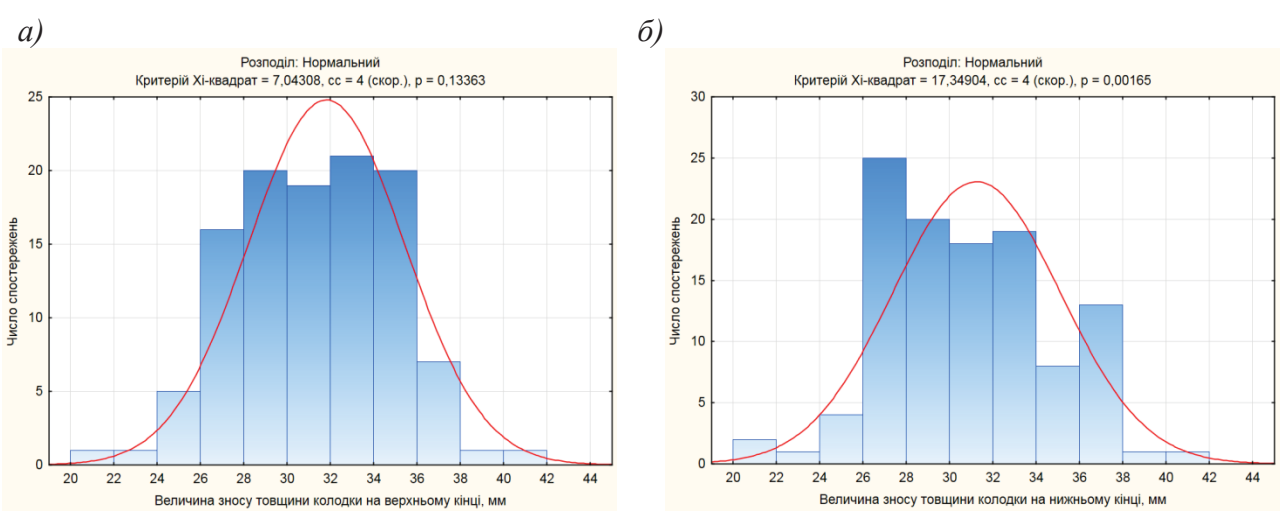


Рис. 15 – Результати статистичної обробки даних вимірів стосовно зносу гальмових колодок за пробігу дослідних вантажних вагонів 164,6 тис. км:
а) верхня частина; б) нижня частина

Із наведених гістограм видно, що маємо досить великий діапазон величин зносу композиційних гальмових колодок – від мінімального значення 20 мм до максимального 42 мм. Це свідчить про те, що на характер та інтенсивність зносу гальмових колодок впливає велика кількість різноманітних експлуатаційних чинників, які надалі потребують проведення спеціальних досліджень.

Важливо сказати, що на рівномірність зазорів між колодками і колесами та знос композиційних гальмових колодок вантажних вагонів великий вплив здійснює відхилення від прямолінійності кінцівок криволінійного стрижня (див. рис. 6). Це потребує корегування розмірів розроблених креслеників із вказівками дотримання під час виготовлення стрижнів допуску відхилення від прямолінійності не більше $\pm 0,5$ мм.

Зміна конструкції ГВП візків вантажних вагонів, що пропонується, дасть можливість зменшити нерівномірність зносу гальмових колодок. Це доведено як теоретично, так і натурними експлуатаційними випробуваннями, які показали позитивні результати.

Висновки

1. Виконано огляд і аналіз конструкцій різних типів вантажних вагонів, які належали до різних держав і були побудовані в різні роки та ГВП їх візків, з визначенням величин зносу композиційних гальмових колодок. Результати аналізу зібраного статистичного матеріалу показали, що має місце досить великий діапазон величин зносу композиційних гальмових колодок під час пробігу вантажних вагонів 48 тис. км, який складає для верхнього кінця колодки від мінімального значення 25 мм до максимального – 37 мм, по лінії розмежування площин, відповідно, від 19 мм до 32 мм, а також для нижнього кінця колодки від 8 мм до 19 мм. Це свідчить про те, що на характер та інтенсивність зносу гальмових колодок впливає особливість конструкції типового пристрою М 1180.000 ГВП візка вагону. Також обстеження показали, що на колодках у верхніх їх кінцях виникає шкідлива стертість довжиною від 46 мм до 74 мм, якої взагалі не повинно бути на колодках.

