

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

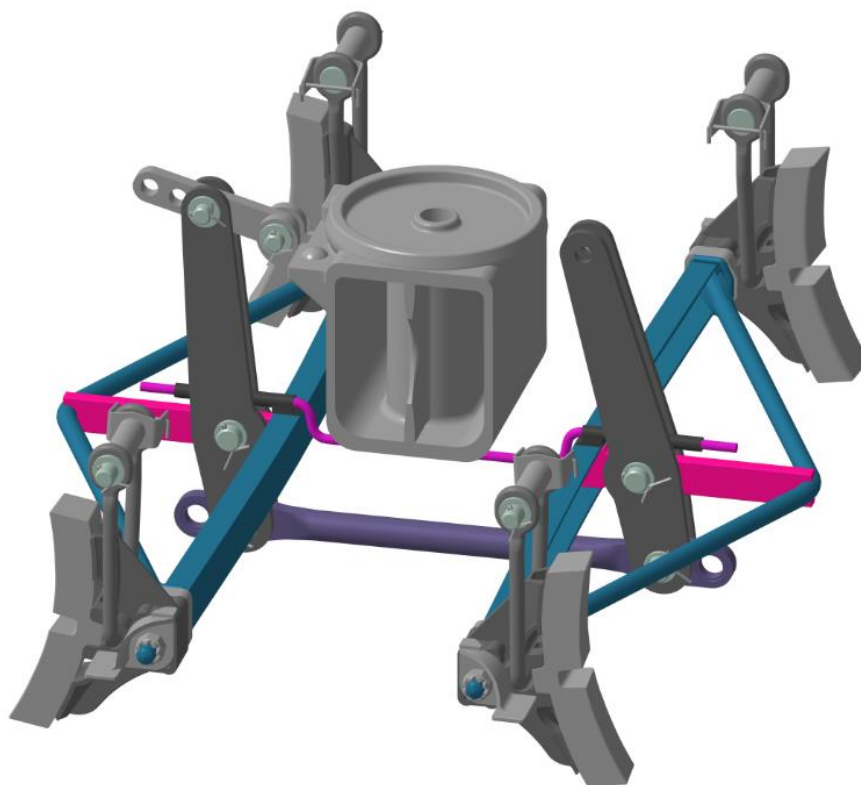
МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра вагонів

В. Г. Равлюк, А. О. Ловська

СУЧАСНІ ГАЛЬМОВІ СИСТЕМИ ВАГОНІВ
Конспект лекцій

Частина 3



Харків – 2020

Равлюк В. Г., Ловська А. О. Сучасні гальмові системи вагонів: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – Ч. 3. – 70 с.

У третій частині конспекту лекцій розглянуто теоретичні засади з модернізації технічного стану гальмової важільної передачі вантажних вагонів. Виконано комплекс досліджень ненормативного зносу гальмових колодок вантажних вагонів й упорядковано класифікацію їх видів зносу. Описано основні пристрої для рівномірного зносу колодок, наведено їх основні недоліки роботи. Також розглядається інноваційний пристрій, розроблений УкрДАЗТ, для якого виконано комп'ютерне моделювання міцності його елементів. Розглянуто організацію технічного обслуговування і вимоги, які висуваються до гальмового обладнання сучасних пасажирських вагонів. Наведено сучасні діагностичні системи для гальмового обладнання рухомого складу. Поданий матеріал сприятиме покращенню засвоєння навчального матеріалу з дисципліни «Сучасні гальмові системи вагонів» для студентів усіх форм навчання спеціальності 273 «Залізничний транспорт» (Вагони та вагонне господарство).

Іл. 44, табл. 2, бібліогр.: 18 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри вагонів 24 лютого 2020 р., протокол № 7.

Рецензент

доц. В. В. Бондаренко

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Тема 1. Теоретичні основи з модернізації технічного стану гальмової важільної передачі.....	5
1.1 Дослідження негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмових колодок з колісними парами у вантажних вагонах.....	5
1.2 Види зносу гальмових колодок вантажних вагонів.....	12
1.3 Причини виникнення негативно діючих сил і переміщень гальмових колодок відносно коліс під час гальмувань...	15
1.4 Конструктивні особливості пристроїв для рівномірного зносу гальмових колодок.....	22
1.5 Практичне обґрунтування модернізації ГВП візків вантажних вагонів.....	29
1.6 Комп'ютерне моделювання міцності ГВП візка вантажного вагона з урахуванням використання інноваційного пристрою УкрДАЗТ.....	35
Тема 2. Організація проведення технічного обслуговування гальм пасажирських вагонів.....	41
2.1 Технічні вимоги до обслуговування автогальм пасажирських вагонів.....	41
2.2 Включення гальм пасажирських вагонів.....	42
2.3 Забезпечення пасажирських вагонів і поїздів гальмами..	42
2.4 Технічне обслуговування ТО-1 пасажирських вагонів, які обладнані гальмами фірми «Кнорр-Бремзе».....	43
2.5 Порядок включення гальм «КЕ» пасажирських вагонів міжнародного сполучення.....	46
2.6 Порядок включення вагонів з дисковими гальмами у состави пасажирських поїздів.....	46
Тема 3. Діагностичні системи для гальмового обладнання рухомого складу.....	48
3.1 Пристрої для діагностування гальм пасажирських вагонів..	48
3.2 Системи управління швидкістю руху поїзда.....	53
3.3 Системи діагностування гальмової мережі вантажних вагонів ЕСР-4200.....	58
3.4 Система контролю електропневматичних гальм і реєстрації параметрів руху.....	62
Список літератури.....	69

Вступ

Створення рухомого складу нового покоління має здійснюватися на основі інноваційного підходу, тобто створення якісно нових конструкцій вагонів, які характеризуються високою надійністю, економічністю в експлуатації і технічному утриманні.

Для забезпечення своєчасних перевезень рухомий склад, нарівні з іншими технічними засобами, повинен працювати безвідмовно та гарантувати безпеку руху, особливо при гальмуванні. Тому гальма є однією з основних частин сучасного рухомого складу, від рівня досконалості конструкції, ефективності, надійності й безвідмовної роботи яких значно залежить безпека руху поїздів, а також пропускна та перевізна спроможність залізниць.

Аналіз безпеки руху у вагонному господарстві АТ «Укрзалізниця» за 2005-2020 рр. свідчить про те, що за чверть століття механічні системи гальм візків вантажних вагонів стали дуже вразливими й у більшості експлуатаційного вагонного парку знаходяться у незадовільному стані. Тому у провідних організаціях, що тісно пов'язані з залізничним транспортом, виконуються роботи з підвищення довговічності і надійності гальм вантажних поїздів.

Існуючі вимоги до сучасного рухомого складу приводять до необхідності збільшення швидкостей його руху, також стають більш жорсткими підвищені вимоги до надійності роботи гальмової системи поїзда для забезпечення безпеки руху. Для забезпечення високої ефективності роботи гальмової системи швидкісних і високошвидкісних поїздів у першу чергу необхідна наявність всіх елементів системи з найвищою якістю і надійністю роботи.

Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні гальмові системи вагонів» відображує у стислій формі матеріал курсу та сприяє більш успішному вивченню навчального матеріалу серед студентів денної та заочної форм навчання.

Конспект лекцій рекомендовано використовувати при виконанні курсового проектування і написанні магістерських кваліфікаційних робіт.

ТЕМА 1. Теоретичні основи з модернізації технічного стану гальмової важільної передачі

1.1 Дослідження негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмових колодок з колісними парами у вантажних вагонах

За експлуатаційними даними щодо зносу гальмових колодок різних типів вантажних вагонів встановлено, що в них виникає ненормативний знос. Це відбувається під впливом багатьох факторів, що мають як детермінований, так і стохастичний характер. У цьому зв'язку за останні десятиріччя стан гальмового обладнання рухомого складу вантажних вагонів в АТ «Укрзалізниця» істотно погіршився і став суттєвим макроекономічним фактором, який стримує збільшення обсягів вантажних перевезень на залізниці й підвищує їхню собівартість.

Таким чином, стає вкрай актуальним завдання досліджень і пошуку шляхів підвищення надійності та працездатності гальм вантажних поїздів, зокрема гальмових колодок, уточнювання функціональних залежностей між пробігами, навантаженням і середньою швидкістю руху вагонів, що важливо для своєчасного ремонту та безпечної експлуатації. Нехтування цими обставинами може призвести до аварій і катастроф. Проте з достовірним визнанням термінів працездатності колодок, дотриманням правил експлуатації і ремонту, а також при раціональному конструюванні гальмової важільної передачі (ГВП) можна значно подовжити їх ресурс і безпечно використання.

Результати проведених розширених обстежень гальмової механічної системи візків вантажних вагонів в умовах експлуатації дозволили встановити, що більше 80 % гальмових колодок у вантажних поїздах при русі без гальмування сильно звисають, нахилені і труть верхньою частиною по поверхні кочення коліс. У процесі фрикційного зносу такі колодки набувають клиноподібної форми. Верхні їх кінці стають тонкими, а нижні залишаються товстими, майже нестертими. При цьому верхня частина робочої маси колодок зношується не при

гальмуваннях, а від тертя по колесах при русі без гальмування, створюючи шкідливий опір руху всього поїзда [6, 10].

Аналіз результатів натурних обстежень і проведені аналітичні дослідження процесу клинодуального зносу гальмових колодок (рисунок 1.1) дали змогу вперше виявити ряд супутніх такому зносу негативних факторів, що істотно впливають на збитки, які наносяться як залізничній інфраструктурі, так і навколишньому природному середовищу [7].

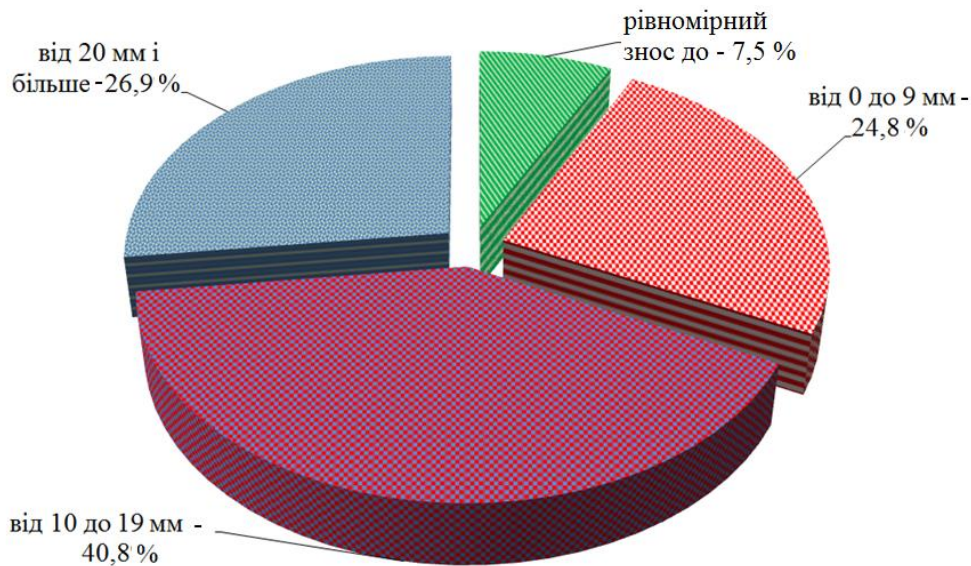


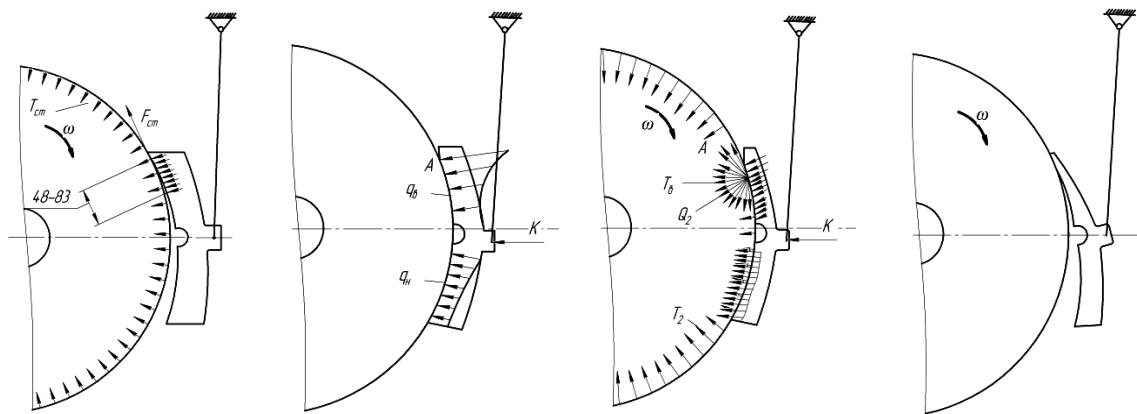
Рисунок 1.1 — Діаграма часткового розподілу середніх розмірів ексцентричного зносу гальмових колодок вантажних вагонів

Обґрунтувати й оцінити збитки вдалося на підставі проведених досліджень силових факторів, що виникають у типовій конструкції триангельної гальмової системи візків вантажних вагонів і триботехнічних процесів, обумовлених дією ненормативно виникаючих сил. Такі шкідливо діючі сили утворюються гравітаційною масою деталей ГВП у візках вантажних вагонів. Водночас динамічні впливи ударного характеру, які виникають у шарнірних з'єднаннях з зазорами більше 1 мм в невіднесених частинах візків, руйнують як ті механізми, що застосовуються на сьогодні для рівномірного зносу гальмових колодок, так і інші, що розробляються та впроваджуються не тільки на регіональних філіях АТ «Укрзалізниця», але й за кордоном.

Після нетривалого терміну служби такі пристрої втрачають працездатність, через це колодки нахилиються до упору верхніми краями в поверхню кочення коліс і під час руху в поїздах без гальмування на них виникає місцевий фрикційний знос (рисунок 1.2, а), який супроводжується тепловиділенням T_{cm} з утворенням шкідливо діючої сили тертя F_{cm} , що створює опір обертанню колеса [6, 14, 17].

При гальмуваннях верхня стерта частина колодок відходить від колеса й не бере участі у створенні гальмової сили (рисунок 1.2, б). Фрикційна взаємодія колодок з колесами, а отже, і гальмовий процес істотно спотворюються через перерозподіл питомих тисків за довжиною колодок $q_в > q_н$. На верхніх укорочених стертістю частинах колодок концентруються значно більші питомі тиски, ніж на нижніх. Тому верхні частини колодок зношуються прискорено з утворенням осередку інтенсивних тепловиділень $T_в$ у контакті фрикційної взаємодії з колесами. Водночас на нижніх частинах колодок через менші питомі тиски знос і тепловиділення $T_н$ значно менше, що й призводить до клинодуального зносу гальмових колодок (рисунок 1.2, в). У такий спосіб граничний знос у верхніх частинах колодок настає значно раніше, що вимагає їх заміни при досить великій залишковій робочій масі на нижніх частинах колодок (рисунок 1.2, г) [7, 9].

Наведений процес спотвореного фрикційного зносу гальмових колодок дозволив дослідити і класифікувати на групи причини збитків, які наносяться нині залізничній інфраструктурі та впливають на безпеку руху поїздів, серед них погіршення ефективності гальмувань у поїздах, збільшення витрат енергоресурсів на тягу поїздів, зменшення ресурсу гальмових колодок, пошкодження поверхні кочення коліс, негативні екологічні діяння та промислові витрати. Нижче розглянемо класифікацію кожної групи.



а) початковий стан повномірної нахиленої колодки до впирання верхнім краєм у колесо зі здійсненням тертя під час руху без гальмування;

б) розподіл гальмових контактних натиснень від колодки на колесо за наявної верхньої стертості;

в) кожне гальмування супроводжується інтенсивним зносом верхньої частини колодки та занадто сповільненням нижньої;

г) вигляд клинодуального зносу колодки, яку необхідно замінювати при досить великій частині незношеної робочої маси в нижній її половині

Рисунок 1.2 — Хронографія утворення і розвитку клинодуального зносу гальмових колодок

Погіршення ефективності гальмувань у поїздах. Під час руху поїзда в режимі тяги й вибігу стерті верхні частини гальмових колодок при гальмуваннях відходять від поверхні кочення коліс і не можуть брати участі в гальмуваннях (рисунок 1.2, в). Це призводить до суттєвого погіршення ефективності гальмувань у поїздах.

Відповідно до гальмових нормативів таке погіршення пропорційне зменшенню контактної площі тертя колодок. За отриманими статистичними даними, стертість гальмових колодок зменшує робочу площу тертя майже на 20%. У результаті виникнення цього явища нині на таку саму величину збільшується гальмовий шлях вантажних поїздів через ненормативний знос гальмових колодок.

Збільшення витрат енергоресурсів на тягу поїздів. Тертя верхніх країв гальмових колодок по колесах у вантажних поїздах при русі без гальмування створює силу тертя F_{cm} (рисунок 1.2, а), що суттєво збільшує опір руху поїзда, на подолання якого додатково витрачаються енергоносії. Відповідно до проведених тягових розрахунків додатковий опір руху, що створюється

частковим тертям верхніми краями гальмових колодок по колесах, становить 3-8 % залежно від ваги поїзда. Звідси випливає, що в цей час через часткове тертя гальмових колодок по колесах, витрати енергоносіїв на тягу вантажних поїздів збільшено у середньому більш ніж на 5 %.

Зменшення ресурсу гальмових колодок. У середньому близько 47 % робочої маси гальмових колодок на сьогодні зношується корисно при гальмуваннях, що й визначає їх ресурс (рисунок 1.3). В іншій частині робочої маси колодок близько 14 % шкідливо зношується тертям по колесах при русі без гальмування і 39 % колодок залишається клинодуально зношених, які не придатні до подальшого використання та експлуатації на вагонах [12].



Рисунок 1.3 — Типовий вигляд спотворено зношеної гальмової КОЛОДКИ

Пошкодження поверхні кочення коліс. Гальмування частково стертими вгорі колодками супроводжується утворенням

концентрованого осередку з високотемпературними впливами на поверхню кочення коліс (рисунок 1.3, в), наслідком яких стають вищербини, сітка термічних поверхневих мікротріщин, кільцеві виробки, навари та інші дефекти й пошкодження, що потребують значних витрат для заміни та ремонту колісних пар вагонів шляхом обточування їхніх поверхонь і приведення до нормативних геометричних параметрів (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 — Термічні пошкодження поверхонь кочення коліс

При граничному зносі колодок виникає загроза тертя по поверхні кочення колеса верхнім краєм сталевого гальмового башмака, до якого кріпиться колодка. Такі випадки прийнято класифікувати як «завар башмака». Він пошкоджує геометричні параметри поверхні кочення колеса й призводять до виникнення транспортних подій, а також спричиняє негативні наслідки для залізниці. Результатом цього є значні нанесені збитки залізничному транспорту від затримки поїзда на перегоні, що в свою чергу призводить до збою графіка руху поїздів на дільниці, де сталася транспортна подія, з подальшим відчепленням вагона з несправною колісною парою від поїзда для виконання технічного обслуговування з відчепленням на механізованих пунктах, які

мають спеціалізовані засоби і технологічне обладнання для заміни колісної пари вагона [2].

Негативні екологічні наслідки. Шкідливий молекулярно-механічний процес зносу у високотемпературному середовищі від застосування полімерних композиційних гальмових колодок супроводжується утворенням отруйних частинок у повітрі навколо кожного поїзда, що рухається. Це дрібнодисперсні порохо- і димоподібні частинки гуми, сажі, азбесту, бариту, електрокорунду, графіту, сірки та інших хімічних компонентів робочої маси колодок, що розсіюються та отруюють природне навколишнє середовище й фіброгенно діють на дихальні шляхи людей і тварин. Такі гальмові колодки повинні бути заборонені. Однак через свою низьку собівартість виготовлення вони широко застосовуються на залізницях усіх країн СНД, що дозволяє наднормативно й безгосподарно їх використовувати при спотвореному зносі. Замість корисного зносу, здійснюючи гальмування поїздів, колодки перетворюються у тверді полімерні промислові відходи (рисунк 1.5), які технологічно неможливо переробляти.



Рисунок 1.5 — Вигляд зношених гальмових колодок, підготовлених до вивезення на смітник

Тому тисячі тонн не повністю стертих гальмових колодок, що використовувалися при експлуатації на вантажних вагонах залізничного транспорту, вивозяться і накопичуються на промислових смітниках, істотно збільшуючи їхні обсяги.

