

І. Е. Мартинов

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-36, E-mail: martinov.hiit@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

А. В. Труфанова

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-35, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

В. О. Шовкун

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (067) 399 6881, E-mail: vadimshovkun62@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1826-6053>

О. М. Литовченко

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 7301035, E-mail: rokada_t@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0545-9205>

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ БУКС ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

В статті розглядаються основні конструктивні особливості буксових вузлів рухомого складу залізниць України. Запропонована класифікація буксових вузлів: за способом з'єднання букси з рамою візка та за способом передач вертикального навантаження. Визначено, що за способом з'єднання буксові вузли рухомого складу можна поділити на три групи, в основу конструкції яких покладено наступні механізми: з поступальною кінематичною парою, шарнірно-поводковий та важільний. На наочних прикладах розглянуті переваги та недоліки кожного із зазначених варіантів з'єднання колісних пар локомотивів.

Для вантажних вагонів була обрана конструкція буксового вузла з використанням поступальної пари з плоскими напрямними – так званий щелепний буксовий вузол.

Значна увага приділена питанням вибору типу підшипника для використання у буксових вузлах колісних пар як тягового, так і нетягового рухомого складу.

© *Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Шовкун В. О., Литовченко О. М., 2024*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Детально розглянуті переваги та недоліки сферичних та конічних підшипників. Обґрунтовані причини з яких, незважаючи на різноманіття типів підшипників, для масового використання були обрані циліндричні роликові підшипники.

Проаналізовано багаторічний досвід експлуатації циліндричних підшипників в буксових вузлах вантажних вагонів. Визначені основні причини їх відмов та проаналізовані напрямки досліджень щодо підвищення їх надійності. Встановлено, що однією із причин є нерівномірне розподілення навантаження між роликами у підшипниках, обумовлено особливостями передачі навантаження через жорсткі сталеві корпуси букс.

Доведено, що одним з можливих напрямків розв'язання цієї задачі може бути створення змінної жорсткості корпусів букс. Розглянуті основні результати робіт в даному напрямку. Визначено, що створення змінної жорсткості шляхом створення порожнин у корпусі букси або використання додаткових пружних матеріалів (гуми) себе не виправдало.

Для вагонів нового покоління перспективним напрямком є використання безкорпусних буксових вузлів, де замість традиційних корпусів букс застосовуються спеціальні адаптери (напівбукси). Для вантажних вагонів попередніх років побудови доцільним є використанням сталевих корпусів букс зі змінною жорсткістю у верхній частині для вирівнювання розподілення навантаження як між переднім та заднім підшипниками, так і між роликами.

Стаття призначена для фахівців вагонобудування та вагонного господарства.

Ключові слова: буксовий вузол, роликові підшипники, відмови, навантаження, корпус букси.

Вступ. Переважна частина вантажообігу в нашій країні вже багато років виконується залізничним транспортом. Теж саме можна стверджувати і про пасажирообіг. Але конкурентноздатність залізниць останніми роками стала зменшуватись. Залізничний транспорт почав втрачати свої конкурентні позиції, особливо у галузі пасажирських перевезень. Для збереження свого становища на ринку перевезень залізницям України необхідно не лише проведення організаційних реформ всієї транспортної інфраструктури, але й закупівля інноваційного рухомого складу. У вагонах та локомотивах нового покоління необхідно використовувати технічні рішення, які дозволять збільшити не лише надійність та експлуатаційну готовність рухомого складу, але й сприятимуть підвищенню ефективності процесу перевезень.

Важливою характеристикою для вагонів, що робить їх більш привабливими для споживачів, є економічна складова (експлуатаційні витрати) та довговічність конструктивних елементів. Так, однією з вимог для ходових частин нового покоління є забезпечення терміну служби візка не менше 32 років.

Оптимальне конструктивне виконання буксового вузла передбачає вирішення двох основних завдань: забезпечення міцності корпусу букси за мінімальної матеріаломісткості та забезпечення оптимальних характеристик жорсткості корпусу (або елемента, що його замінює) з метою раціонального розподілу навантажень між тілами кочення буксових підшипників.

Мета дослідження. Метою роботи є огляд та аналіз відомих технічних рішень буксових вузлів рухомого складу залізниць та обґрунтування напрямків їх розвитку для вантажних вагонів.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Матеріали та методи дослідження. Буксові вузли залізничного рухомого складу є одними із найбільш відповідальних елементів ходових частин. Вони з'єднують колісні пари з рамою візка для забезпечення вільного обертання колісної пари з мінімальним опором, забезпечують передачу всіх видів навантажень від кузова вагона на шийки осей та обмежують повздовжні та поперечні пересування колісної пари відносно візка [1]. Букси є резервуаром для мастила та місцем розміщення підшипників.