2. Для модернізації ГВП візка вантажного вагона аналітично визначено найбільш раціональне місце розташування технологічного отвору приєднання вертикального важеля до розпірки триангеля, яке повинно бути перенесене на 112 ± 2 мм у бік швелерної балки, тобто на одну пряму із шарнірами маятникових підвісок. Завдяки виконанню таких дій досягається врівноваженість ваги деталей відносно їх маятникового підвішування у ГВП й знешкоджується шкідливо діючий крутний момент на триангелі.

3. Розрахунки на міцність модернізованої ГВП візка моделі 18-100 вантажного вагона за технологією УкрДУЗТ показали, що максимальні еквівалентні напруження виникають у струні передачі та складають близько 163,9 МПа, тобто не перевищують допустимі. Максимальні переміщення композиційних гальмових колодок, які було зафіксовано для модернізованої передачі, становлять 5,7 мм. Тобто, міцність модернізованої за технологією УкрДУЗТ ГВП візка забезпечується.

4. Експлуатаційні випробування модернізованої ГВП візка із запропонованими пристроями забезпечили рівномірний знос гальмових колодок у поїздах дослідних вагонів. Після пробігу вагона з модернізованою ГВП близько 164,6 тис. км забезпечується рівномірний знос колодок, без пошкоджень у дослідних пристроях. Результати випробувань підтвердили, що перенесення технологічного отвору у розпірці триангеля на одну пряму із шарнірами маятникових підвісок гальмових башмаків ліквідує крутний момент на триангелі і позитивно впливає, як на знос гальмових колодок і надійну роботу важільної передачі, в цілому, так і на убезпечення руху поїздів.

5. У візках вантажних вагонів нового покоління для підвищення гальмової ефективності вантажних поїздів й убезпечення їх руху потрібно застосовувати комплексний науковий підхід до модернізації елементів ГВП, спрямованої на забезпечення стійкої, якісної й довготривалої працездатності елементів важільної передачі, з утриманням рівномірних зазорів між колодками й колесами під час попущених гальм, що стає запорукою запобігання ненормативному зносу гальмових колодок у вагонах вантажного парку.

6. Запропоновані заходи з модернізації ГВП доцільно застосовувати не тільки на стадіях проектування і виготовлення механічних частин систем гальм нових вантажних вагонів на вагонобудівних заводах, але і для цілей модернізації гальмових систем вагонів під час проведення їх деповських та капітальних ремонтів на вагоноремонтних підприємствах АТ «Укрзалізниця».

Література

1. Smileski T. Comparison of Classical Brake for Freight Wagons with New Integrated Bogie Brake IBB 10 for Freight Wagons / T. Smileski, R. Rakipovski, M. Mičić // Proceedings of the XVII Scientific-Expert Conference on Railways RAILCON '16, October 13-14, 2016, Niš. – Niš : Faculty of Mechanical Engineering, 2016. – P. 69-72.

2. Chary R. Design and Analysis of Train Brake System / R. Chary, E. Khan // International Journal of Advanced Research and Innovation. – 2014. – Vol. 7, Iss. 3. – P. 27-33.