Промислові витрати. Такі витрати пов'язані з наднормативним (більш ніж у два рази) придбанням і транспортуванням нових гальмових колодок від підприємств виготовлювачів на всю мережу залізничних станцій і підприємств, де передбачена заміна непридатних колодок. Вагомими стають і збитки, пов'язані з вивезенням й утилізаційним нагромадженням знятих колодок з великими залишками полімерної робочої маси на смітниках.

Одночасно більш ніж удвічі збільшуються трудовитрати, які пов'язані з заміною спотворено зношених гальмових колодок на нові й подальшим регулюванням ГВП вантажних вагонів.

Такий стан з роботою і зносом гальмових колодок у вантажних вагонах, як найбільш масовому виді рухомого складу, завдає істотної шкоди залізничній інфраструктурі й вимагає вживання необхідних серйозних заходів.

1.2 Види зносу гальмових колодок вантажних вагонів

За результатами виконаних досліджень знос гальмових колодок може проявляється (за геометрією) у вигляді двох якісних видів [6]: моністичного та клинодуального (рисунок 1.6).

Перший – моністичний вид зносу і його типи, де в основу закладено найпоширеніший його тип – «клиноподібний» (рисунок 1.6, тип 1). Він характеризується тим, що кривизна робочої поверхні колодки близька до циліндричної форми з постійним радіусом, хоча й має змінну товщину в поперечних своїх перетинах — у верхніх перетинах колодки її товщина менше, ніж в нижніх перетинах.

Другий — «клинодуальний» вид зносу і його типи. Наприклад, клинодуальний з провисанням (рисунок 1.6, тип 5) теж можна вважати клиноподібним, але лише на малій частині робочої поверхні колодки, яка в поперечних перетинах своєї довжини зношується особливим чином і має «горби-провали» тощо.

Упорядкована класифікація різних видів і типів зносу гальмових колодок заснована на припущенні, що ГВП не критичні до деформацій рами і ресорного підвішування. Тим більше, що підвіски триангелів кріпляться до кронштейнів на бокових непідресорених частинах рами візка, через що при русі вагона в прямих і кривих ділянках рейкової колії колодки і триангелі з деталями ГВП зміщуються відносно коліс, як елементи плоского механізму. Разом з цим внаслідок коливань вагона і візків у просторі, а також при змінах завантаження вагона майже усі ланцюги ГВП можуть мати технологічні зміщення та вібраційні відхилення від своїх положень. До того ж ця обставина посилюється тим, що один кінець гальмової тяги обпирається на відповідний важіль необресореного візка, а другий приєднано до гальмового пневмоциліндра, який зазвичай розміщено на рамі підресореного вагона.

Природно, що при такому неоднозначному різноманітті зносів, зведених до таблиці (рисунок 1.6), не можна дати більш-менш достовірну оцінку, не враховуючи динаміку руху вагона по нерівному рейковому шляху, а також без розсуду деяких особливостей процесу багатофазного гальмування візків вантажних вагонів, що оснащені ГВП з використанням триангелів різних конструкцій [6].

Тим не менш при існуючій системі ППР передбачається контроль лише кількісного перевищення норми клинодуального зносу, який здійснюється при технічному обслуговуванні (ТО) гальм в процесі огляду й обміру колодок згідно з інструкцією [3], однак нею фактично не передбачено оцінювання якісних особливостей зносу.

З іншого боку, контрольована товщина колодки в контрольній точці залежить головним чином від пробігу візка з цієї колодкою. Причому ця величина оцінюється тільки під час огляду вагона на кінцевих і проміжних пунктах технічного обслуговування (ПТО): спочатку візуально, потім шляхом не зовсім легких і не завжди точних вимірювань з використанням звичайної лінійки. Тому природно, що невиявлене перевищення граничного зносу колодки за товщиною може спричинити втрату її працездатності. Але в чинних Інструкціях [3, 4] стосовно цього жодних вказівок діагностичного спрямування (короткостроковий

прогноз працездатності колодок) нема. Внаслідок всього цього вихід колодки з ладу (втрата її працездатності) може виникнути на шляху прямування поїзда через несприятливий вплив напружено-деформованих факторів, які впливають на зниження ефективності процесу гальмування вагона. А це неприпустимо, з точки зору безпеки руху.

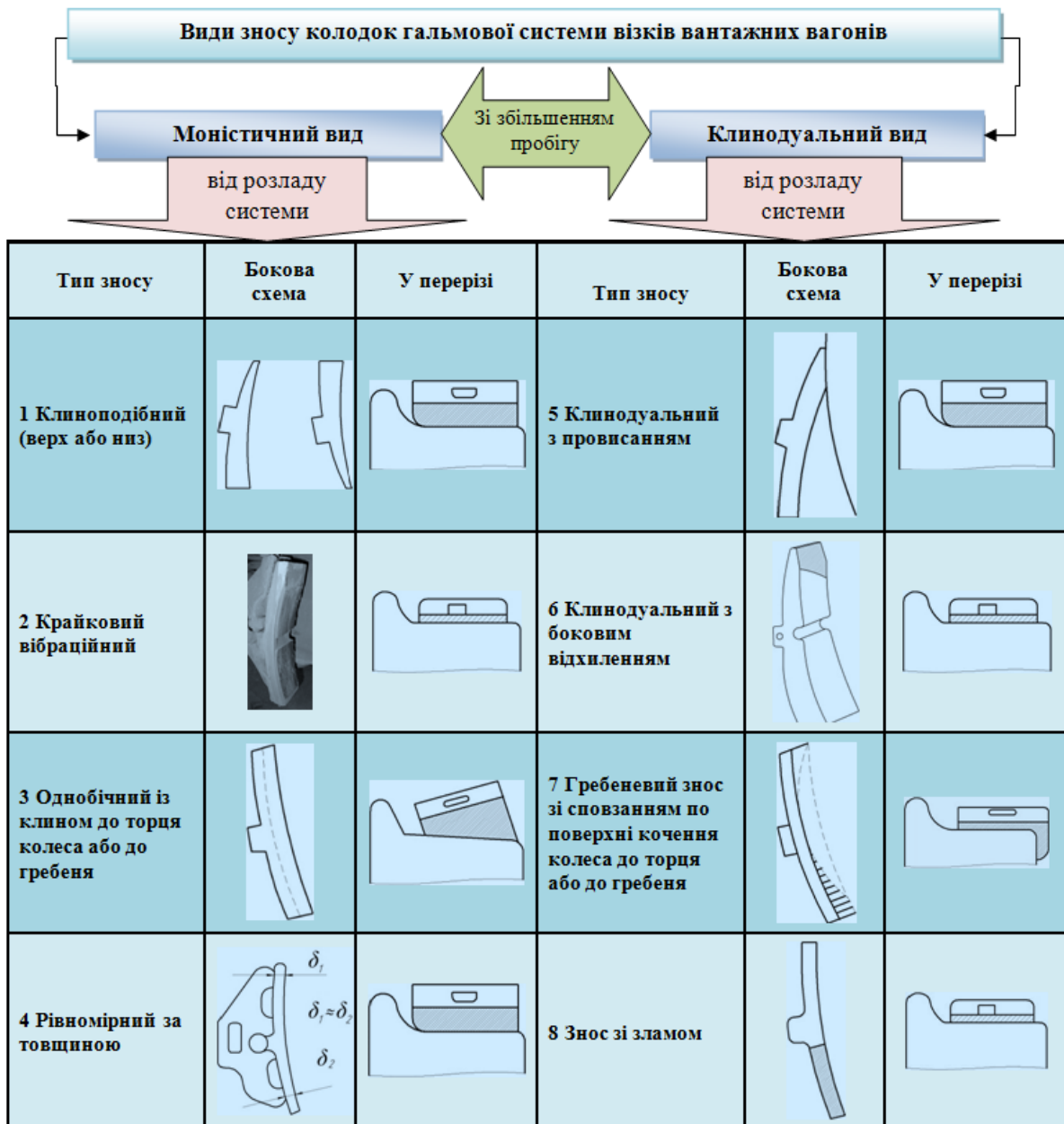


Рисунок 1.6 — Класифікація видів зносу гальмових колодок вагонів

Таким чином, існуюча до сьогодні проблема досліджень зносу гальмових колодок на вантажному рухомому складі не може вирішуватися без урахування причинно-наслідкових зв'язків типу «знос – причина – наслідки».

1.3 Причини виникнення негативно діючих сил і переміщень гальмових колодок відносно коліс під час гальмувань

У гальмових важільних передачах вантажних вагонів із колодковим гальмом характерною особливістю є однобічне розташування колодок, які притискаються до поверхонь кочення колісних пар. Самі гальмові колодки закріплюються жорстко на гальмовій балці — тріангелі, при цьому симетрично вони розташовуються у візку відносно коліс. Але у відпущеному стані під час руху у вантажних поїздах більшість колодок нахиляються й упираються своїм верхнім краєм у поверхні кочення коліс (рисунок 1.7). Внаслідок цього виникає небажаний загальний ненормативний фрикційний знос (переломний профіль) колодок [7, 10, 16].

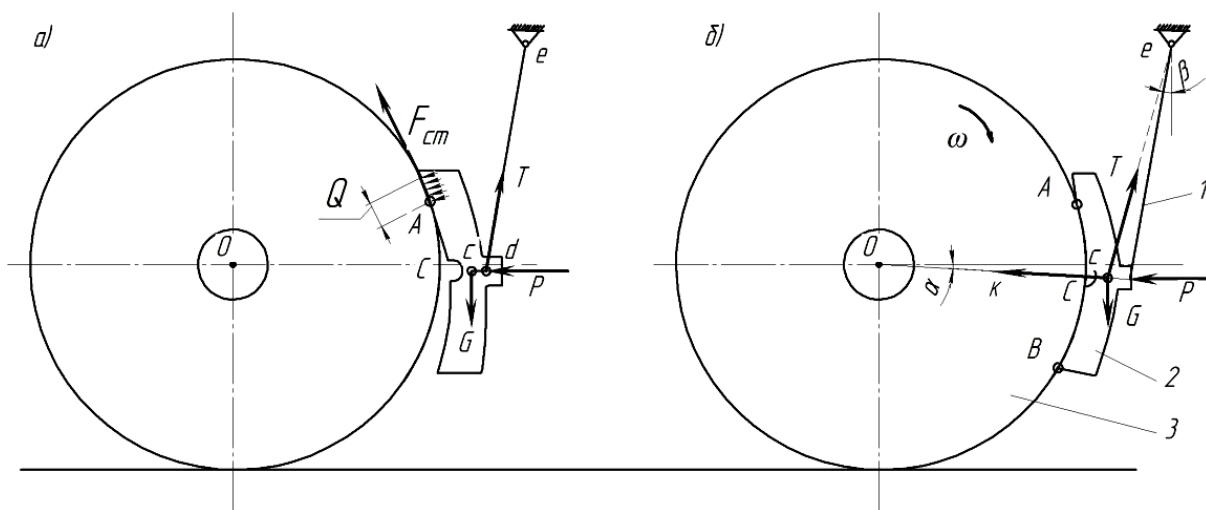


Рисунок 1.7 — Схема а) відтворення початкового осередку стирання верхнього краю колодки під час руху без гальмувань; б) гальмування колодковим гальмом вантажного вагона з утворенням дуального фрикційного зносу колодки

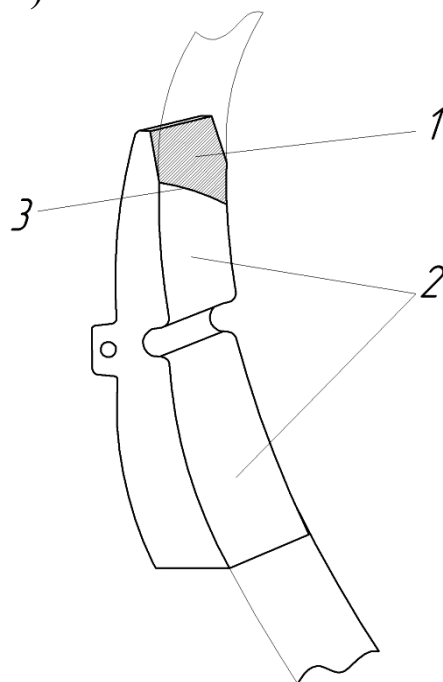
Характерною особливістю такого зносу є те, що на робочій поверхні колодок утворюється двоплощинний переломний фрикційний знос, який має лінію розмежування, тому для подальших досліджень такого ненормативного зносу колодок доцільно ввести поняття дуального зносу для гальмових колодок (рисунок 1.8, а) [7].

Поняття дуальності пов'язано з клинодуальним загальним фрикційним зносом і ґрунтується на тому, що на робочій поверхні тертя гальмової колодки в процесі ненормативних умов роботи гальмової системи на фрикційній зношуваній поверхні колодок утворюються дві площини стертості з лінією перелому між ними.

а)



б)



а) – клинодуально зношені колодки, які були замінені на нові при експлуатації вагонів; б) – схема клинодуально зношеної колодки; 1 – площа тертя і фрикційного зносу колодки, що утворюється під час руху вагона без гальмування; 2 – площа фрикційного зносу колодки під час гальмування за наявності верхньої стертості; 3 – лінія розмежування площин

Рисунок 1.8 — Загальний вигляд клинодуального фрикційного зносу гальмової колодки

З уведенням нового поняття стає можливим більш досконало вивчити таке дуже негативне явище для вантажних перевезень залізничної інфраструктури та розпочати дослідження причин і наслідків з метою пошуку і розроблення технічних заходів, спрямованих на зменшення негативних наслідків від такого специфічного (дуального) зносу гальмових колодок. На рисунку 1.8, б наведено фрикційний знос 1 на верхній частині колодки, що утворюється від її нахилу до впирання верхнім краєм у поверхню кочення колеса під час руху без гальмування, а фрикційний знос 3 нижче лінії розмежування 2 відбувається тільки під час гальмувань та спотворено.

З конструктивних міркувань у гальмових систем визначають так званий кут заниження гальмової колодки α , а також інші кути і конструктивні розміри, що необхідні для реалізації процесу гальмувань.

Кут β , що називається кутом підвішування (рисунок 1.7, б), існує для маятникового відведення гальмових колодок від коліс при відпусканні гальма, щоб підвіска 1 відхилялася та відбувалося відведення гальмової колодки 2 від коліс під дією гравітаційних сил, які утворюються власною вагою G (після припинення гальмування) [11].

Чисельне співвідношення між силою K , що виникає між колодкою і колесом, і силою P , яка діє під час гальмування на колодку з боку триангеля, дорівнює

$$K = P \cdot \cos \alpha, \quad (1.1)$$

де K – сила натиснення гальмової колодки на колесо;

α – кут між горизонтальною віссю, яка проходить через центр колеса, і серединою гальмової колодки C .

Природно, що товщина гальмової колодки не є постійною через її зношування під час експлуатації. Але і при русі візка без гальмування колодка (маючи динамічний ексцентриситет cd) може нахилитися і верхнім краєм торкатися до поверхні кочення колеса. Внаслідок цього тут виникає непередбачений місцевий осередок фрикційного зношування Q (рисунок 1.7). Наявність кута α цей процес прискорює за рахунок того, що ефективна

площа гальмової поверхні колодки стає меншою, а контактне фікційне напруження між колодкою і колесом збільшується.

Розглянемо схему дії сил, створюваних вагою приєднаних до розпірки триангеля деталей та впирання двох його колодок в поверхню кочення колісної пари від дії сили P , яка зумовлена вагою вертикального важеля і приєднаних до нього деталей ГВП візка з утворенням крутного моменту (рисунок 1.9).

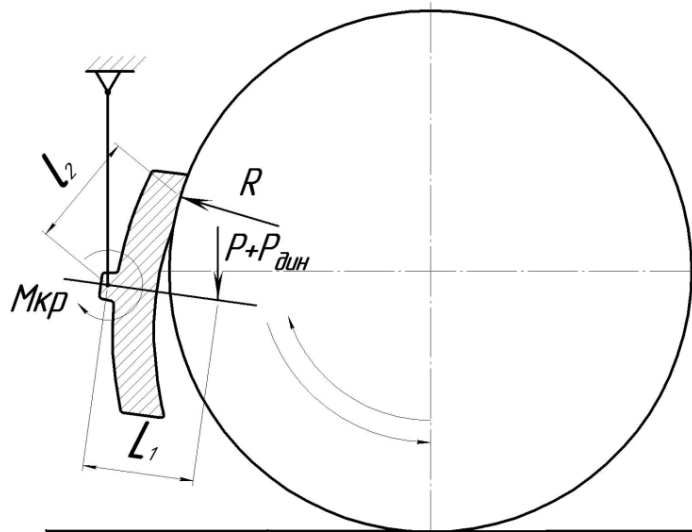


Рисунок 1.9 — Схема утворення ненормативного зносу колодки від дії крутного моменту

На врівноважений триангель діє сила $P + P_{дин}$ від ваги приєданого до розпірки вертикального важеля з деталями важільної передачі. Під дією цієї сили на плече l_1 виникає крутний момент [10]

$$M_{кр} = (P + P_{дин}) \cdot l_1. \quad (1.2)$$

При цьому триангель обертається навколо нижнього шарніра підвіски до впирання верхньою частиною пари колодок у поверхню кочення колісної пари і врівноважується реакцією R , що починає діяти в зоні зіткнення колодок з колісною парою.

Складемо рівняння моментів сил у вузлах підвішування триангеля, маючи на увазі, що сила $P + P_{дин}$ діє на розпірку триангеля в його середній частині, розподіляючись на дві гальмові колодки колісної пари.

$$(P + P_{дин}) \cdot l_1 = 2R \cdot l_2, \quad (1.3)$$

звідки

$$R = \frac{(P + P_{дин}) \cdot l_1}{2l_2}, \quad (1.4)$$

де $P + P_{дин}$ – сила, обумовлена навантаженням на триангель від ваги вертикального важеля і приєднаних до нього частин у відпущеному стані гальма, під час руху з урахуванням динамічної складової $P_{дин}$;

l_1 – плече дії сили $P + P_{дин}$ до центра підвішування гальмових колодок;

R – сила реакції від упору колодки на колесо;

l_2 – плече дії реакції R до центра обпирання гальмових колодок.

У такий спосіб створюється обпирання гальмових колодок на колеса, при відпущеному гальмі. Для запобігання такого негативного явища розроблено й запропоновано велику кількість різних за конструкцією пристроїв і пристосувань [6]. Виконаний аналіз наявних технічних рішень показав, що всі вони спрямовані на створення пристроїв протидії крутному моменту $M_{кр}$.

Водночас деталі гальмової важільної передачі, вагою яких створюється сила P і момент $M_{кр}$, з'єднані між собою шарнірами з великими зазорами (1-10 мм) і розташовані в непідресореній частині візка. Тому під час руху вагона створюються вимушені власні коливання цих деталей, що призводять до знакозмінних переміщень ударного характеру в зазорах шарнірів. Виникає значна за величиною динамічна складова $P_{дин}$. У зв'язку з тим, що у відомих конструкціях пристроїв, призначених для усунення клинодуального зносу гальмових колодок, створюється протидія цим силам, то в експлуатації такі пристрої швидко руйнуються і жоден з них не в змозі запобігти клинодуальному зносу гальмових колодок.

Ненормативний знос гальмових колодок сприяє їх додатковій навантаженості при експлуатаційних режимах. Для визначення міцності гальмової колодки з урахуванням її нерівномірного зносу побудовано просторову модель в

програмному комплексі SolidWorks (рисунок 1.10). Розрахунок на міцність здійснений за методом скінченних елементів у програмному середовищі CosmosWorks. Як скінченні елементи використано ізопараметричні тетраедри.



Рисунок 1.10 — Просторова модель гальмової колодки зі зносом

Оптимальна кількість елементів скінченно-елементної моделі визначена за графоаналітичним методом. Основні характеристики скінченно-елементної моделі гальмової колодки наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики скінченно-елементної моделі гальмової колодки

Найменування параметра	Значення
Кількість точок Якобіана	4
Кількість вузлів	6215
Кількість елементів	28528
Максимальний розмір елемента, мм	11,4
Мінімальний розмір елемента, мм	2,28
Мінімальна кількість елементів у колі	8
Співвідношення збільшення розмірів елемента	1,6
Максимальне співвідношення боків	83,657
Відсоток елементів із співвідношенням боків менше трьох	98,1
Відсоток елементів зі співвідношенням боків більше десяти	0,0421

Скінченно-елементну модель гальмової колодки зображено на рисунку 1.11.