Букси сприймають та передають колісним парам сили тяжіння кузова, динамічні навантаження, що виникають при русі рухомого складу по кривих ділянках колії, нерівностях колії та стиках рейок, при тязі та гальмуванні, за наявності нерівномірного прокату та повзуна на поверхні катання коліс та ін. [2]. Існують ще додаткові вимоги: розподіл мас колісної пари та візка у вертикальному та осьовому напрямках за допомогою пружних зв'язків, підбір характеристик пружних та дисипативних з'єднань для забезпечення необхідної плавності ходу та умови впливу екіпажу на колію.

Буксові вузли локомотивів та вагонів значно відрізняються за конструктивним виконанням, але є і загальні риси. За способом з'єднання із рамою візка букси можна поділити на три групи, в основу конструкції яких покладено наступні механізми: з поступальною кінематичною парою, шарнірно-поводковий та важільний (рис. 1).

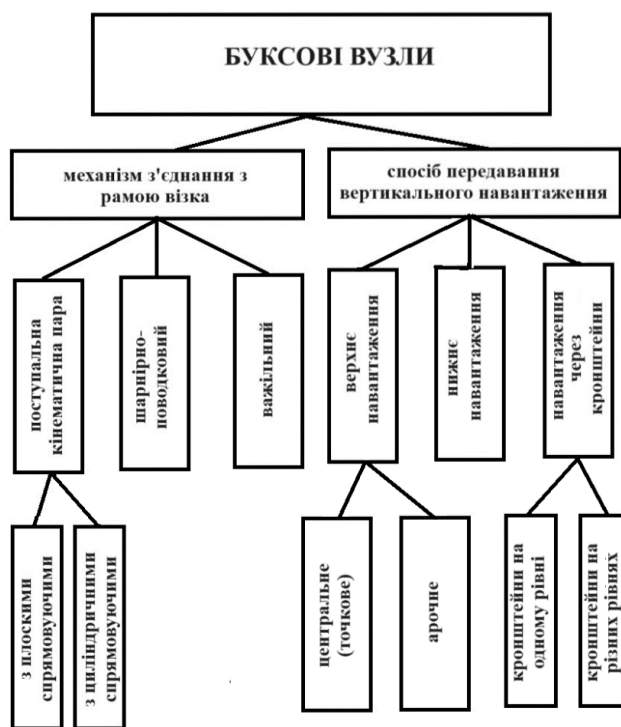


Рис. 1. Схема класифікації буксових вузлів рухомого складу

Також буксові вузли як локомотивів, так і вагонів можна розрізнити за способом передачі вертикального навантаження:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- через верхню частину корпусу букси – "верхнє навантаження";
- через кронштейни, жорстко з'єднані з центральною частиною букси і розташовані на одному рівні в горизонтальній площині – "кронштейни на одному рівні";
- через кронштейни, що розташовані на різному рівні.

Як зразок буксового вузла з поступальним рухом вузла щодо плоских напрямних можна навести щелепний вузол візків тепловоза ТЕЗ (рис. 2).

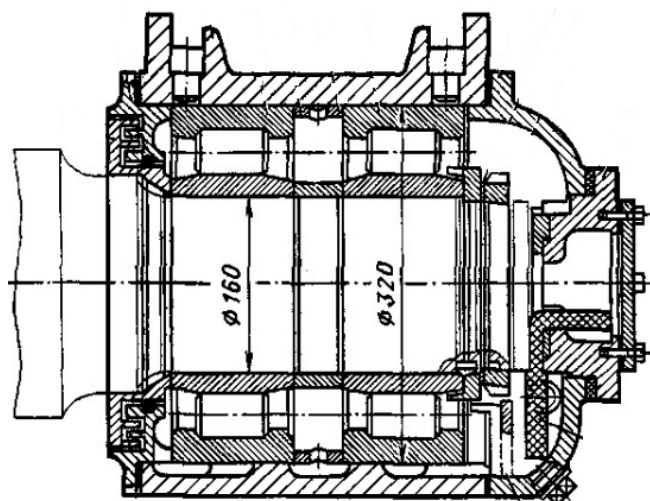


Рис. 2. Букса колісної пари візка тепловоза ТЕЗ

Букса складається з литого корпусу, в циліндричній частині якого розташовані два циліндричні підшипники, між якими встановлені дистанційні кільця. Підшипники закріплюються гайкою, що накручується по різьбленні на кінцевій частині осі та стопоряться шайбою. Корпус букси з боку колеса захищений лабіринтним ущільненням в задній кришці, а з зовнішнього боку закритий кришкою.