3. Freight catalog Wabtec corporation Your Transportation, Equipment & Service Provider // Каталог. – Режим доступу: <https://www.scribd.com/document/663893837/WABTEC-Freight-Car-Components-Catalog-v1>.
4. Amsted Rail announces agreement to acquire Amsted Rail-Faiveley brake component business. – Режим доступу : <https://www.amstedrail.com/amsted-rail-announces-agreement-to-acquire-amsted-rail-faiveley-brake-component-business/>
5. Zhang Y. The application status of unit brakes on metro vehicles in China / Y. Zhang, M. Zhang // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). – 2018. – Vol. 3 (15). – P. 17-23.
6. Блохин Е. П. Тележки ЗК1 полувагонов, построєних в КНР / Е. П. Блохин, К. Т. Алпысбаєв, В. Я. Панасенко [и др.] // Вагонний парк. – 2012. – №9 (66). – С. 12-14.
7. Сіренко К. А. Аналіз впливу матеріалу гальмівних колодок на утворення дефектів на поверхні кочення коліс залізничного транспорту / К. А. Сіренко, В. Л. Мазур // Метал та лиття України. – 2024. – № 2 (32). – С. 57-63. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.02.008>
8. Influence of structural solutions of an improved brake cylinder of a freight car of railway transport on its load in operation / S. Panchenko, G. Vatulia, A. Lovska, V. Ravlyuk, I. Elyazov, I. Huseynov // EUREKA: Physics and Engineering. – 2022. – Vol. 6. – P. 45-55. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002638>
9. Радзиховский А. А. Устройство отвода тормозных колодок / А. А. Радзиховский, И. А. Омеляненко, Л. А. Тимошина // Вагонний парк. – 2009. – № 11-12. – С. 18-21.
10. Comparative Analysis of Disc Brake Model for Different Materials Investigated Under Tragic Situations / V. Gupta, K. Saini, A. K. Garg, G. Krishan, O. Parkash // Asian Review of Mechanical Engineering. – 2016. – Vol. 5 (1). – P. 18-23. <https://doi.org/10.51983/arme-2016.5.1.2409>
11. Sarip S. Design Development of Lightweight Disc Brake for Regenerative Braking – Finite Element Analysis / S. Sarip // International Journal of Applied Physics and Mathematics. – 2013. – Vol. 3 (1). – P. 52-58. DOI: 10.7763/IJAPM.2013.V3.173
12. Day A.J. A Finite Element Approach to Drum Brake Analysis / A.J.Day, P. Harding, T.P.Newcomb // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. – 1979. – Vol. 193, iss. 1. – P. 401-406. DOI: 10.1243/PIME_PROC_1979_193_043_02.
13. Day A. J. Drum brake interface pressure distributions / A. J. Day // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D : Journal of Automobile Engineering. – 1991. – Vol. 205, iss. 2. – P. 127-136. https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1991_205_161_02
14. Теорія ймовірностей, математична статистика та імовірнісні процеси : навчальний посібник / [Л. Л. Джавала, Ю. М. Слюсарчук, Й. Я. Хром'як, В. М. Цимбал]. – Львів : Львівська політехніка, 2015. – 364 с.
15. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. [Чинний від 1997-10-28 № 264-Ц]. – Київ : ТОВ НВП «Поліграфсервіс», 2004. – 146 с.
16. Колодки гальмові композиційні з сітчато-дротяним каркасом для залізничних вантажних вагонів. Технічні умови. ТУ У 6-05495978.017-2001. 2001. – 27 с.
17. Пат. 121889 Україна, МПК51 В60Т 1/02 (2006.01), В61Н 15/00, В61Н 13/00. Підсилюючий пристрій до паралельного відведення колодок від коліс у гальмівній системі візків вантажних вагонів / В. Г. Равлюк, С. І. Нечволода ; заявник та патентовласник Український державний університет залізничного транспорту. – № 201704009 ; заявл. 24.04.17; опубл. 26.12.17, Бюл. №24.
18. Пат. 121003 Україна, МПК В61Н 15/00, В61Н 13/22 (2006.01), В61Н 13/34 (2006.01). Пристрій для нормативного зносу колодок механічної частини гальма візків вантажних вагонів / В. Г. Равлюк ; заявник та патентовласник Равлюк В. Г. – № 201900107 ; заявл. 03.01.19; опубл. 10.03.20, Бюл. №5.
19. Пат. 153753 Україна, МПК (2023.01). В60Т 1/02 (2006.01), В61Н 15/00, В61Н 13/00. Пристрій для запобігання ненормативного зносу колодок механічної частини гальма візків вантажних вагонів / С. В. Панченко, Г. Л. Ватуля, А. О. Ловська, В. Г. Равлюк, С. І. Нечволода ; заявник та патентовласник Український державний університет залізничного транспорту. – № 202204850 ; заявл. 19.12.22; опубл. 23.08.23, Бюл. №34.
20. Равлюк В. Г. Розвиток наукових основ з забезпечення руху поїздів шляхом підвищення ефективності експлуатації гальмових систем вантажних вагонів: дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07 / Равлюк Василь Григорович. – Харків, 2024. – 408 с.

21. Уточнені розрахунки 2D схем-моделей гальмових важільних передач для збільшення ресурсу колодок вантажних вагонів / В. Равлюк, М. Равлюк, Я. Фісіна, Р. Нуруллаєв // Збірник наукових праць ДУІТ : Серія «Транспортні системи і технології». – 2020. – № 35. – С. 24-34. DOI: 10.32703/2617-9040-2020-35-3

22. Determination of the thermal stress state for the composite brake pad of a wagon at operational loads / S. V. Panchenko, G. L. Vatulia, A. O. Lovska, V. G. Ravlyuk // IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science. – 2023. – Vol. 1254. – <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012141>

23. Завдання та методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни «Автоматичні гальма рухомого складу» : методичні вказівки / [В. Г. Равлюк, А. О. Ловська, Я. В. Дерев'янчук, І. М. Афанасенко]. – Харків : УкрДУЗТ, 2016. – 48 с.

24. Розробка конструкторсько-технологічної документації на проведення модернізації гальмових важільних передач візків вантажних вагонів : звіт про НДКР (заключий) : Українська державна академія залізничного транспорту. – № ДР 0111U008972. – Харків : – 2012. – 53 с.

25. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – [Чинний від 2015-07-01]. – Київ, 2015. – 250 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Панченко Сергій Володимирович,

д.т.н., професор, в.о. ректора Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).
Майдан Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
E-mail: panchenko074@ukr.net.

Ватуля Гліб Леонідович,

д.т.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи, відновлення та розвитку університету
Харківського національного університету
міського господарства імені О.М. Бекетова.
Вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна.
E-mail: glib.vatulia@kname.edu.ua.
ORCID ID: 0000-0002-3823-7201

Ловська Альона Олександрівна,

д.т.н., професор, професор кафедри інженерії
вагонів та якості продукції УкрДУЗТ.
Майдан Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com.
ORCID ID: 0000-0002-8604-1764

Равлюк Василь Григорович,

д.т.н., доцент, доцент кафедри інженерії
вагонів та якості продукції УкрДУЗТ.
Майдан Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
E-mail: ravvg@ukr.net.
ORCID ID: 0000-0003-4818-9482

Мямлін Сергій Сергійович,

к.т.н., докторант кафедри «Вагони та вагонне господарство»
Українського державного університету науки і технологій.
Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна.
E-mail: sergeymyamin91@gmail.com.
ORCID ID: 0000-0002-9204-4435

Кваліфікаційно-атестаційний центр зварників

АТЕСТАЦІЙНИЙ ЦЕНТР ЗВАРНИКІВ



АТЕСТАЦІЯ ЗВАРНИКІВ

Кваліфікаційно-атестаційний центр зварників (далі – КАЦЗ) філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (далі – філія «НДКТІ») АТ «Укрзалізниця» проводить атестацію зварників на право виконання зварювальних та наплавлювальних робіт при виготовленні, ремонті та модернізаціях металоконструкцій, обладнання, вузлів та деталей залізничного рухомого складу, в тому числі спеціального, для потреб залізничного транспорту згідно з нормативними документами, які затвердженні наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 05.08.2009 № 834:

- СОУ 35.2-00017584-030-1:2009. «Правила атестації зварників на залізничному транспорті. Зварювання та наплавлення. Частина 1. Сталі»;

- СОУ 35.2-00017584-030-2:2009. «Правила атестації зварників на залізничному транспорті. Зварювання та наплавлення. Частина 2. Чавуни»;

- НПАОП 0.00-1.16-96. «Правила атестації зварників», Держнаглядохоронпраця.

Атестація зварників може проводитись як на базах атестаційного центру зварників філії «НДКТІ» (м. Київ, м. Запоріжжя) так і на території Замовника, при наявності у нього відповідного матеріально-технічного забезпечення (навчальний клас, зварювальне обладнання та інше - визначається при проведенні аудиту), що дозволяє проводити атестацію зварників з частковим відривом їх від виробництва та заощадити кошти на відрядження. При навчанні зварників враховується специфіка зварювальних та наплавлювальних робіт.

Надання послуг організаціям та структурним підрозділам, які входять до складу АТ «Укрзалізниця», здійснюється на підставі укладеного Внутрішнього зобов'язання, з розрахунком по авізо. Для всіх інших підприємств послуги надаються на підставі укладених договорів з філією «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця».

Для початку робіт з атестації зварників Замовникам необхідно надати в електронному вигляді або поштовим відправленням Заяву та Лист на атестацію зварників на адресу:

м. Київ, вул. Івана Федорова, 39, філія «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця».

тел. (044) 309-76-20 (5-76-20)

e-mail: ndkti@uz.gov.ua

Web: https://www.uz.gov.ua/about/general_information/entertainments/etc/

КОНТАКТИ:

Начальник КАЦЗ

Браславець Юрій Володимирович,

моб. тел. +38 050 465 33 04

e-mail: braslavets1520mm@gmail.com

Lotus Notus: Браславець Ю.В. КАЦЗ/НДКТІ/DNEPR/UKRZAL

З організаційних питань звертатися:

Гурський Юрій Олександрович,

моб. тел. +38 063 452 60 93,

e-mail: hurskyi1520mm@gmail.com

Lotus Notus: Гурський Ю.О. КАЦЗ/НДКТІ/DNEPR/UKRZAL

З питань оформлення Договорів, Внутрішніх зобов'язань,

актів здавання-приймання послуг звертатися:

Булат Олена Вікторівна,

моб. тел. +38 063 948 74 57,

e-mail: bulat1520mm@gmail.com,

Lotus Notus: Булат О.В. КАЦЗ/НДКТІ/DNEPR/UKRZAL