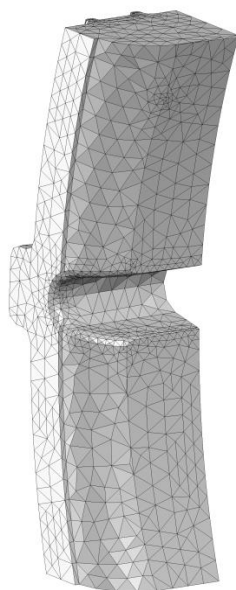


Рисунок 1.11 — Скінченно-елементна модель гальмової колодки

Розрахункова схема гальмової колодки наведена на рисунку 1.12.

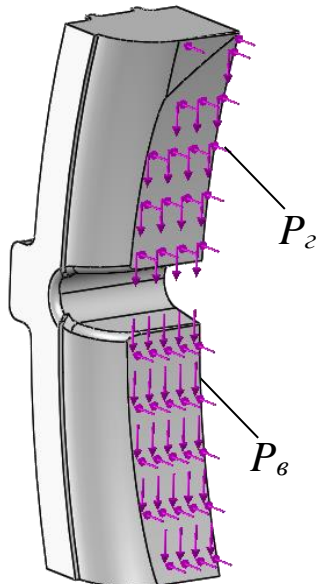


Рисунок 1.12 — Розрахункова схема гальмової колодки

Навантаження, яке передається на гальмову колодку від колеса при гальмуванні, прийняте рівним 46 кН. Внаслідок того, що колодка має кут нахилу відносно горизонтальної площини, це

навантаження розділялося на дві складові – горизонтальну P_2 та вертикальну P_6 (рисунок 1.12).

Закріплення колодки здійснювалося за спинку. Як матеріал гальмової колодки використано композит.

Результати розрахунку наведені на рисунку 1.13.

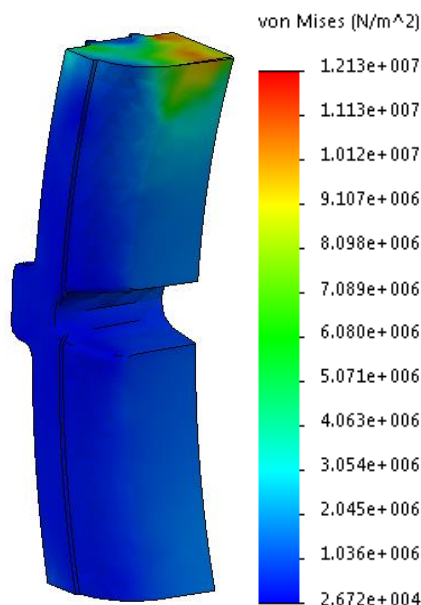


Рисунок 1.13 — Напружений стан гальмової колодки

На підставі проведених розрахунків можна зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження виникають у верхній частині гальмової колодки та складають близько 12 МПа, тобто перевищують допустимі [18]. Отже, міцність гальмової колодки з урахуванням нерівномірного зносу не забезпечується. Це може стати причиною її руйнування та порушення безпеки руху поїзда.

1.4 Конструктивні особливості пристроїв для рівномірного зносу гальмових колодок

Розглянемо деякі конструктивні рішення відомих пристроїв, які спрямовані на сповільнення інтенсивності зносу колодок двовісних візків вантажних вагонів.

Пристрій конструкції Уралвагонзаводу (УВЗ). У конструкції пристрою (рисунок 1.14, а) до балки триангеля в

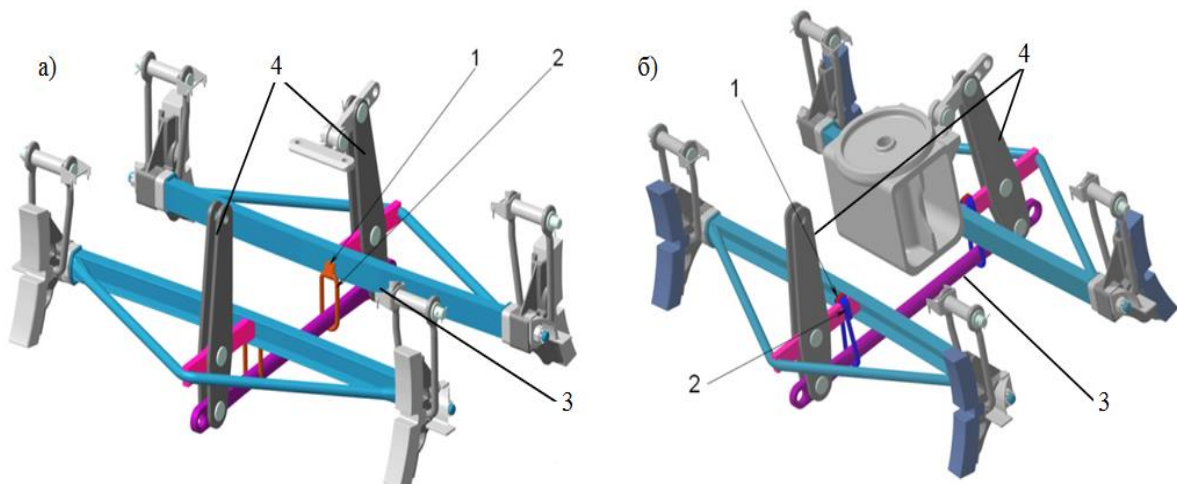
середній частині приварюється гакоподібний кронштейн 1 для навішування на нього петлі 2. Довжина петлі повинна бути такою, щоб із середини внизу на неї повністю обпиралася зтяжка 3 вертикальних важелів і брала на себе дію зусилля від маси вертикального важеля 4 і приєднаних до нього деталей. У такому стані триангель не навантажується силою, яка виникає від маси вертикальних важелів, і утримується від нахилу до впирання гальмових колодок у поверхні кочення колісних пар.

Але під час руху вагона частини вертикального важеля і деталі, що навішені на нього, у своїх зазорах в шарнірних з'єднаннях створюють досить значні динамічні сили навантаження ударного характеру на петлю 2 і гакоподібний кронштейн 1. Через це в експлуатації спостерігаються випадки розгинання або повного відривання кронштейна 1. В такому разі петля 2 падає на зтяжку 3 і звисає, що загрожує безпеці руху зачепленням за частини стрілочних переводів. Тому цей пристрій заборонено до використання.

Пристрій М 1180 ПКБ ЦВ. У даний час на залізницях пострадянського простору перевагу надано пристрою ПКБ ЦВ (рисунок 1.14, б) — найбільш прийнятному за умов безпеки руху. За принципом дії конструкція ПКБ ЦВ майже не відрізняється від аналогічної УВЗ. А конструктивна відмінність полягає у тому, що як петля тут застосована петлеподібна скоба 1, яка навішується безпосередньо на розпірку триангеля. Для цього скоба спеціально виготовляється як несучільне кільце. Стягування кінців скоби здійснюється за допомогою замка 2.

Водночас проблему клиноподібного зносу колодок такий пристрій не вирішує. Спостереження за станом цих пристроїв в експлуатації і за характером зносу гальмових колодок у вантажних вагонах вказує на те, що найбільш малонадійним вузлом у сучасних вантажних вагонах є пристрій ПКБ ЦВ, який у більшості випадків безцільно і небезпечно звисає на кожному триангелі, при цьому не запобігає клиноподібному зносу колодок.

Порівняльний аналіз останніх двох пристроїв та дані про їх працездатність вказують на те, що потрібні інші шляхи вирішення проблеми синтезу таких конструкцій.



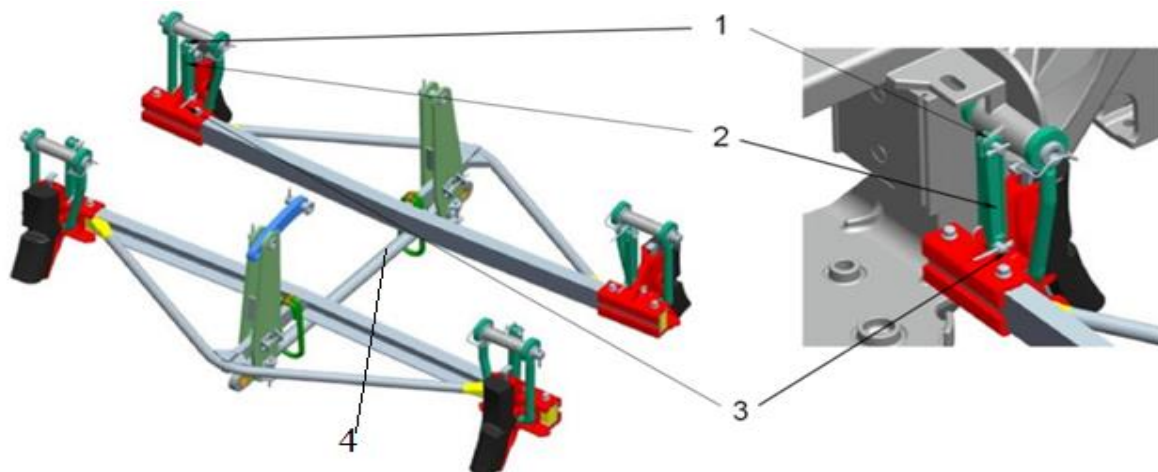
1 – кронштейн/замок; 2 – петля суцільна/несуцільна; 3 – затяжка; 4 – вертикальні важелі

Рисунок 1.14 — Пристрій УВЗ (а) і ПКБ ЦВ (б) для запобігання зносу гальмових колодок

Пристрій системи МІТ (РФ) та візка ASF (США). Дещо іншою є конструкція (рисунок 1.15) російських і американських фахівців. Вони запропонували використовувати пристрої, які створюють протидію крутному моменту і мають схожу між собою будову та принцип дії.

Тут застосовано жорстке з'єднання верхнього кронштейна 3 з боковою рамою візка (що потребує зміни лиття у конструкції бокових рам) через тягу 4. Тяга створює протидію силам нахилу триангеля, через це така конструкція має невеликий ресурс.

Зважаючи на те, що таких пристроїв на кожний візок вагона потрібно встановити чотири (на вагон — вісім), вони в сукупності не тільки ускладнюють гальмову систему, але й збільшують масу невідресорених частин візка, до того ж потребують зміни лиття у конструкції бокових рам візка для створення кронштейна 3, тому така конструкція постає як проблематична.

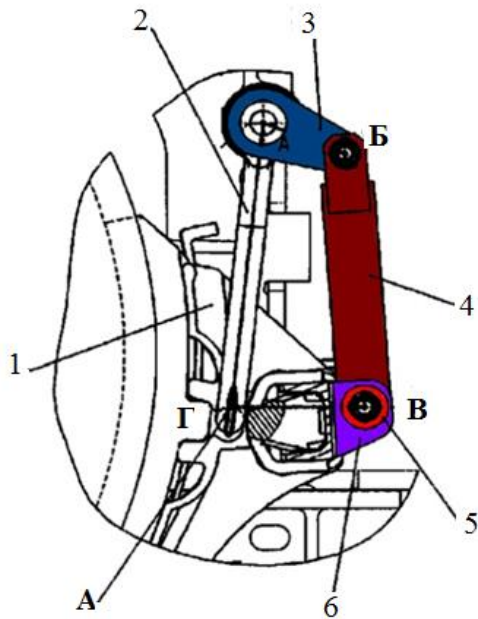


1 – шарнір верхній (до спеціально відлитого вуха на кронштейні підвіски бокової рами); 2 – серга подвійна; 3 – шарнір верхній (до кронштейна на башмаку триангеля); 4 – розпірна тяга

Рисунок 1.15 — Пристрій за системою МПТ (РФ)
і візка ASF (США)

Пристрій ТОВ «Софія Інвест» (Україна). У конструкції системи ТОВ «Софія Інвест» передбачено утворювати протидію крутному моменту, який виникає на триангелі від дії маси вертикального важеля і приєднаних до нього деталей, за таким самим принципом, як і в попередній конструкції (рисунок 1.16). Але для того щоб запобігти зміні лиття у бокових рамах візка, запропоновано у нижньому шарнірі розташувати фрикційний пристрій опору кутовому повороту триангеля.

Суть такої конструкції полягає у тому, що кожна підвіска 2 триангеля з башмаками 1 доповнюється системою важелів 3 і 6 та тяг 4. Ці деталі шарнірно з'єднані у вигляді нерівнобічного чотирикутника *А-Б-В-Г*. У нижній шарнір *В* конструкції ТОВ «Софія Інвест» вмонтовано пристрій 5 з фрикційним регулятором опору кутовому повороту. В ньому під час регулювання задається момент опору повороту таким, щоб цей опір був більшим за момент, який створює неврівноважена маса ГВП візка, але не меншим, ніж момент, що створюється під час притиснення гальмових колодок до коліс при гальмуванні.



1 – гальмовий башмак; 2 – типова підвіска башмака; 3 – верхній важіль; 4 – тяга; 5 – фрикційний пристрій регулювання опору кутовому повороту триангеля; 6 – нижній важіль; А-Б-В-Г – нерівнобічний чотирикутник створення протидії крутному моменту триангеля

Рисунок 1.16 — Пристрій «Софія Інвест»

Порівняно з розглянутими пристрій від «Софія Інвест» найскладніший за всіх. На кожний візок необхідно встановлювати чотири механізми, а на чотиривісний вагон — вісім. Кожен пристрій загалом складається з 11 деталей, таким чином, на візок додається 44 деталі, відповідно на чотиривісний вагон 88. Тому тут значно збільшується трудомісткість монтажно-демонтажних робіт з їх встановлення на візки при всіх планових видах ремонту.

Дуже небажаною властивістю такого пристрою є його регулювання затяжкою гайки і контргайки вручну. Під час збирання візків така робота виконується хоча й не дуже складно, але з підвищеними працевитратами, внаслідок чого в безпечність користування даною гальмовою системою часто втручається людський фактор.

Пристрої «Софія Інвест» також не можуть забезпечити рівномірність зносу гальмових колодок, оскільки в їхньому принципі дії закладено в умовах експлуатації вирівнювання

нахилу колодок натисненням верхніми їх краями на поверхню кочення колеса, що здійснюється найчастіше під час руху. При цьому сила такого натиснення повинна «перебороти» силу тертя у регульованому механізмі пристрою. Тільки після цього триангель з колодками повертається на шарнірах підвісок і колодки повністю притискаються до коліс.

Водночас верхні краї колодок примусово стираються, що і створює умови інтенсивного розвитку зносу: по-перше — крайкового вібраційного, по-друге (в подальшому) — клинодуального.

На переборювання сил тертя восьми регульованих механізмів вагона витрачається деяка частка зусилля гальмового циліндра і таким чином зменшується ККД гальмової важільної передачі. Через це відбувається втрата сил гальмового натиснення, погіршується ефективність гальмування і збільшується гальмовий шлях поїзда, що впливає на безпеку руху.

Перспективні підходи удосконалення гальм візків вантажних вагонів

Пристрій із запобіжним тросом візка моделі ZK1 (Китай) відповідає новому підходу з використанням пружних елементів в конструкції ГВП (рисунок 1.17, а).

Модель ZK1 має не жорстку, а «піддатливу» підвіску триангеля ГВП. Сама підвіска триангеля виконана на шатуні необресореної частини, яка в свою чергу обпирається на конусні втулки через гуму. Тут же у гальмовій важільній передачі активно використовуються запобіжні гнучкі троси.

Однак деякі недоліки має і вона. Для використання гальмової передачі у бокових рамах візка ZK1 необхідно виливати спеціальні додаткові приливи, які будуть утримувати триангельну гальмову систему. У місцях контакту шипа триангеля з боковою рамою з'являються втомлені тріщини, тому виникає загроза безпеці руху. Також у процесі експлуатації виникають несправності у бокових рамах візка, через швидкий знос конусних втулок зменшується їхній ресурс на 40-50 %.

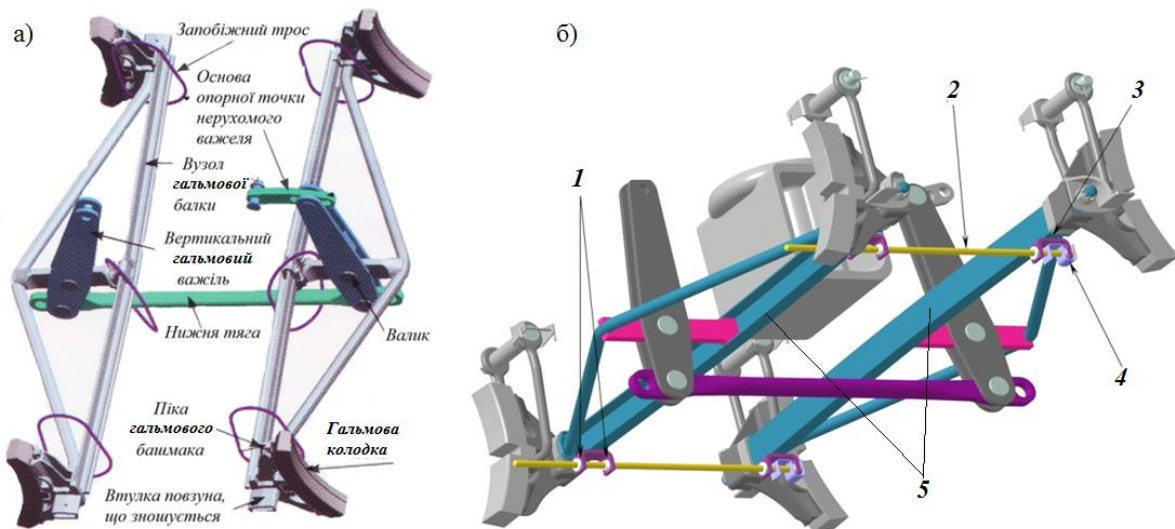
Пристрій з пружними стрижнями візка моделі 18-578. Деякий інший підхід до вирішення проблеми клинодуального зносу колодок здійснено на Уралвагонзаводі у співпраці з

МШТом, де реалізовано візок моделі 18-578 для вантажних вагонів залізниць РФ (рисунок 1.17, б).

У моделі 18-578 для протидії крутному моменту від нахилу двох суміжних триангелів 1 застосовуються з'єднувальні пружні сталеві стрижні 2 з головкою на одному кінці. Кожен стрижень закріплено напрямними кронштейнами 3, привареними до швелера триангеля. В отвори кронштейнів встановлено зносостійкі полімерні втулки 1. Утримання стрижнів від зсуву і випадання здійснюють кінцеві скоби біля головок, які надіваються і підгинаються до головок стрижня.

З усуненням нахилу двох суміжних триангелів візка у такій конструкції виникають саме ті реакції сил, які здатні протидіяти крутному моменту, відносно нахилу триангеля. З цією метою їх з'єднання здійснюється пружними сталевими стрижнями 2 в напрямному пристрої. Кінці кожного стрижня шарнірно з'єднано в чотирьох отворах напрямних кронштейнів 3. В такому з'єднанні, між напрямними стрижнями і кронштейнами, в отворах утворюються реактивні крутні моменти протидії крутному моменту нахилу триангеля. Таким чином пристрій утримує триангель у врівноваженому стані, забезпечуючи рівномірні зазори між гальмовими колодками і колесами, за рахунок чого сповільнюється нерівномірність їхнього зносу.

Поряд з позитивними властивостями цей пристрій має досить суттєві недоліки. По-перше, така конструкція складна, утворена на візку двома напрямними стрижнями, чотирма кронштейнами, вісьмома полімерними втулками та двома скобами. По-друге, у тонкостінних напрямних кронштейнах 3 полімерні втулки під дією значних динамічних навантажень швидко руйнуються, з'являються великі зазори між стрижнем і отворами кронштейнів, через що пристрій перестає виконувати свою функцію — не утримує триангелі, вони нахиляються до впирання верхніми краями колодок у колеса і знову ж відбувається їх клинодувальний знос.



а) – ZK1; б) – мод. 18-578; 1 – полімерна втулка; 2 – пружний стрижень; 3 – напрямний кронштейн; 4 – скоба; 5 – триангель

Рисунок 1.17 — Пристрої з пружними елементами візків

Головним недоліком у такій конструкції є те, що пристрій, створюючи завчасно протидію крутному моменту сил нахилу триангеля, під дією значних додаткових динамічних навантажень досить швидко руйнується, повністю виходить із ладу і не вирішує ні проблеми зносу колодок, ні безпеки руху візка.

1.5 Практичне обґрунтування модернізації ГВП візків вантажних вагонів

Для вирішення проблеми клинодуального зносу гальмових колодок у триангельній системі рухомого складу пропонується зберегти (не порушувати) первісну врівноваженість триангеля приєднаними до нього деталями гальмової важільної передачі. Запропоновано зовсім не складне конструктивне удосконалення триангеля ГВП, яке може бути виконано декількома розробленими нами способами відновлення його розпірок у звичайних умовах деповського ремонту [14]. Завдяки цьому без введення допоміжних пристроїв і суттєвих змін конструкції типового триангеля досягається зменшення крутного моменту $M_{кр}$ та частково вирішується проблема сповільнення інтенсивності зносу колодок.

Як модернізацію ГВП запропоновано отвір у розпірці типового триангеля, через який відбувається його з'єднання з вертикальним важелем ГВП, максимально наблизити до балки триангеля. Це дасть змогу розташувати на одній осі маятникові підвіски, до яких навішуються гальмові башмаки з колодками на одну вісь, з отвором у розпірці триангеля, це в свою чергу дозволить вирішити проблему ліквідації шкідливого крутного моменту $M_{кр}$ зазначеним способом (рисунок 1.18). Для цього необхідно, щоб у рівнянні (1.2) один із співмножників дорівнював нулю.

Зусилля $P+P_{дин}$ виникає в результаті дії ваги робочих деталей, тому позбутися його неможливо (тобто $(P+P_{дин})=0$ не може бути). Інший співмножник l_1 залежить від конструкції триангеля, тому тут є можливість за допомогою простої зміни конструкції шляхом перенесення отвору шарніра в розпірці триангеля (точки, де прикладена сила $P+P_{дин}$) досягти умови, коли $l_1=0$. У такому випадку можна домогтися бажаного результату, коли $M_{кр}$ буде дорівнює нулю. За рахунок цього з'являється можливість позбутися обпирання верхніх частин колодок на колеса, так, з рівняння (1.4) видно, що при $l_1=0$ сила реакції $R=0$.

На підставі виконаних розрахунків за складеним розмірним ланцюгом триангеля з башмаками було встановлено, що конструктивні розміри дозволяють ліквідувати плече l і тим самим позбутися нахилу й обпирання гальмових колодок на колеса.

Виконані дослідження відомих технічних рішень та умов експлуатації показали, що будь-які, нехай навіть дуже міцні й оригінальні пристрої, установлені в гальмовій системі візків, будуть руйнуватися, тому що вони спрямовані на протидію потужному динамічному впливу $P_{дин}$ ударного характеру, що підсилюється довжиною плеча l_1 . Тому працездатність, довговічність і ефективність таких пристроїв безумовно буде низькою, а самі пристрої — складними й малоефективними.

Для вирішення даної проблеми, як було показано вище, необхідно ліквідувати плече l_1 . Практично це нескладно реалізувати шляхом перенесення точки прикладення сили $P+P_{дин}$ на одну пряму з точками підвішування триангеля. Цим можна

досягти повної ліквідації шкідливо діючого на гальмові колодки крутного моменту.

Існує ще один конструктивний недолік у системі підвішування гальмових колодок, що приводить до нерівномірного їх відведення від поверхні кочення коліс і сприяє клинодуальному зносу. Він полягає в тому, що при попусканні гальма верхня точка колодки рухається за малим радіусом r , а нижня — за значно більшим R (рисунок 1.19).

Тому при повороті підвіски 2 на кут α верхній кінець колодки 1 відходить на відстань

$$\Delta_в = r \sin \alpha, \quad (1.5)$$

а нижній —

$$\Delta_н = R \sin \alpha, \quad (1.6)$$

де r і R — відповідно відстані від верхнього шарніра підвіски до верхнього та нижнього кінців гальмової колодки;

α — кут повороту підвіски при попусканні гальма.

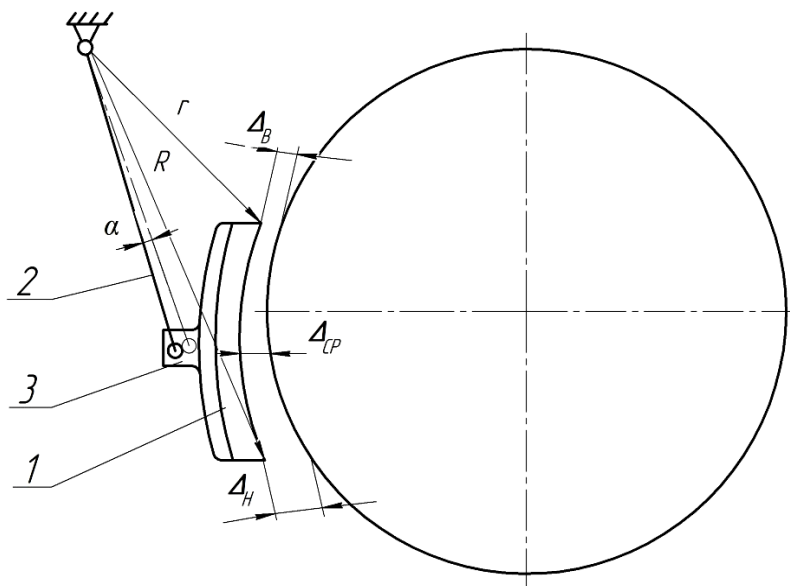


Рисунок 1.19 — Схема відведення гальмової колодки від колеса на врівноваженому триангелі

Схема відведення гальмової колодки 1 від колеса на врівноваженому триангелі 3 при повороті підвіски 2 під дією гравітаційних сил, при якому на малому радіусі r верхній кінець колодки відходить і створює недостатньо малий зазор $\Delta_в$, а

поворот на великому радіусі R нижньої частини колодки створює зазор Δ_n , значно перевищуючий нормативний Δ_{cp} , вказує на те, що якщо R значно більше, ніж r , тоді відповідно Δ_n і Δ_e будуть істотно відрізнятися (рисунок 1.19).

Через це під час руху поїзда, особливо при великих швидкостях, можуть відбуватися нахили триангеля, які викликають короткочасні дотики або на тривалий час обпирання верхніми кінцями гальмових колодок на колеса, що обертаються під час руху поїзда.

Інноваційний пристрій УкрДАЗТ (Україна). Як запропоновано патентом України [5], у конструкції триангеля ГВП потрібно виконати зміни для запобігання утворенню клинодуального зносу гальмових колодок у візків вантажних вагонів майже на весь регламентований термін експлуатації візка. Це досягається не тільки за рахунок урівноваження триангеля в осях підвішування з фіксацією його розташування в попущеному стані гальма з рівномірним відведенням колодок без часткового їх обпирання на колеса [12, 15, 16]. Тут, у запропонованому пристрої, є дві пари гальмових колодок, які жорстко закріплені в гальмових башмаках триангелів і утримуються біля поверхні кочення коліс на підвісках візка; двоплечі важелі, шарнірно приєднані до розпірки триангеля, а шарнір приєднання важелів до розпірки триангеля розташовується на одній прямій по осі А (рисунок 1.20) підвішування триангеля на підвісках. До його складу входить напрямний стрижень, кінці якого шарнірно закріплені в циліндричних ковзунах, жорстко приєднаних уздовж розпірок суміжних триангелів симетрично відносно отвору шарніра приєднання двоплечих важелів, причому коліна згину вниз криволінійного стрижня не допускають обпирання на нього надресорної балки вагона у завантаженому стані та утримують його від зсуву і випадання, додатково виконується підсилення послабленого технологічного отвору розпірки триангеля шляхом приварювання в його зоні двох підсилюючих планок зверху та знизу, які обгинають ззовні бобишку технологічного отвору розпірки.

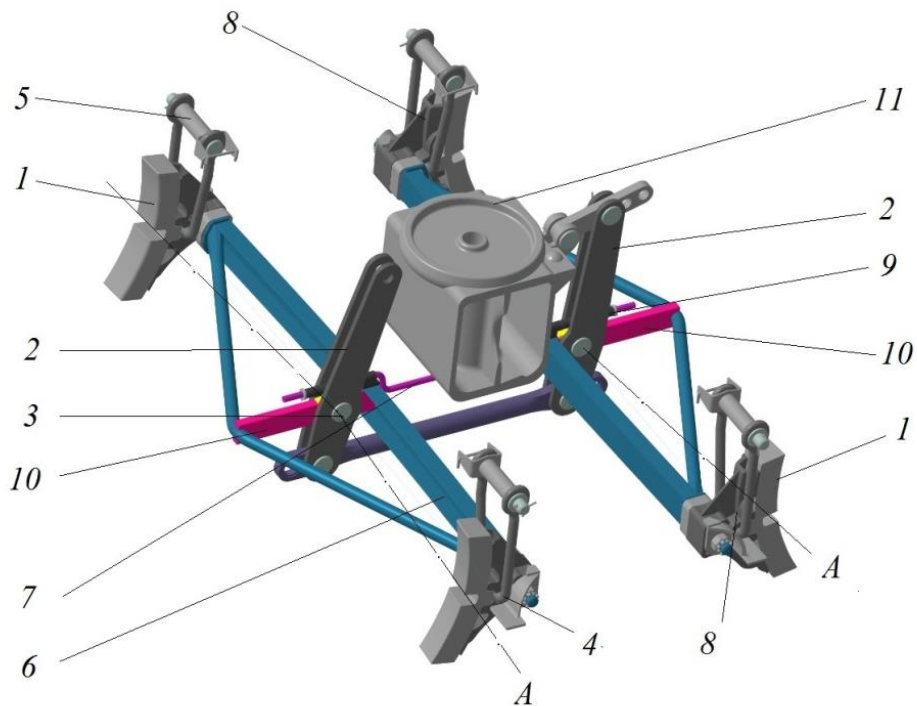


Рисунок 1.20 — Підсилюючий пристрій для забезпечення паралельного відведення колодок від коліс у гальмовій системі візків вантажних вагонів

Введення відмінних ознак дозволяє не тільки усунути негативний вплив сил, діючих на триангель при попущеному стані гальма від маси вертикальних важелів, за рахунок розташування центра шарніра приєднання вертикальних важелів до розпірки триангеля на одній прямій з центрами двох опорних шарнірів підвісок гальмових башмаків, одночасно напрямний криволінійний стрижень буде забезпечувати прямолінійне відведення гальмових колодок від коліс і стійке їх утримання паралельно колесам у попущеному стані гальма, що в цілому спрощує конструкцію пристрою і забезпечує більш надійну роботу з точки зору рівномірного зносу гальмових колодок, а також, з іншого боку, підсилюючи послаблений технологічний отвір 12 розпірки 10 триангеля 6, за рахунок приварювання двох підсилюючих планок зверху 13 та знизу 14, зовсім виключає підстави до розвитку неприпустимих деформацій, які можуть перешкоджати розпірці 10 триангеля виконувати свої функції, що у сукупності дає можливість забезпечити надійну тривалу

працездатність гальм на увесь регламентований термін експлуатації візка (рисунок 1.21).

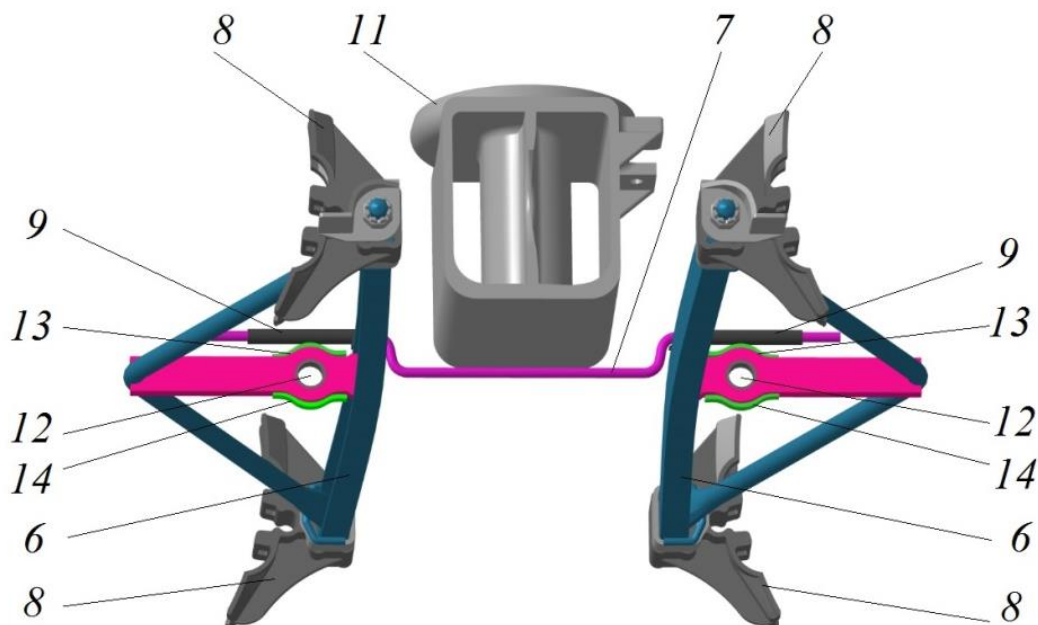


Рисунок 1.21 — Вигляд підсилюючого пристрою з новими розпірками для забезпечення паралельного відведення колодок від коліс у гальмовій системі візків вантажних вагонів

На рисунках 1.20 і 1.21 зображено запропонований пристрій, призначений для рівномірного зносу гальмових колодок, що складається із вертикальних важелів 2, які навішуються через циліндричні шарніри 3 на розпірки 10 триангелів таким чином, що центр шарніра 3 на розпірки 10 триангелів 6 розташовується на одній прямій умовній лінії підвішування А (її на рисунку 1.20 показано осьюовою лінією А) з центрами шарнірів 4 двох підвісок 5, приєднаних на протилежних кінцях кожного триангеля 6 до гальмових башмаків 8. А на рисунку 1.21 наведено підсилюючі планки зверху 13 та знизу 14, що додатково приварені до розпірки 10 у місці послабленого технологічного отвору 12.

Між парою триангелів 6 в їх середніх частинах розташовано напрямний криволінійний стрижень 7, кінці якого входять в циліндричні ковзуни 9, жорстко приєднані вздовж розпірок 10 симетрично відносно отвору розпірки циліндричного шарніра 3. Величина ексцентриситету ε повинна бути не менш ніж

максимально допустиме зміщення вниз надресорної балки 11 від завантаження вагона, а частини стрижня, вигнуті вертикально вниз, розташовуються біля торців циліндричних ковзунів 9.

Пристрій (рисунок 1.20 і 1.21) працює таким чином. Під час попуску гальм триангелі 6 з гальмовими башмаками і колодками 1 рухаються під дією гравітаційних сил на підвісках 5 так, що відводять гальмові колодки від коліс. Завдяки врівноваженості гальмової системи відносно шарнірів підвісок 5 колодки 1 відходять від коліс рівномірно. В разі появи випадкових зусиль від коливань і нахилів вагона під час руху працює напрямний криволінійний стрижень 7, який за рахунок знаходження його кінців у циліндричних ковзунах 9 не дає можливості нахилитися триангелю 6, а отже, і колодкам 1 до обпирання верхньою або нижньою частинами на колеса. У ковзунах 9 в цей час створюються реактивні сили, які завдяки симетричному розташуванню ковзунів відносно отвору шарніра 3 врівноважуються на тих частинах криволінійного стрижня, які знаходяться в ковзунах. А підсилена розпірка 10 триангеля запобігає накопиченню втомлених напружень, що подовжує термін експлуатації всієї конструкції триангеля в цілому. Частини стрижнів, що вигнуті вертикально вниз і розташовані біля торців циліндричних ковзунів 9, утримують стрижень від повздовжнього зсуву та випадання від дії на нього повздовжніх сил під час гальмувань і дії випадкових зусиль від коливань і нахилів вагона.

1.6 Комп'ютерне моделювання міцності ГВП візка вантажного вагона з урахуванням використання інноваційного пристрою УкрДАЗТ

Для дослідження міцності ГВП візка вантажного вагона з урахуванням використання інноваційного пристрою УкрДАЗТ побудовано її просторову модель в середовищі програмного забезпечення SolidWorks (рисунок 1.22).

Розрахунок на міцність проведено за методом скінченних елементів, реалізованим в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. Як скінченні елементи використані ізопараметричні тетраедри.

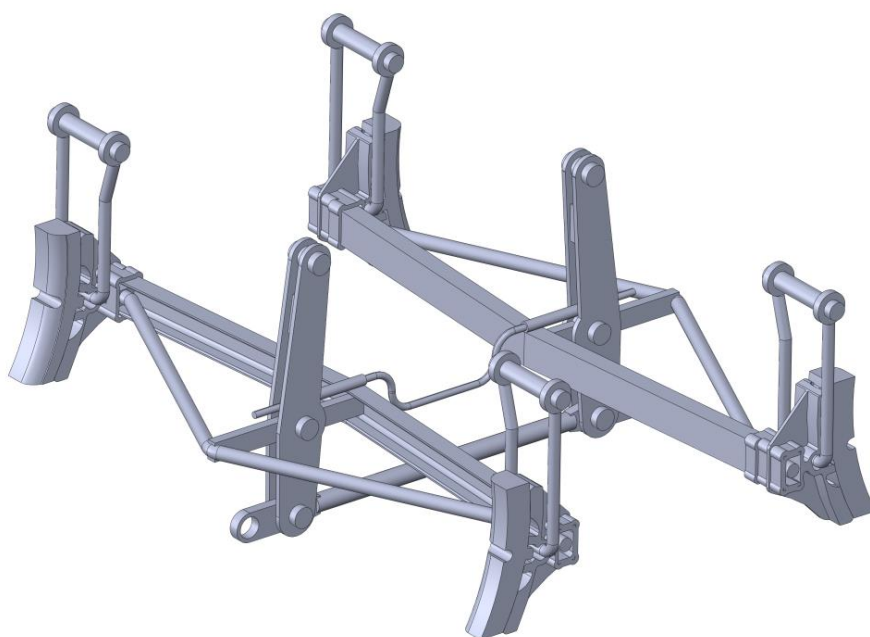


Рисунок 1.22 — Просторова модель ГВП

Оптимальна кількість елементів скінченно-елементної моделі визначена за графоаналітичним методом. Основні характеристики скінченно-елементної моделі наведено в таблиці 1.2.

Скінченно-елементну модель ГВП зображено на рисунку 1.23.

Таблиця 1.2 — Основні характеристики скінченно-елементної моделі ГВП

Найменування параметра	Значення
Кількість точок Якобіана	4
Кількість вузлів	106578
Кількість елементів	423001
Максимальний розмір елемента, мм	12
Мінімальний розмір елемента, мм	4
Мінімальна кількість елементів у колі	9
Співвідношення збільшення розмірів елемента	1,8
Максимальне співвідношення боків	813,77
Відсоток елементів із співвідношенням боків менше трьох	95,6
Відсоток елементів зі співвідношенням боків більше десяти	0,335

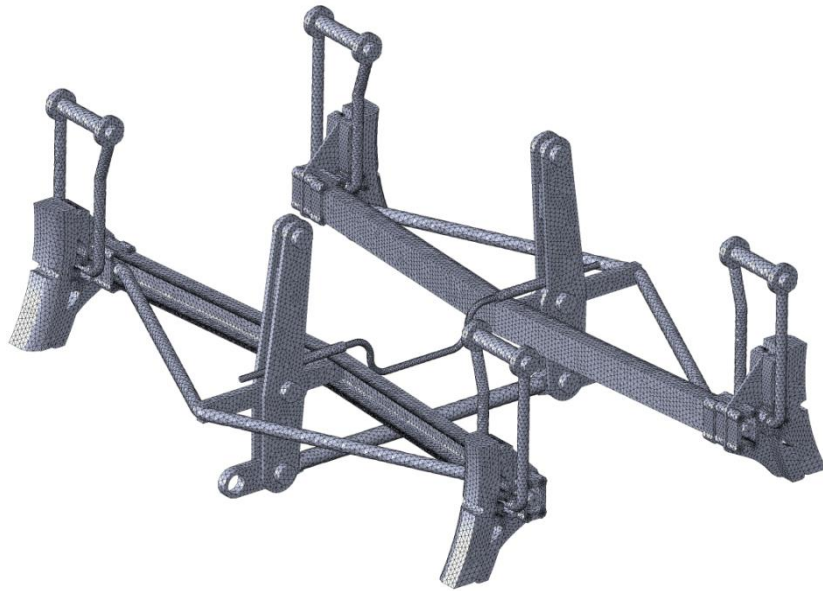


Рисунок 1.23 — Скінченно-елементна модель ГВП

Розрахункова схема ГВП подана на рисунку 1.24.

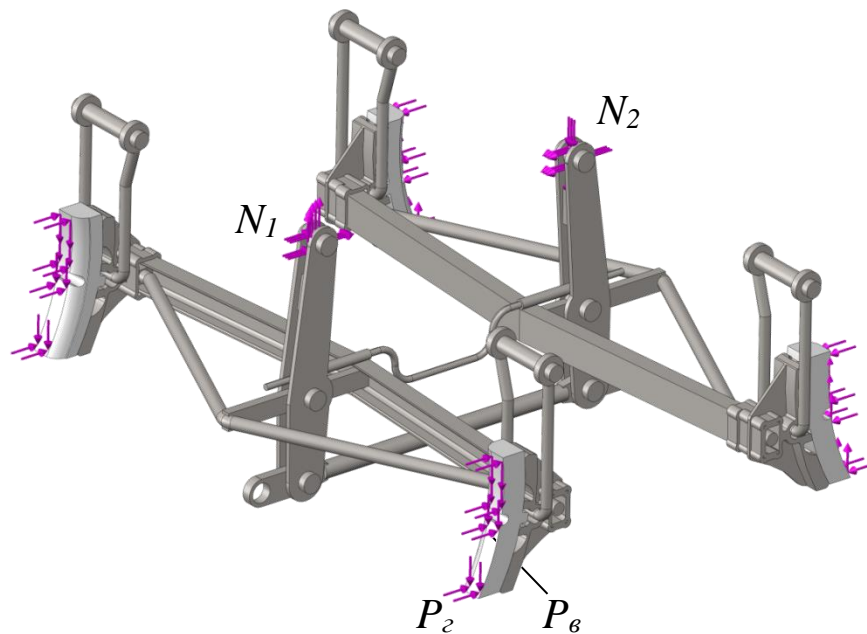


Рисунок 1.24 — Розрахункова схема ГВП

При цьому зусилля N_1 , яке діє на вертикальний важіль, прийняте рівним 9,38 кН. Оскільки це зусилля передається на елементи ГВП під деяким кутом, то воно розподілялося на дві складові.

Навантаження, яке передається на гальмову колодку від колеса при гальмуванні, прийняте рівним 47,4 кН і також розділялося на дві складові з урахуванням кута нахилу колодки. При цьому вертикальна складова P_v навантаження на першу за ходом руху пару колодок спрямована вгору, а на другу – вниз.

Закріплення моделі здійснювалося за елементи підвішування ГВП до рами вагона. При цьому закріплення моделювалося як «зафіксований шарнір» (рисунок 1.25).

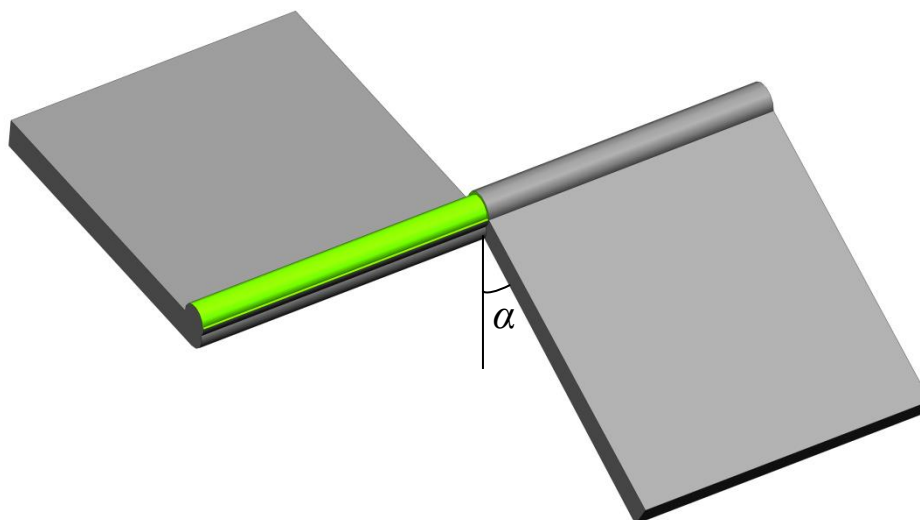


Рисунок 1.25 — Зафіксований шарнір

Як матеріал елементів ГВП використано сталь марки Ст. 3сп, а гальмових колодок – композит.

Результати розрахунку наведені на рисунках 1.26 – 1.28.

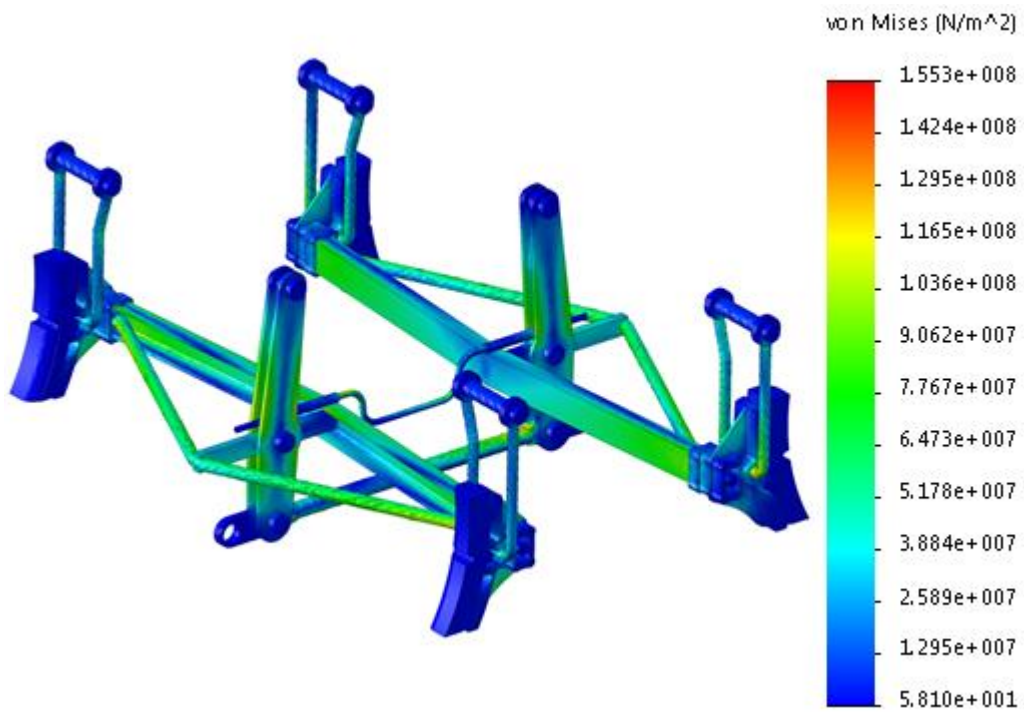


Рисунок 1.26 — Напружений стан ГВП

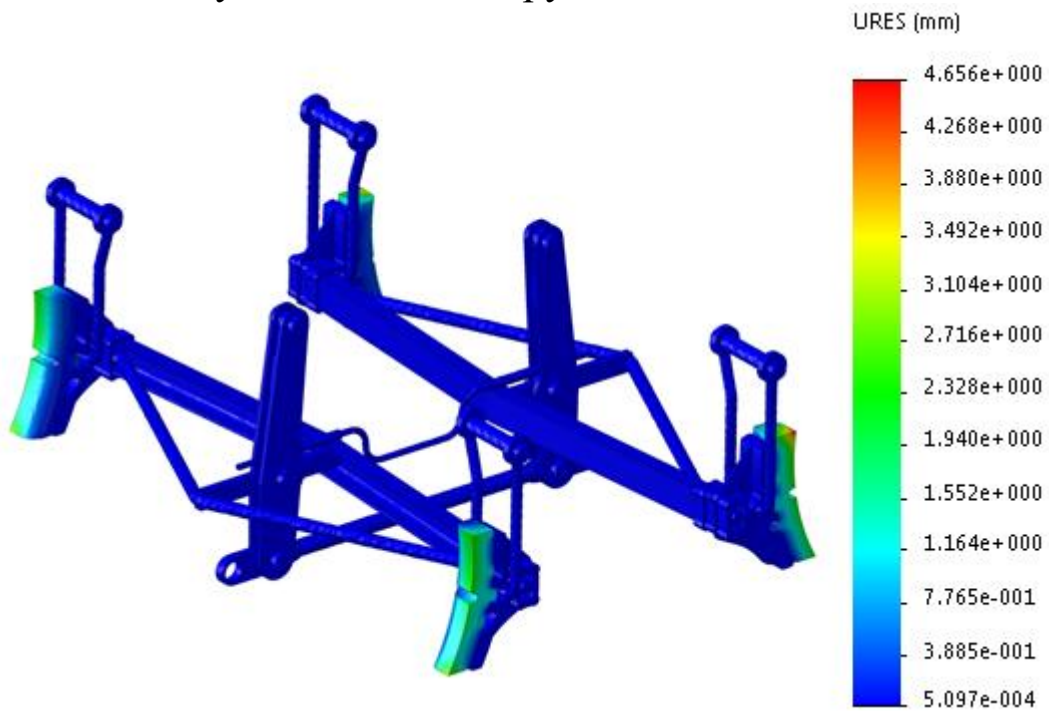


Рисунок 1.27 — Переміщення у вузлах ГВП

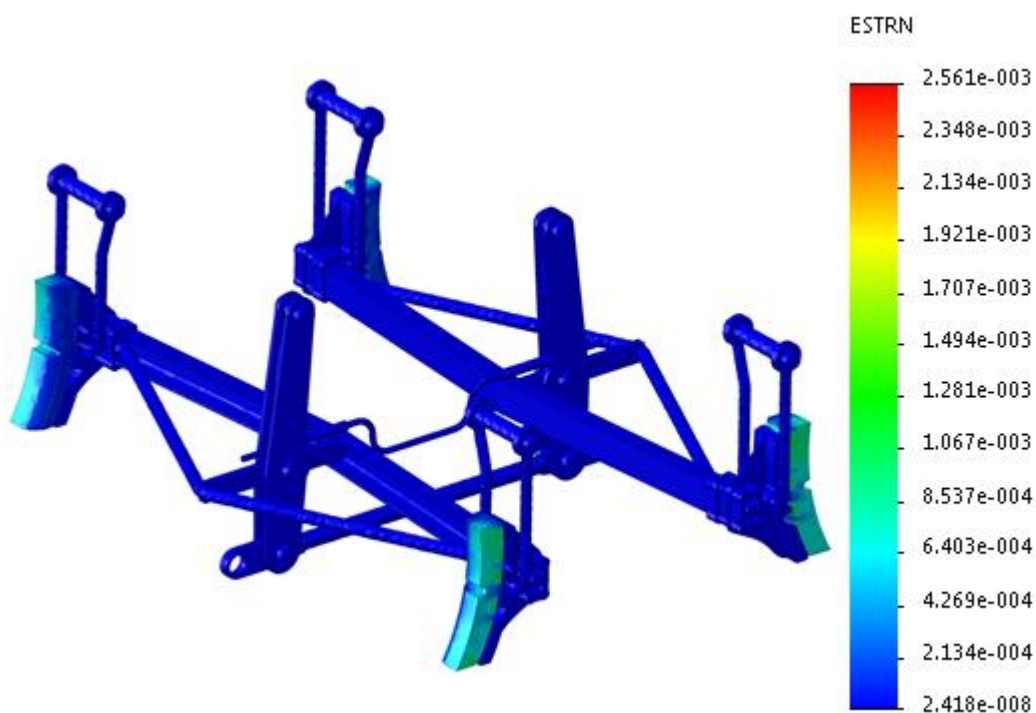


Рисунок 1.28 — Деформації в елементах ГВП

На підставі проведених розрахунків можна зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження виникають у скобі та складають близько 150 МПа, тобто не перевищують допустимі. Максимальні переміщення, зафіксовані у гальмових колодках, – 4,7 мм. Максимальні деформації склали $2,561 \cdot 10^{-3}$.

Отже, міцність ГВП забезпечується.

ТЕМА 2. Організація проведення технічного обслуговування гальм пасажирських вагонів

2.1 Технічні вимоги до обслуговування автогальм пасажирських вагонів

Технічне обслуговування ТО-1 гальмового обладнання пасажирських вагонів, обладнаних дисковими гальмами, що рухаються в пасажирських поїздах із швидкістю до 140 км/год включно, проводиться відповідно до вимог нормативно-технічної документації [1, 3, 4].

Вагони з дисковими гальмами повинні експлуатуватися з металокерамічними гальмовими накладками дискових гальм. Допускається використання на вагонах композиційних (полімерних) гальмових накладок з матеріалу 140-42. У будь-якому випадку на окремих вагонах всі накладки мають бути однотипні. Товщина нових металокерамічних накладок становить 24 мм, композиційних — 20 мм.

При технічному обслуговуванні ТО-1 гальмового обладнання пасажирських вагонів з дисковими гальмами необхідно додатково перевірити:

- поверхні тертя вінців всіх гальмових дисків вагона, в доступній для оглядача зоні;
- справність пневмоциліндрів магніторейкового гальма і стан башмаків, висоту і паралельність розташування башмаків магніторейкового гальма над колійною рейкою. Розмір між крайніми полюсами електромагніту і рейкою повинен бути в межах від 126 до 130 мм. Перевірити надійність болтових кріплень. При підніманні й опусканні башмак магніторейкового гальма не повинен перекошуватися;
- кріплення трубопроводів і шлангів на візку (герметичність їх з'єднань, відсутність на слух витоків повітря), стан кабелю котушок живлення магніторейкового гальма;
- кріплення деталей гальма, в тому числі накладок дискових гальм (візуально);
- товщину накладок дискових гальм. Металокерамічні накладки товщиною 13 мм і менше та композиційні накладки

товщиною 5 мм і менше по зовнішньому радіусу накладок підлягають заміні;

– сумарний зазор між обома накладками і диском на кожному диску, який має бути не більше 6 мм. На вагонах, обладнаних стоянковими гальмами, зазори потрібно перевіряти при попуску після екстреного гальмування.

Всі виявлені при перевірці несправності необхідно усунути, несправне гальмове обладнання та деталі кріплення замінити або відремонтувати, відсутні поставити.

2.2 Включення гальм пасажирських вагонів

Повітророзподільники вагонів включаються на короткосоставний режим при довжині поїзда до 20 вагонів включно і на довгосоставний – при довжині поїзда більше 20 вагонів.

Живильний резервуар повинен бути підключений до гальмової магістралі через роз'єднувальний кран, який між цим резервуаром та двома реле тиску РТ1 і РТ2 на вагонах має бути відкритим.

На вагонах, обладнаних стоянковими гальмами, повинні бути відкриті крани від гальмової магістралі до гальмових циліндрів зі стоянковим гальмом.

2.3 Забезпечення пасажирських вагонів і поїздів гальмами

Розрахункове гальмове натиснення на вісь вагонів з дисковими гальмами (у перерахунку на чавунні гальмові колодки) приймати:

- для швидкостей руху до 120 км/год включно 98,1 кН;
- для швидкостей руху до 140 км/год включно 122,63 кН.

Вагу тари вагонів визначати за даними, що нанесені на бічній стінці кузова вагона, а навантаження від пасажирів, ручної поклажі і спорядження – відповідно до нормативно-технічних документів.

При заповненні довідки з гальм форми ВУ-45 проти відповідного натиснення на вісь вагонів з дисковими гальмами в

графі «Інші дані» записувати ДГ. При вказуванні в довідці кількості композиційних колодок у складі враховувати вагони з дисковими гальмами як вагони з цими колодками. Вихід штока гальмового циліндра хвостового вагона з дисковим гальмом допускається в довідці не вказувати.

2.4 Технічне обслуговування ТО-1 пасажирських вагонів, які обладнані гальмами фірми «Кнорр-Бремзе»

2.4.1 Перелік робіт, які виконуються при ТО-1 пасажирських вагонів, обладнаних гальмами фірми «Кнорр-Бремзе»

При ТО-1 здійснюються такі види робіт:

- огляд гальмового обладнання, розташованого на рамі вагона;
- огляд гальмового обладнання, розташованого на візку;
- візуальний контроль стану гальмових накладок;
- візуальний контроль стану гальмового диска;
- контроль справності системи протиюзного захисту за показаннями системи діагностики.

2.4.2 Огляд гальмового обладнання пасажирських вагонів, розташованого на рамі вагона

Перевірити надійність кріплення пневматичного вимикача і протигазних клапанів системи протиюзного захисту на рамі вагона.

Не допускається:

- послаблення деталей кріплення;
- відсутність деталей кріплення;
- наявність механічних пошкоджень пневматичного вимикача і протигазних клапанів системи протиюзного захисту.

2.4.3 Огляд ходових частин пасажирських вагонів, які мають гальма фірми «Кнорр-Бремзе»

Огляд гальмового обладнання, розташованого на візку:

- а) провести візуальний контроль кліщових механізмів і перевірити надійність кріплення кліщового механізму на візку.

Не допускається:

- послаблення деталей кріплення;
- відсутність деталей кріплення;
- наявність механічних пошкоджень;
- наявність пошкоджень гумових сильфонів;

б) перевірити надійність кріплення власних гальмових накладок у кожному кліщовому механізмі.

Не допускається:

- послаблення деталей кріплення;
- відсутність деталей кріплення;
- наявність механічних пошкоджень;

в) перевірити стан фіксаторів накладок у тримачах гальмових накладок.

Фіксатори накладок повинні знаходитися в закритому положенні;

г) перевірити стан датчика імпульсів.

Не допускається:

- послаблення деталей кріплення;
- відсутність деталей кріплення;
- наявність механічних пошкоджень;
- порізи й обриви кабелю.

2.4.4 Візуальний контроль стану гальмових накладок

Відколи, наскрізні тріщини і відшарування фрикційного шару від сталевих основи в гальмових накладках не допускаються.

Гальмову накладку при мінімальній товщині 5 мм, виміряну у найтоншому місці, замінюють на нову.

При необхідності заміни накладок на диску за зносом проводити заміну всіх накладок на даному диску.

2.4.5 Візуальний контроль стану гальмового диска

Візуальному контролю підлягають всі гальмові диски вагона. Гальмові диски з плямами підгоряння допускаються до подальшої експлуатації при відсутності наскрізних тріщин і надривів. При виявленні плям підгоряння на диску провести перевірку всіх гальмових накладок даного гальмового диска на

наявність пошкоджень. Відшарування металу і навари на поверхні тертя диска не допускаються.

Допускаються волосні мікротріщини по всій поверхні тертя незалежно від їх розташування.

Наявність тріщин в маточині і з'єднувальних фланцях диска не допускається.

Інструментальному контролю підлягають гальмові диски, на яких при візуальному огляді виявлено ознаки тріщин. Інструментальний контроль тріщин дисків здійснюється за допомогою лінійки з точністю вимірювання 1 мм.

Допускаються поверхневі тріщини в радіальному напрямку довжиною до 80 мм, що не виходять на зовнішню і внутрішню межі диска. Якщо довжина тріщини понад 80 мм, але менше 100 мм, умовно допускається експлуатація до найближчого ПТО. Відстань між такими тріщинами допускається не менше 15 мм.

Допускаються поверхневі тріщини в радіальному напрямку довжиною до 50 мм, що виходять на зовнішню або внутрішню межі диска. Якщо довжина тріщини понад 50 мм, але менше 80 мм, умовно допускається експлуатація до найближчого ПТО. Відстань між такими тріщинами допускається не менше 30 мм

Відстань між тріщинами в радіальному напрямку, що виходять на зовнішню межу і не виходять на межі, допускається не менше 30 мм, а між тріщинами, що виходять на внутрішню межу і не виходять на межі, — не менше 7 мм.

Якщо дві тріщини в радіальному напрямку, одна з яких виходить на грані, розташовані на відстані 7 мм від тріщини і не виходить на грані, то сумарна довжина таких тріщин має бути не більше 100 мм.

Не допускається експлуатація диска з граничним зносом робочих поверхонь більше зазначених контрольних проточувань «V».

2.4.6 Контроль справності системи протиюзного захисту за показаннями системи діагностики

Слід переконатися в працездатності системи протиюзової системи. Для цього необхідно короткочасно натиснути на кнопку, яка знаходиться на блоці діагностики системи протиюзової системи і переконається в наявності індикації на відповідному

блоці. При наявності іншої індикації на блоці діагностики (і загоряння сигнальної лампи на борту вагона) провести зчитування помилок з блока діагностики системи протиюзової системи і визначити несправність. Виявлену несправність необхідно негайно усунути.

Після усунення несправності провести перевірку протиюзової системи і переконатися в наявності індикації на відповідному блоці.

2.5 Порядок включення гальм «КЕ» пасажирських вагонів міжнародного сполучення

Гальма «КЕ» пасажирських вагонів міжнародного сполучення необхідно включати на пасажирсько-швидкісний режим при швидкості руху до 120 км/год, а при більш високій швидкості руху — на швидкісний режим. Забороняється включати швидкісний режим гальмування при відсутності на вагоні або несправності датчика швидкісного регулятора, або хоча б одного датчика протиюзового пристрою. Пересилаються пасажирські вагони, обладнані гальмом «КЕс», у вантажних поїздах з виключеним гальмом, якщо гальма состава включаються на рівнинний режим, і з включенням на вантажний режим, якщо гальма состава включаються на гірський режим [3, 4]. При наявності в составі пасажирського поїзда внутрішньодержавного сполучення одного вагона з гальмом західноєвропейського типу дозволяється гальмо цього вагона виключити, якщо поїзд забезпечений єдиною найменшою нормою гальмового натиснення на 981 кН ваги без урахування виключеного гальма.

2.6 Порядок включення вагонів з дисковими гальмами у состави пасажирських поїздів

Состави пасажирських поїздів слід формувати за можливістю з максимальною кількістю вагонів, обладнаних дисковими гальмами.

Допускається спільна експлуатація в одному складі вагонів з дисковими і колодковими гальмами за умови обладнання

останніх композиційними гальмовими колодками. Спільна експлуатація в одному поїзді вагонів з дисковими і колодковими гальмами з чавунними колодками допускається тільки в порядку виключення для передачі окремих вагонів з дисковим гальмом до місця призначення.

Передача вагонів з дисковими гальмами у складах вантажних поїздів допускається з виключеними гальмами у кількості не більше двох вагонів. При цьому на вагонах із стоянковими гальмами мають бути відкриті обидва роз'єднувальних крани від гальмової магістралі до циліндрів стоянкових гальм.

Повітророзподільники вагонів включаються на короткосоставний режим при довжині поїзда до 20 вагонів включно і на довгосоставний – при довжині поїзда більше 20 вагонів.

Після повного заряджання гальмової мережі вагонів провести продування живильних резервуарів об'ємом 170 л через випускний кран на кожному вагоні для видалення конденсату.

Розрахункове гальмове натиснення на вісь вагонів з дисковими гальмами (у перерахунку на чавунні гальмові колодки) приймати:

- для швидкостей руху до 120 км/год включно 98,1 кН;
- для швидкостей руху до 140 км/год включно 122,63 кН.

Вагу тари вагонів визначати за даними, нанесеними на боковій стінці кузова вагона, а навантаження від пасажирів, ручної поклажі і спорядження — відповідно до нормативно-технічної документації.

Норми забезпечення пасажирських поїздів гальмами і допустимі швидкості руху при наявності в їхньому складі вагонів з дисковими гальмами встановлюються у повній відповідності з нормативно-технічною документацією.

При заповненні довідки з гальм ф. ВУ-45 проти відповідного натискання на вісь вагонів з дисковими гальмами в графі «Інші дані» записувати ДГ. При вказуванні в довідці кількості композиційних колодок у складі враховувати вагони з дисковими гальмами як вагони з цими колодками. Вихід штока гальмового циліндра хвостового вагона з дисковим гальмом допускається в довідці не вказувати.

ТЕМА 3. Діагностичні системи для гальмового обладнання рухомого складу

3.1 Пристрої для діагностування гальм пасажирських вагонів

Засоби технічного діагностування — це комплекс технічних засобів для оцінювання технічного стану об'єкта контролю. Для контролю автоматичних гальм рухомого складу розроблені зовнішні та бортові системи контролю як окремих елементів, так і основних параметрів гальмових систем рухомого складу.

Найбільш розповсюдженими зовнішніми системами для випробування та перевірки гальм є пристрої для вимірювань параметрів гальмового обладнання пасажирських вагонів: СИТОЛ-2Э, СИТОВ-П, УЗОТ-РМ, УЗОТ-П та інші.

Пристрій СИТОВ-П (рисунок 3.1) призначений для перевірки технічних характеристик гальм пасажирських вагонів [13].

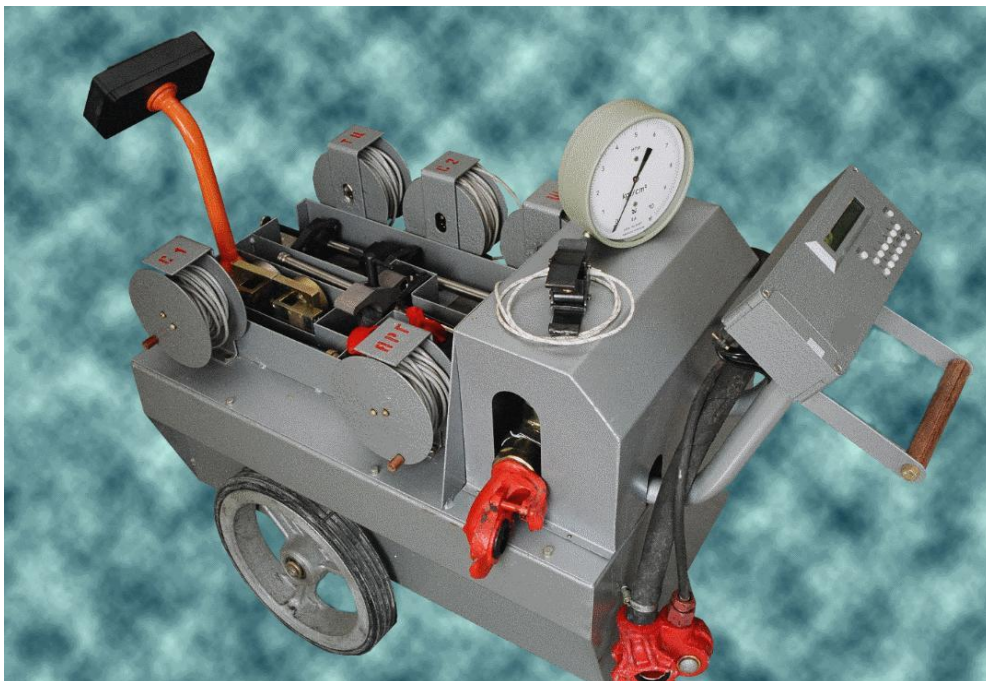


Рисунок 3.1 — Загальний вигляд пристрою СИТОВ-П

СИТОВ-П дозволяє автоматизувати контроль-вимірвальні операції з реєстрацією вимірвальної інформації при приймально-

здавальних випробуваннях на заводах-виробниках і післяремонтних – в депо та вагоноремонтних заводах.

Параметри, що контролюють, вимірюються спеціальними датчиками, а результати вимірювань реєструються у пам'яті пристрою для подальшого перенесення даних на ЕОМ, що забезпечує об'єктивність перевірки. Результати і поточний стан відображаються на алфавітно-цифровому дисплеї.

Пристрій СИТОВ-П виконує перевірку щільності гальмової системи, величину тиску в ГЦ та сил натиснення гальмових колодок, вихід штока ГЦ, роботи авторегулятора, випускного клапана і стоп-кранів, величини опорів ізоляції та провідників.

Перевірка може проводитися як в автоматичному, так і ручному режимах.

Пристрій УЗОТ-П (рисунок 3.2) призначений для заряджання та випробування пневматичних автогальм і випробування електропневматичних гальм на станціях формування й обертання поїздів перед відправленням поїзда з реєстрацією параметрів гальм (у пам'яті ЕОМ і на паперовому носії).

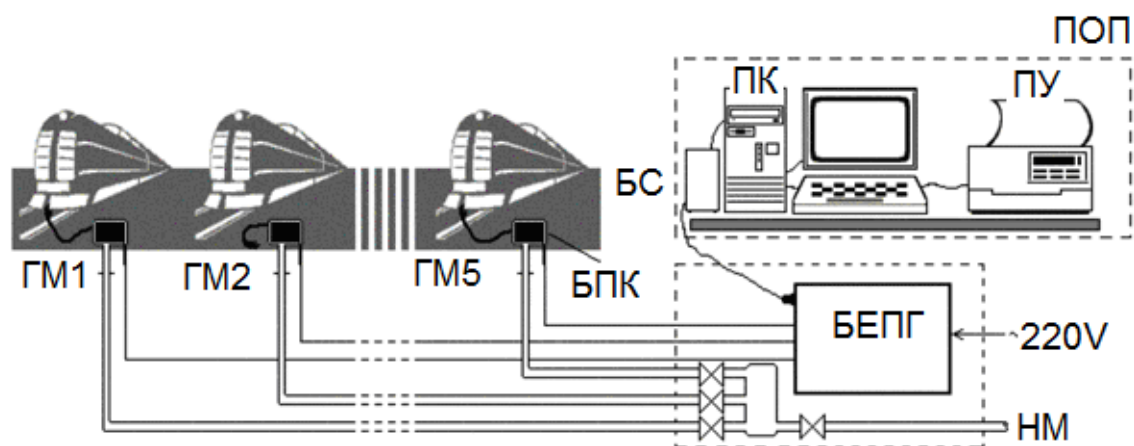


Рисунок 3.2 — Схема складу УЗОТ-П

Пристрій дозволяє автоматизувати процеси підготовки гальм рухомого складу в парках відправлення, здійснювати контроль над якістю підготовки гальм і дотриманням технологічної дисципліни в парку відправлення.

Пристрій забезпечує:

- обробку гальм при підключенні гальмової мережі поїзда до стаціонарних польових живильних колонок, які розташовуються між коліями парку відправлення (до 5 колонок);
- одночасну обробку автоматичних гальм у п'яти составів і електропневматичних – в одному із составів;
- можливість продування гальмової магістралі стисненим повітрям під тиском 0,15 МПа при з'єднанні гальмових рукавів;
- підтримку поїзного тиску й можливість регулювання його значення з пульта управління (УП) або (при ручному управлінні) з панелі управління БЕПГ (блок електропневматичних гальм);
- виконання автоматичного ступеня гальмування автоматичних гальм з підтриманням заданої величини й можливості її регулювання з пульта (УП) або (при ручному управлінні) з панелі управління БЕПГ;
- безперервний контроль тиску повітря в нагнітальній магістралі з сигналізацією зниження тиску;
- безперервний контроль витікання й тиску повітря в гальмовій магістралі;
- вимірювання в автоматичному й ручному режимах нещільності гальмової магістралі при зарядному тиску в гальмовій магістралі і при ступені гальмування;
- контроль кількості спрацьовування автоматичних гальм;
- управління електропневматичними гальмами з режимами гальмування, перекриття і відпускання електропневматичних гальм;
- випробування дії електропневматичних гальм при нарузі живлення «+40 В»;
- визначення короткого замикання у колах електропневматичних гальм (коротким замиканням вважається струм споживання більше 8,5 А);
- вимірювання струму споживання електропневматичних гальм при режимах гальмування й перекриття;
- виконання автоматичного ступеня гальмування електропневматичних гальм з підтриманням заданої величини й можливості її регулювання з пульта УП або (при ручному управлінні) з панелі управління БЕПГ;
- безперервний контроль на моніторі ПК за зміною витікання й тиску повітря в гальмовій магістралі і тиску в живильній магістралі для складу, що обробляється;

– реєстрацію процесів підготовки гальм, що включає для кожного складу, що обробляється в реальному часі, запис графіка зміни величини:

а) тиску повітря в живильній магістралі з відміткою про недопустиме зниження тиску;

б) тиску в гальмовій магістралі;

в) витікання повітря з гальмової магістралі з відмітками: контролю оператором нещільності гальмової магістралі та її величини, контролю цілісності гальмової магістралі (відсутності перекритих кінцевих кранів при продуванні гальмової магістралі кінцевим краном хвостового вагона), спрацьовування автоматичних гальм при проведенні заряджання й випробування;

г) напруги управління ЕПГ;

д) струму споживання ЕПГ з відмічанням величини вимірюваного струму;

е) створення пакета документів про роботу ПТО (ВУ-45 тощо).

Пристрій призначений для роботи в умовах парку відстою рухомого складу або ранжувального парку. Забороняється встановлення пристрою на коліях, обладнаних електричною тягою. При встановленні пристрою на коліях, обладнаних рейковими колами системи централізації, допускається підключати шиною до рейки в один час тільки одну напольну колонку.

Пристрій УЗОТ-П складається з таких основних частин:

– пульт оператора парку ППП, що включає ПК з монітором і принтером ПУ, блок зв'язку БС, який призначений:

а) для управління процесами підготовки АГ і ЕПГ;

б) приймання й обробки сигналів від вимірювачів;

в) передачі команд управління БЕПГ і напольних пристроїв БПК відповідно до закладених алгоритмів роботи й режимів, що задаються оператором парку;

г) оброблення даних про параметри гальмової системи складу;

д) інформування оператора про стан гальм рухомого складу;

е) зберігання результатів випробувань у базі даних на магнітних дисках;

ж) забезпечення пошуку, аналізу й документування результатів;

– блок управління ЕПГ, що призначений:

а) для ретрансляції команд управління від ППП до БПК і даних назад при роботі блока в автоматичному режимі;

- б) управління АГ і ЕПГ при роботі блока в ручному режимі, у тому числі при проведенні перевірки вимірювачів;
 - в) комутації каналів управління ЕПГ (один з п'яти): напруга ЕПГ і її зворотний зв'язок, лінія передачі даних;
 - г) формування напруги управління ЕПГ;
 - д) вимірювання струму споживання ЕПГ;
 - е) живлення схем БПК напругою «+40 В»;
- блоки напольних живильних колонок БПК, що призначені:
- а) для підключення АГ і ЕПГ складу до виконавчих пристроїв УЗОТ-П через з'єднувальний рукав;
 - б) тиску повітря на виході блока відповідно до алгоритмів роботи пристрою за командами від ППП або БЕПГ (у ручному режимі);
 - в) вимірювання тиску повітря в НМ і ГМ та витікання повітря з ГМ і передачі даних на БЕПГ та ППП;
 - г) передачі напруги живлення ЕПГ від БЕПГ до з'єднувального рукава;
 - д) електричних комунікацій, потрібних для обміну інформацією між блоками пристрою й подачі керуючої напруги ЕПГ від БЕПГ до напольних БПК;
 - е) пневматичних комунікацій, потрібних для підведення стисненого повітря від живильної мережі парку до БПК.

УЗОТ-П виконаний у вигляді встановленого в приміщенні оператора парку відправлення пульта ППП зі стаціонарною антеною, підключеною до БС. Пристрої з'єднані з установленими у горловині парку роз'єднувальними кранами і ресиверами НМ. Блоки БЕПГ, що розміщені в горловині парку, можна встановлювати в приміщенні оператора відповідно до нормативних вимог щодо силових кабелів ЕПГ.

Встановлено між коліями живильні колонки БПК з кінцевим краном № 190 і з'єднувальними рукавами № 369А при випробуванні ЕПГ рухомого складу, а корпус БПК, що підключається до нього, повинен бути підключений до рейки. У парках прокладено між коліями трубопроводи НМ, кабелі зв'язку й силові кабелі від БЕПГ до БПК.

Загальними недоліками цих систем є відсутність систем контролю роботи гальм окремого вагона у сформованому поїзді.

3.2 Системи управління швидкістю руху поїзда

У розроблених системах автоматичного управління гальмами (САУГ) і швидкістю руху поїзда завдання управління вирішувалося шляхом визначення закону зміни керованих сил. При дослідженнях враховувалися перехідні процеси в гальмовій системі, особливості гальмових засобів кожного поїзда, використовувався результат аналізу стану гальм у режимі реального часу. Це стало можливим після розвитку й застосування адаптивних САУГ. Крім того, САУГ і швидкістю руху поїзда розглядалися як системи управління без урахування функцій прицільної зупинки, що відповідає вимогам функціональної безпеки. Таким чином, розвиток теорії побудови адаптивних САУГ поїзда й пошук шляхів їх реалізації дає можливість більш широкого застосування таких систем у процесах автоматичного управління поїздами.

У деяких країнах проблеми забезпечення безпеки руху носять схожий характер, тому шляхи розвитку систем безпеки багато в чому збігаються. Так, як системи безпеки й інтервального регулювання руху поїздів у Європі й інших країнах використовують системи автоматичної локомотивної сигналізації точкового (АЛСТ) і безперервного (АЛСБ) типу з автоматичним контролем швидкості. Ці системи, як і вітчизняні аналоги, складаються з комплексу стаціонарної (польової) і бортової апаратури. Аналіз цих систем показав, що відмінною рисою закордонних АЛС є більша кодова значимість. На мережі АТ «Укрзалізниця» України використовується тризначна АЛСБ, а починаючи з 1980-х років впроваджується 16-значна АЛС-ЕН, хоча її потенціал 256 кодових значень. Також відмінною рисою закордонних систем безпеки є широке застосування точкових колійних реперів — баліз. Балізи випускаються двох типів: пасивні й активні. У пасивних балізах закладена інформація постійна, що не змінюється в процесі експлуатації, а інформація з активної балізи може бути змінена (перезаписана) зчитувальним пристроєм, установленим на рухомому складі. Надійність і безпека роботи закордонних систем безпеки ґрунтуються на застосуванні завадостійкого кодування інформації, повторної передачі телеграм і дублюванні апаратури.

З розвитком у Європі високошвидкісних залізничних ліній з'явилася можливість організації міжнародного високошвидкісного руху. Однак розвиток залізничного транспорту в кожній окремо взятій європейській країні відбувається по-різному. У результаті європейські залізниці експлуатують різні національні системи безпеки руху й управління поїздами (INDUSI, KVB, LZB, TVM, ATB тощо), які мають різні безпечні гальмові криві. З метою вирішення проблеми, що виникла, було ухвалено рішення про створення Європейської системи управління рухом поїздів (ETCS), де регламентовано специфікації для гальмових кривих. У результаті майже для всіх поїздів у Європі, які обертаються на швидкостях до 200 км/год, прийнято єдиний показник, що характеризує кількісний опис гальмової характеристики поїзда і є гальмовим коефіцієнтом λ , який обчислюється у відсотках (λ -значення). Гальмові коефіцієнти для різних поїздів визначаються дослідним шляхом і зазначені в нормативному документі.

Для ETCS, як для більшості автоматичних систем контролю швидкості, потрібна інформація про гальмову характеристику поїзда у вигляді функції його миттєвого сповільнення від швидкості. Науковці Міжнародного союзу залізниць (UIC) вивчили цю проблему й розробили конверсійну модель, що була схвалена робочою групою Європейської системи управління залізничним сполученням (ERTMS) — Європейською економічною зацікавленою групою (EEIG).

Модель перетворює λ -значення й одержує залежність сповільнення від швидкості, у вигляді східчастої функції, тобто графічна залежність $a = f(V)$ визначається як послідовність ділянок з постійним сповільненням (рисунок 3.3). Модель застосовується для всіх поїздів з різними типами гальмових систем. Як вхідні параметри вона використовує λ -значення, тип поїзда (пасажирський/вантажний), довжину поїзда й положення гальма G/P. Це дозволяє визначити відстань, необхідну для зниження поточної швидкості до цільової.

Сучасний підхід при побудові гальмових кривих у системі ETCS (рисунок 3.4) заснований на визначенні двох статистичних коефіцієнтів K_{dry_rst} і K_{wet_rst} . Перший враховує

характеристики рухомого складу на сухих рейках (дисперсія коефіцієнтів тертя, діаметр колеса, тиск у ГЦ), а другий – зовнішні фактори, що впливають на процес гальмування (погодні умови, стан колії та ін.), а також інтенсивність руху на ділянці встановленої довжини гальмових шляхів та інші особливості інфраструктури.

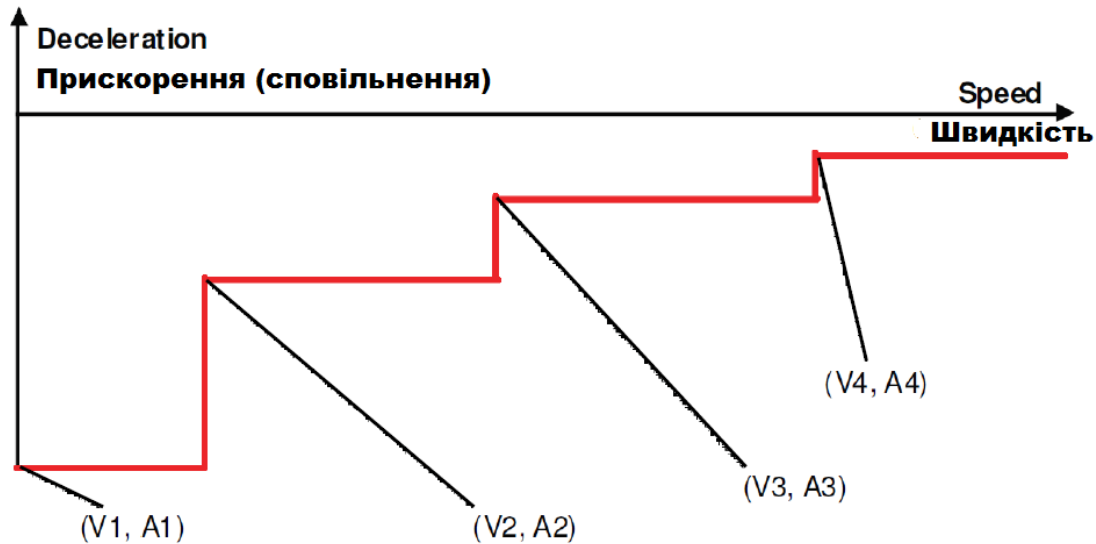


Рисунок 3.3 — Модель безпечного гальмування Європейської системи управління рухом поїздів

На першому етапі (рисунок 3.4) за базову приймається номінальна гальмова характеристика при екстреному гальмуванні. Гальмова крива розраховується з використанням характеристик рухомого складу й інфраструктури в номінальних умовах.

На другому етапі залежно від поточної швидкості для різних значень рівня довіри EBCL на основі зібраних статистичних даних розраховується коригувальний коефіцієнт $K_{dry_rst}(V, EBCL)$ методом Монте-Карло, який враховує гальмові характеристики складу на сухих рейках. Іншими словами, цей фактор являє собою статистичний розкид екстреного гальмування на сухих рейках. Він надається у вигляді таблиці для кожного значення рівня довіри EBCL.

На третьому етапі вноситься коригувальний коефіцієнт K_{wet_rst} .

На четвертому етапі з колії надходять задані значення рівня довіри EBCL і коригувального коефіцієнта AVADH, що встановлює оператор, який управляє рухом поїздів, залежно від наявності неврахованих факторів, що впливають на гальмовий процес і зчеплення коліс з рейками.

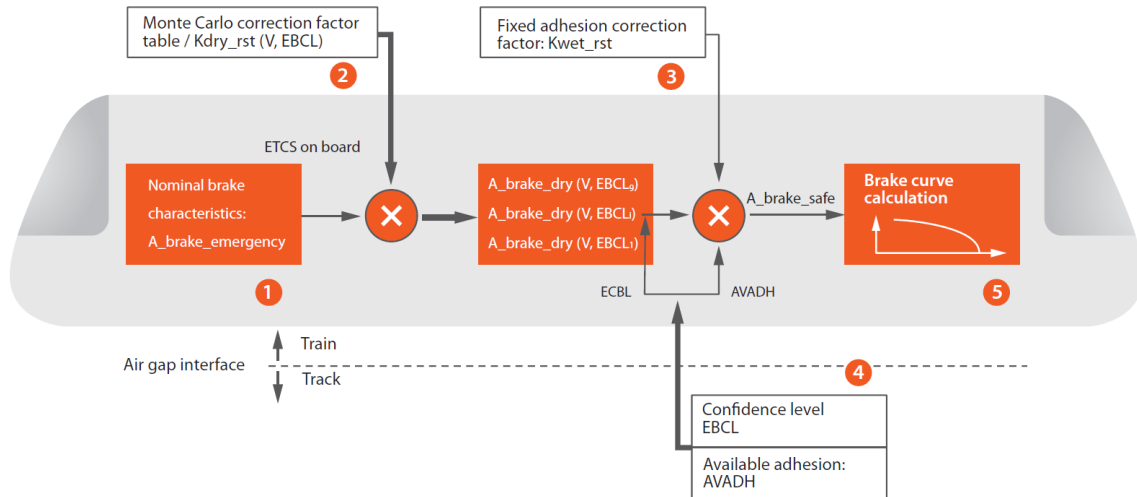


Рисунок 3.4 — Принцип розрахунку гальмування в системі ETCS (Principle for calculating emergency deceleration)

На п'ятому етапі формується єдина гальмова крива.

ETCS, у якій передача інформації на поїзд здійснюється за допомогою євробаліз, широко впроваджується на європейських залізницях. З метою уніфікації ETCS для забезпечення безперешкодного руху по різних залізницях Європи, де експлуатуються національні системи безпеки, до її складу включена система EBICAB-2000, розроблена фірмою Bombardier Transportation.

EBICAB-2000 виконує такі функції:

- управління гальмуванням;
- вимірювання швидкості і пройденого шляху;
- передачу інформації на пульт управління машиніста;
- реєстрацію параметрів руху (тиск у гальмовому циліндрі, гальмовій магістралі, запасному резервуарі та ін.).

Функцію перетворення прийнятих від різних національних систем безпеки сигналів у стандартні телеграми формату ETCS виконують спеціальні передавальні модулі (STM), які з'єднані з центральним оброблювачем EBICAB-2000 по універсальній

транспортній шині (MVB). Центральний оброблювач EBICAB-2000, одержавши телеграму, на підставі інформації про фактичну швидкість поїзда, його координати, план і профіль колії формує програмну криву швидкості, виконання якої контролює ETCS.

Проект ETCS включає до себе чотири рівні конфігурації системи.

Рівень 0. На даному рівні залізничні ділянки не обладнані апаратурою ETCS і машиністи керуються колійними сигналами національної системи безпеки. ETCS здійснює тільки контроль максимально допустимої швидкості, функції визначення місця розташування поїзда, а контроль його цілісності недоступний. При цьому функція зчитування євробаліз залишається постійно ввімкненою.

Рівень 1. На даному рівні ETCS експлуатується як додаткова сигнальна система. У більшості випадків використовується функція передачі інформації з колії на борт (євробаліза). Машиніст безупинно одержує інформацію про допустимі швидкості руху, постійні або тимчасові обмеження швидкості, розташовані попереду зупинні пункти, ухили тощо. Машиніст керується показаннями шляхових сигналів національної системи безпеки. При цьому ETCS, незалежно від національної системи безпеки, формує і здійснює контроль допустимої швидкості і за необхідності застосовує примусове гальмування.

Рівень 2. До ETCS додається радіоканал GSM-R, що призначений для приймання передачі даних і голосу. Автоблокування і рейкові кола зберігаються, а польові сигнали скасовуються. Додано функцію визначення координати поїзда (голови й хвоста) і функцію контролю цілісності поїзда. Станційні системи централізації і поїзда, обладнані GSM-R, утворюють центр блокування на базі радіозв'язку (Radio Block Centre — RBC), у якому зосереджені функції управління залізничною лінією або групою ліній. На основі інформації, отриманої від станційних систем централізації, RBC формує і передає на поїзди, що перебувають у зоні дії RBC, команди дозволу на рух. Як бортове обладнання, що виконує відповідальні функції, фірма Alstom постачає європейський комп'ютер (European Vital Computer — EVC) у комплекті з додатковим обладнанням. До його складу входять дисплей машиніста,

реєструвальний прилад, антена для зчитування інформації від напольних приймачів, система вимірювання швидкості (пристрій вимірювання пройденого шляху і доплерівський радар), засоби радіозв'язку стандарту GSM-R. Машиніст керується сигналами ETCS, які відображуються на дисплеї (Driver Machine Interface — DMI) у кабіні управління.

Рівень 3. ETCS використовує тільки радіоканал і євробалізи. Шляхова сигналізація і рейкові ланцюги скасовані. Управління поїздами здійснюється на підставі інформації про місце розташування (голова-хвіст) і швидкості кожного поїзда, з контролем їхньої цілісності.

Розроблена компанією Alstom концепція розвитку ETCS виходить з того, що у всіх існуючих системах сигналізації поїзд зупиняється, але коли не можна з достатньою вірогідністю встановити, з якою швидкістю він рухався. Це єдина причина, через яку не можна було використовувати інформацію про швидкість для скорочення відстані між двома поїздами, що рухаються. Однак у системі ETCS є досить надійне джерело інформації про швидкість руху кожного поїзда. Тому стає можливим скоротити відстань між двома попутними поїздами на величину гальмового шляху, що необхідна при відомій швидкості руху поїзда, який рухається попереду до повної зупинки. При цьому може бути використано допуск, величина якого достатня для безпечного виконання необхідних функцій.

На сьогодні система ETCS вважається найбільш перспективною в порівнянні з існуючими системами.

3.3 Системи діагностування гальмової мережі вантажних вагонів ECP-4200

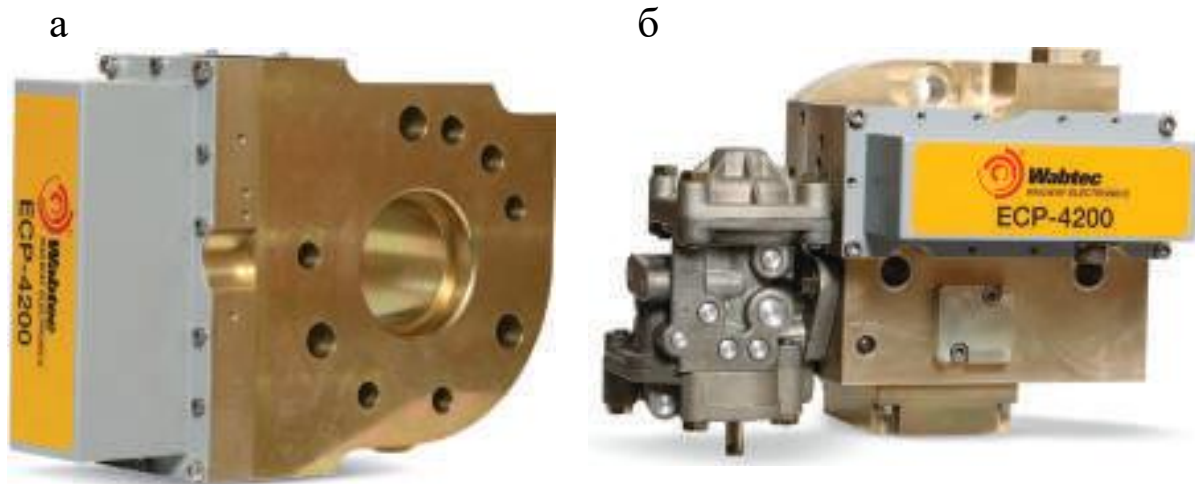
Компанії Wabtec Railway Electronics і WABCO Freight Car Products Wabtec розробляють електронно-пневматичне гальмове обладнання, що дозволяє об'єднати пневматичні й електронні технічні засоби поїзда в єдину систему, без затримки реагує на команди гальмування, які надходять з локомотива.

Функції/переваги:

– випробувано на практиці технічні рішення Wabtec для систем ЕПТ, що пройшли сертифікацію AAR на відповідність вимогам до систем серії S-4200;

- передбачається можливість як установлення обладнання «поверх» вже наявних пневматичних гальмових систем стандарту AAR, так і використання окремого колектора ЕПГ;
- забезпечується одночасне спрацювання гальм і відповідно скорочення гальмового шляху;
- виконується ступінчасте відпускання гальм;
- можливість використання на вагонах підвищеної вантажопідйомності і на більш високих маршрутних швидкостях;
- зниження навантажень, що діють на склад, і зменшення витрат палива;
- знижений знос коліс;
- гальмування при спрацюванні пневматичного клапана екстреного гальмування або випускного клапана;
- клапан ручного відпускання з механічним приводом;
- варіанти виконано для встановлення на одному або декількох вагонах;
- збільшений термін служби акумуляторних батарей;
- надійні міжвагонні з'єднання;
- функції імітації спрацювання пневматики;
- підтримка датчиків «розумних» вагонів.

Колектор ЕПГ (рисунк 3.5) встановлюється на звичайній або одnobічній камері-кронштейні гальмової магістралі, замінюючи собою вузол екстреного гальмування, і забезпечує управління роботою гальмової системи і датчиків. З'єднується зі звичайною механічною тягою ручного відпускання.



а – колектор, що додатково встановлюється; б – автономний колектор

Рисунок 3.5 — Колектор ЕПГ

З'єднувальна коробка системи управління та ідентифікації вагона (CCID). Блок управління електронно-пневматичним гальмом вагона (CCD) розміщується в знімній кришці (рисунок 3.6) комплектної з'єднувальної коробки. З'єднувальна коробка призначена для підключення кабелів вагона, а також служить місцем розміщення модуля ідентифікації вагона й акумуляторної батареї.



Рисунок 3.6 — З'єднувальна коробка системи управління та ідентифікації вагона

Міжвагонні з'єднання (з'єднувальна головка) з кабелем поїзної магістралі ЕПГ наведені на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 — Кінцевий пристрій для підключення міжвагонного з'єднувального кабелю

Перемикач порожнього/вантажного режимів ЕПГ. У перемикача режимів ЕПГ є датчик навантаження ELX стандартної схеми з важелем та відсутній зрівнювальний резервуар. Максимальний тиск гальмового циліндра в порожньому режимі обмежений еквівалентним рівнем тиску при екстреному гальмуванні.

Система ЕПГ має забезпечувати контроль над тиском гальмового циліндра в порожньому режимі, коли його величина нижче максимальної границі. Так само здійснюється пряме регулювання тиску гальмового циліндра при ступінчастому гальмуванні/попусканні гальм в порожньому режимі.

Випускний клапан ЕПГ (рисунок 3.8) — це по суті допоміжний пневматичний спускний пристрій, аналогічний до інших випускних клапанів Wabtec у всьому, крім однієї істотної відмінності: він забезпечує збереження блоком екстреного гальмування чутливості, можливості передачі сигналу і здатності до стрибкоподібної зміни тиску.



Рисунок 3.8 — Випускний клапан ЕПГ

Міжвагонний кабель ЕПГ з тросом (рисунок 3.9) призначений для з'єднання поїзної магістралі 230 В постійного струму вагонів і локомотива, обладнаних системами ЕПГ. Кабель відповідає вимогам стандарту S-4210 і схвалений ААР для застосування в поїздах з ЕПГ, що відповідають стандарту S-4200. З'єднувальна головка сконструйована таким чином, щоб

забезпечувалася простота і зручність з'єднання вагонів і локомотивів. В умовах експлуатації довжина кабелю і троса підбирається таким чином, щоб забезпечити їх розчеплення до розриву гальмової магістралі та відповідно спрацьовування обладнання ЕПГ в екстреному режимі.



Рисунок 3.9 — Випускний клапан ЕПГ

3.4 Система контролю електропневматичних гальм і реєстрації параметрів руху

Система контролю електропневматичних гальм і реєстрації параметрів руху (СКЕГРПР) призначена для застосування на пасажирському рухомому складі.

СКЕГРПР здійснює реєстрацію параметрів руху пасажирського рухомого складу і робить запис відеоінформації з камер спостереження (рисунки 3.10, 3.11) [8, 16].

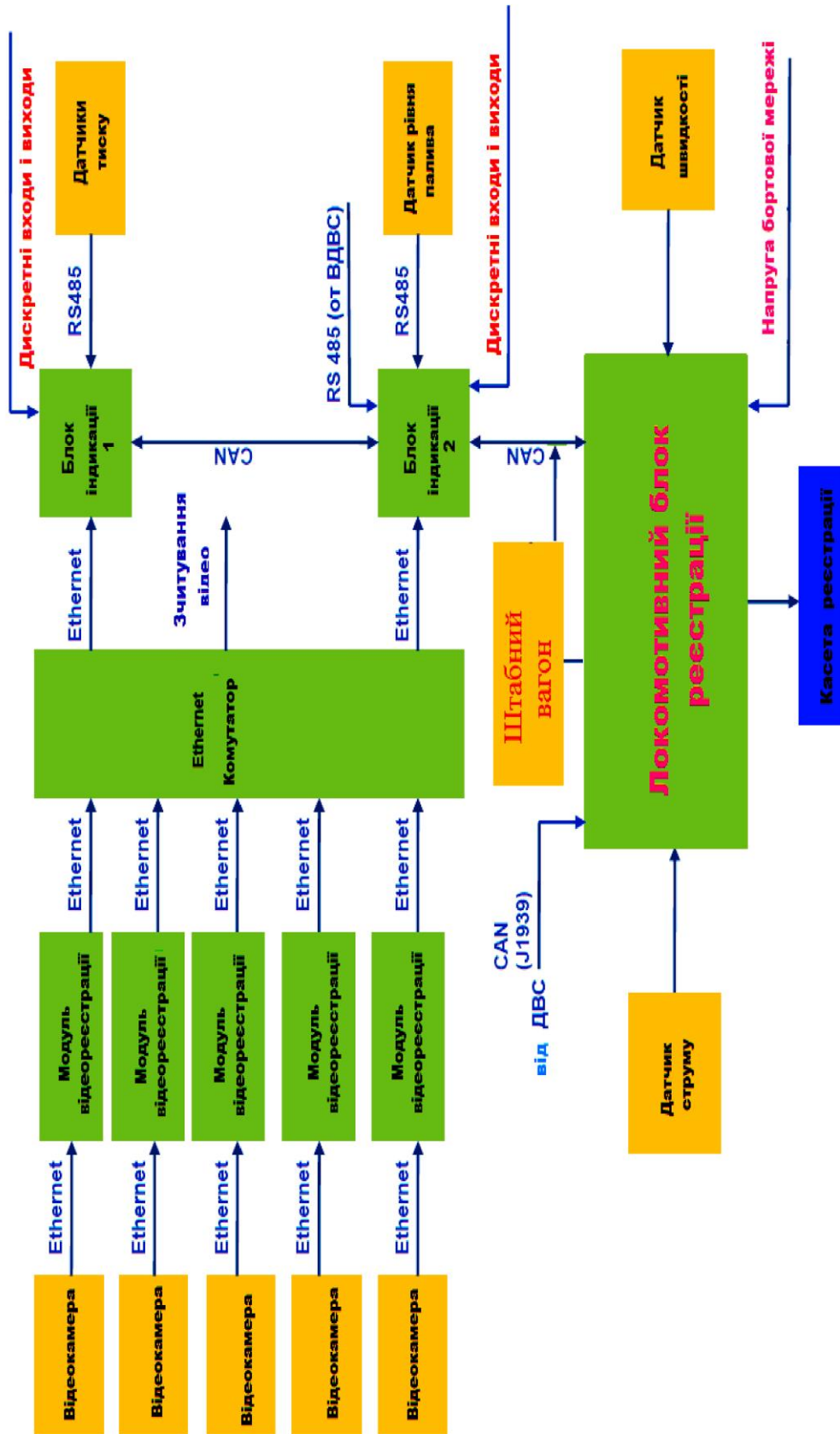


Рисунок 3.10 – Реєстрація параметрів руху пасажирського рухомого складу

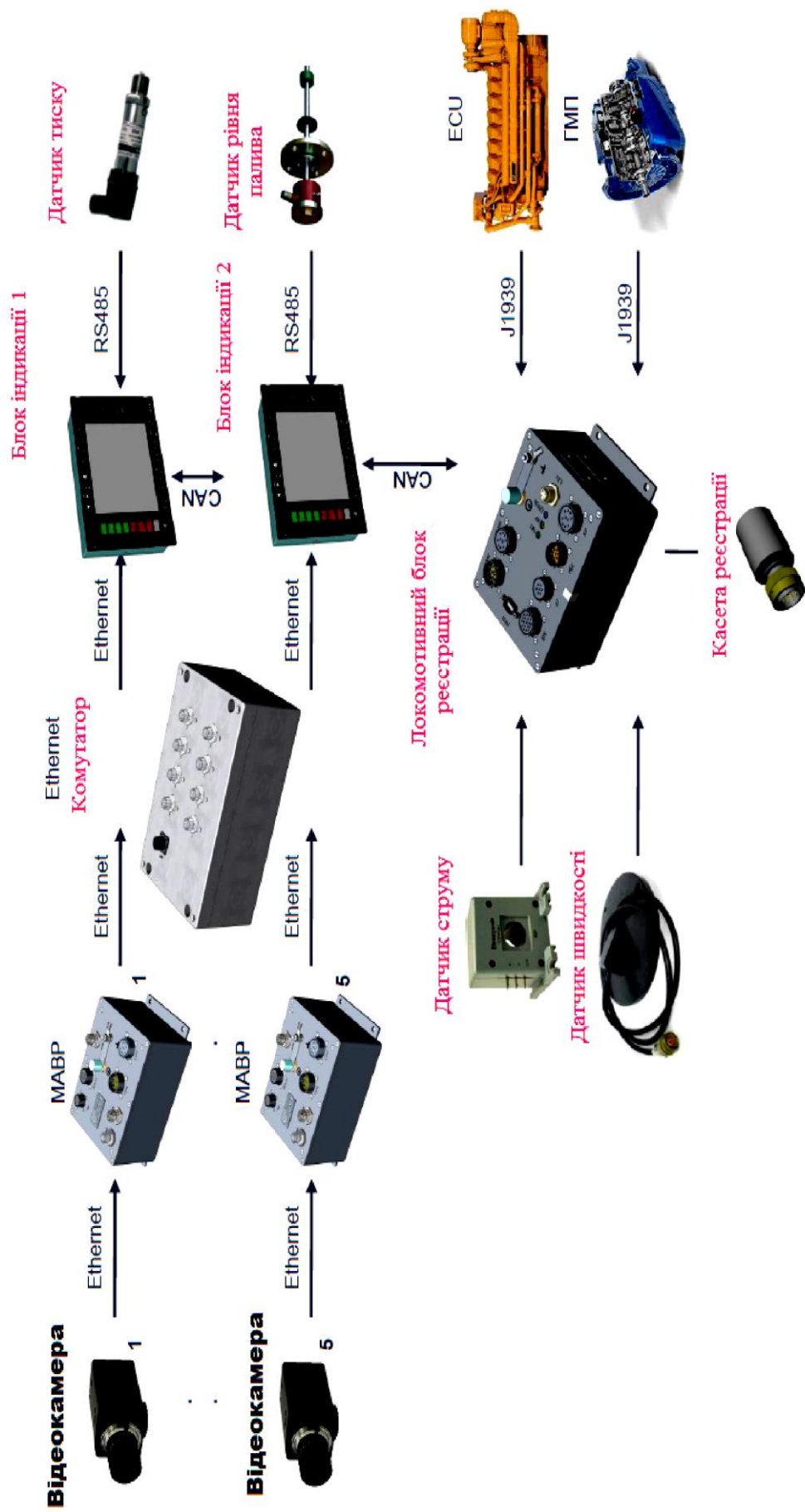


Рисунок 3.11 — Запис відеоінформації з камер спостереження

Система СКЕГРПР (рисунок 3.12) забезпечує контроль і відображення на блоці індикації таких основних параметрів:

- оберти і температуру двигуна локомотива;
- температуру і тиск мастила в двигуні локомотива;
- швидкість руху локомотива;
- тиск повітря в напірній магістралі пасажирського поїзда;
- тиск повітря в гальмовій магістралі пасажирського поїзда;
- тиск повітря в гальмових циліндрах пасажирського поїзда;
- струм заряду (розряду) акумуляторної батареї.

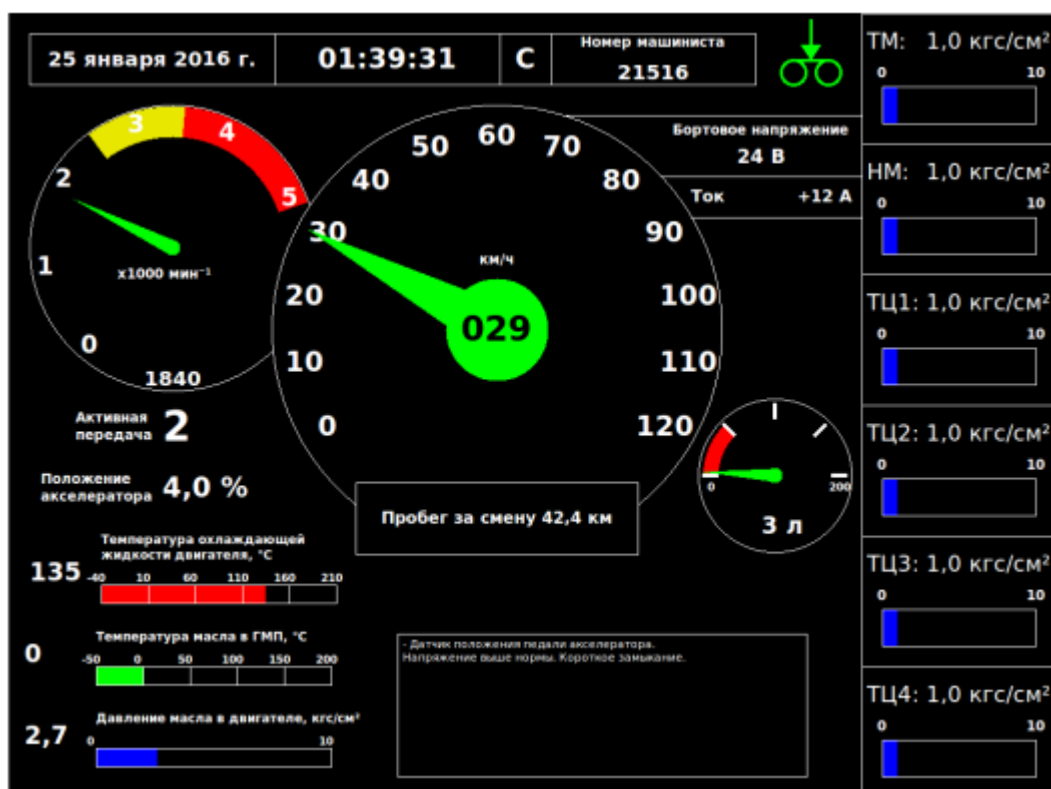


Рисунок 3.12 — Блок індикації системи СКЕГРПР

Система СКЕГРПР здійснює реєстрацію інформації відеопотоку з відеокамер системи у форматі 1024 x 768 з частотою не менш 18 кадрів за секунду протягом 24 годин (рисунок 3.13). Система СКЕГРПР забезпечує контроль роботи відеокамер почерговим відображенням відеозображення на блоці індикації з відеокамер системи залежно від режиму, встановленого на блоці індикації.

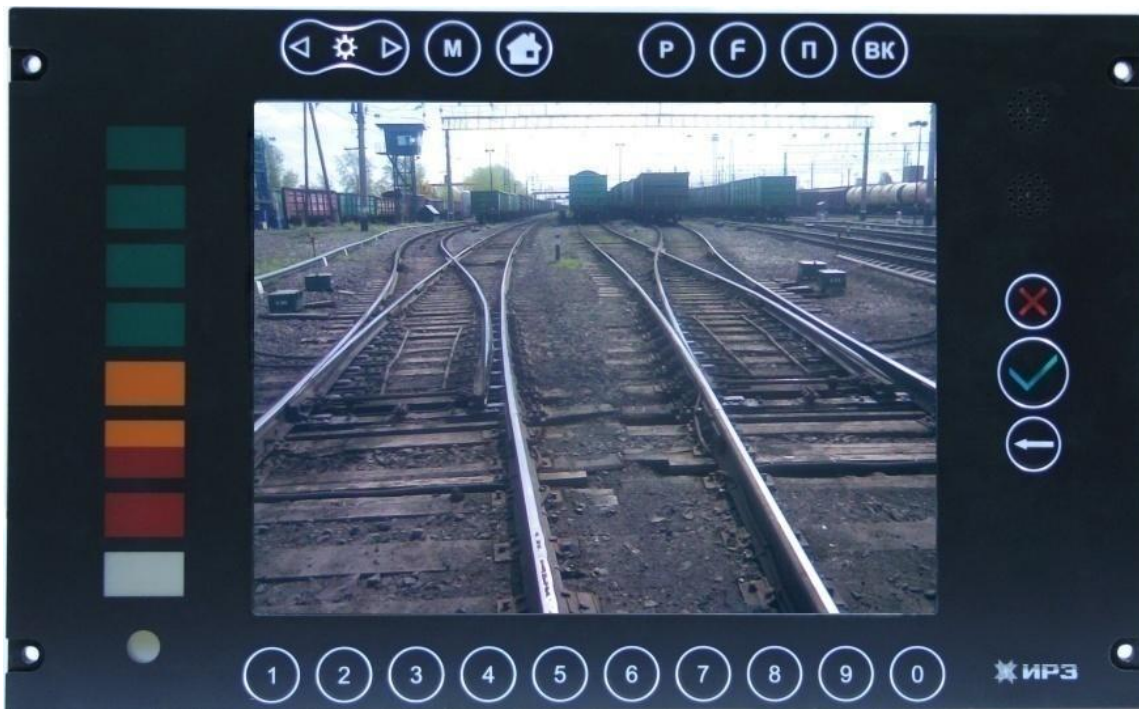


Рисунок 3.13 – Реєстрація інформації відеопотоку з відеокамер системи

Система СКЕГРПР видає дискретні сигнали на індикатори, розташовані на пульті управління локомотива та ЕОМ, що знаходиться у штабному вагоні начальника пасажирського поїзда (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 — Пульт управління локомотива системою СКЕГРПР

Для СКЕГРПР передбачено автоматизоване робоче місце (рисунок 3.15).

Програмне забезпечення АРМ відео СКЕГРПР призначено для виконання таких функцій:

- створення бази даних відеофайлів з прив'язкою до основних параметрів пасажирського рухомого складу;
- відображення відеоданих, які зчитані з відповідних модулів системи СКЕГРПР;
- завантаження основних параметрів локомотива з касети реєстрації КР-ЗК;
- відображення основних параметрів пасажирського рухомого складу.

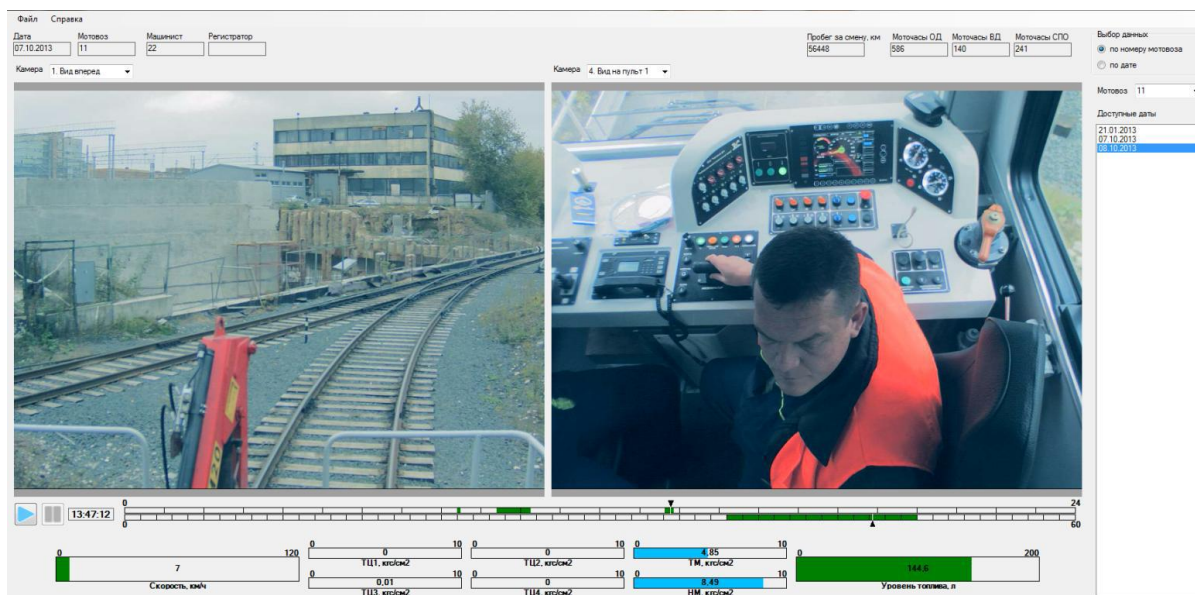


Рисунок 3.15 — Автоматизоване робоче місце системи СКЕГРПР

Програмне забезпечення АРМ СКЕГРПР (рисунок 3.16) призначено для виконання таких функцій:

- завантаження основних параметрів локомотива з касети реєстрації КР-ЗК;
- створення бази даних файлів параметрів руху пасажирського рухомого складу;
- відображення даних у графічному і табличному вигляді;
- формування звітів типового вигляду для заданого періоду часу з можливістю вибірки за датою, номером локомотива, машиніста тощо.

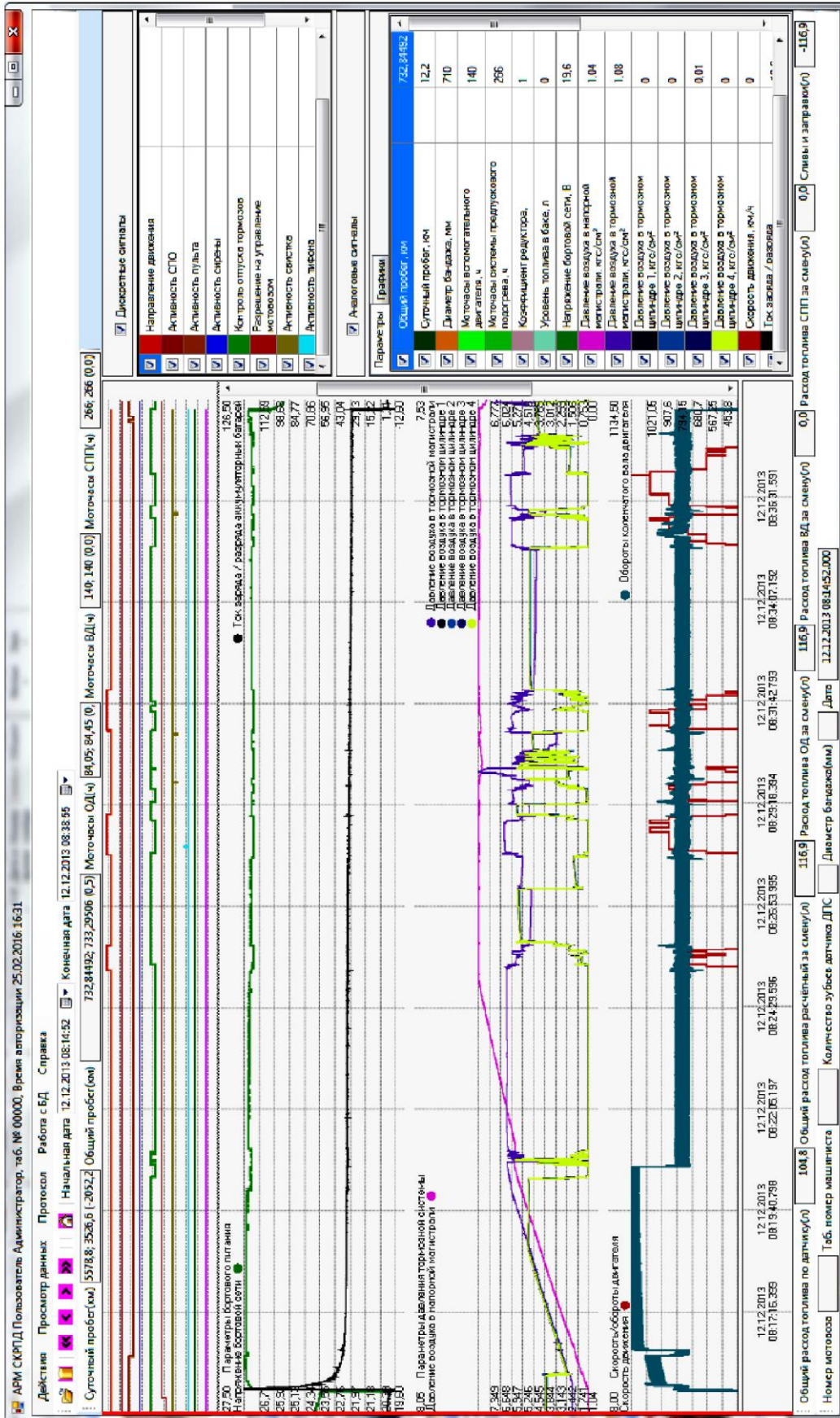


Рисунок 3.16 — Програмне забезпечення системи СКЕГРПР

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Бабаєв А. М., Дмитрієв Д. В. Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць : навч. посіб. Київ : ДЕГУТ, 2007. 176 с.

2 Бабаєв А. М., Даныш П. Д. Влияние размещения тормозных колодок на колесе грузового вагона на эффективность его торможения. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. В. Лазаряна*. Дніпропетровськ, 2008. Вип. 22 (80). С. 7–9.

3 Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ – ЦВ – ЦЛ – 0015. Затв. нак. Укрзалізниці № 264-Ц 28.10.1997. Вид. офіц. Київ, 2004. 146 с.

4 Інструкція з ремонту гальмового обладнання вагонів: ЦТ – ЦВ – 0013. Затв. нак. Укрзалізниці № 022–ЦЗ 25.01.2005. Вид. офіц. Київ, 2005. 160 с.

5 Пат. 121889 Україна: МПК В60Т 1/02 (2006.01), В61Н 15/00, В61Н 13/00. Підсилюючий пристрій до паралельного відведення колодок від коліс у гальмовій системі візків вантажних вагонів / В. Г. Равлюк, С. І. Нечволода; заявник та патентовласник Український державний університет залізничного транспорту; заявл. 24.04.17; опубл. 26.12.17. Бюл. № 24.

6 Равлюк В. Г. Спрощений кінетостатичний аналіз гальмової важільної передачі візків вантажних вагонів. *Зб. наук. праць Держ. ун-ту інфраструктури та технологій*. Серія: Транспортні системи і технології. Київ, 2018. Вип. 32 (1). С. 55-70.

7 Равлюк В. Г. Дефініція особливостей дуального зносу гальмових колодок вантажних вагонів. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізн. трансп.* Харків : УкрДУЗТ, 2019. № 183. С. 46–59. Doi: 10.18664/1994-7852.183.2019. 169643.

8 Равлюк В. Г., Дерев'янчук Я. В., Афанасенко І. М., Равлюк М. Г. Розробка електронної діагностичної системи для підвищення достовірності діагностування гальм пасажирських вагонів. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. Вып. 2/9 (80). С. 35–41.

9 Равлюк В. Г. Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмових колодок з колісними парами

у вантажних вагонах. *Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПИ». Механіко-технологічні системи та комплекси*. Харків, 2016. Вип. 49 (1221). С. 119–123.

10 Равлюк В. Г. Дослідження кінематики відведення гальмових колодок від коліс у візках вантажних вагонів. *Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. Володимира Даля: зб. наук. праць*. Сєверодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2017. Вип. 4 (234). С. 195–198.

11 Равлюк В. Г., Нечволода С. І. До вирішення проблеми зносу гальмових колодок у візках вантажних вагонів. *Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. Володимира Даля*. Сєверодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2017. Вип. 86. С. 140-143.

12 Равлюк В. Г. Дослідження особливостей дуального зносу колодок у гальмовій системі вантажних вагонів. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. В. Лазаряна*. Дніпро, 2019. Вип. 2 (80). С. 111-126. Doi: 10.15802 / stp2019 / 166114.

13 Равлюк В. Г. Вагоноремонтні машини та обладнання : консп. лекцій. Харків : УкрДАЗТ, 2014. Ч. 3. 158 с.

14 Равлюк В. Г. Модернізація елементів гальмової важільної передачі візків вантажних вагонів. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. В. Лазаряна*. Дніпро, 2019. Вип. 5 (83). С. 108-121. Doi: 10.15802 / stp2019 / 182013.

15 Равлюк В. Г., Ловська А. О. Сучасні гальмові системи вагонів : консп. лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2018. Ч. 1. 102 с.

16 Ravlyuk V., Ravliuk M., Hrebenuk V., Bondarenko V. Process features and parametric assessment of the emergence of the excessive wear for the brake pads of freight car bogies. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 708, 2019, 012025. Doi:10.1088/1757-899X/708/1/012025.

17 Vernersson T. Temperatures at railway tread braking. Part 1: Modeling, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F. Journal of Rail and Rapid Transit*. 2007. Vol. 221. Iss. 2. P. 167-182.

18 Правила ремонту та експлуатації дискових гальм вагонів побудови ВАТ «КВБЗ»: ЦЛ – 0084. Затв. нак. Укрзалізниці № 212–ЦЗ 24.12.2010. Вид. офіц. Київ, 2011. 94 с.

В. Г. Равлюк, А. О. Ловська

СУЧАСНІ ГАЛЬМОВІ СИСТЕМИ ВАГОНІВ
Конспект лекцій

Частина 3

Відповідальний за випуск Равлюк В. Г.

Редактор Третьякова К. А.

Підписано до друку 19.06.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 4,5. Тираж 10. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.