Він широко застосовується у локомотивобудуванні через свою простоту. Так, подібну конструкцію мають букси локомотива ВЛ8. Але там вертикальне навантаження передається через циліндричні пружини на спеціальну опору і вже потім на верхню частину корпусу букси.

Букси з плоскими напрямними застосовуються також на магістральних тепловозах – ТЕ7, ТЕ10, ТГ102, ТГ16; маневрових та промислових тепловозах – ТЕМ1, ТГМ4, ТГМ6; електровозах – ВЛ19, ВЛ22; дизель поїздах Д1.

Буксові вузли з циліндричними напрямними використовують на електровозах ЧС1, ЧС2, ЧС3, ЧС6, ЧС7, ЧС8, ЧС200.

У буксовому вузлі електровоза ЧС2 (рис. 3) вертикальне навантаження на буксу передається від листової ресори буксового підвішування через валик на вуха, виконані в нижній частині корпусу. Шпинтони запресовані в циліндричні посадкові місця литої основи і кріпляться гайками.

Робоча циліндрична поверхня шпинтону вільно з невеликим зазором входить в бронзовий стакан, що є одночасно ковзною втулкою і резервуаром рідкого мастила

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

для пари, що труться. Стакан пов'язаний з припливом букси за допомогою циліндричного гумометалевого блоку. У корпусі букси встановлений один дворядний сферичний підшипник із зовнішнім діаметром 400 мм.

На електровозі ЧС7 також застосовано буксовий вузол з неспіввісними циліндричними напрямними (рис. 4). У цьому вузлі крила букси служать не тільки для установки гумометалевих втулок передачі горизонтальних сил, але і для спірання пружин буксового підвішування.

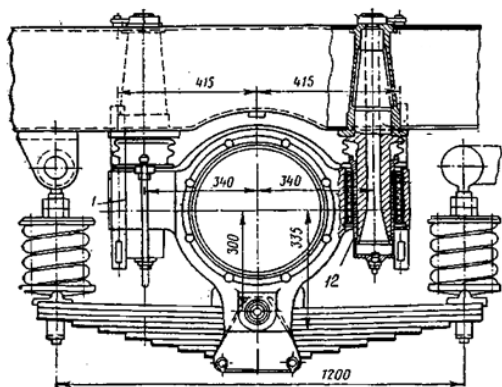


Рис. 3. Букса колісної пари електровоза ЧС2

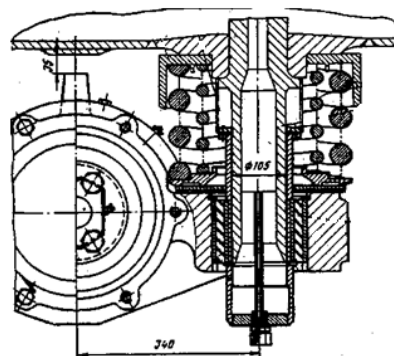


Рис. 4. Букса колісної пари електровоза ЧС7

Недоліки класичної конструкції усунені у буксовому вузлі з циліндричними напрямними, в якому переміщення букси вздовж напрямних здійснюється за рахунок деформацій зсуву багат шарового циліндричного гумометалевого блоку (рис. 5).

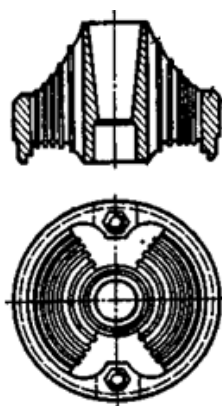


Рис. 5. Гумометалевий блок букси електропоїзда TGV

Такі буксові вузли застосовані на візках Y-230, Y-231 швидкісного французького електропоїзда TGV. Основна частина вертикального навантаження (70%) сприймається пружиною і передається на верхню частину корпусу букси і по 15 %

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

через гумометалеві блоки передається на два кронштейни у вигляді тонкостінних припливів на одному рівні в горизонтальній площині.

Буксові вузли з шарнірно-поводковими механізмами, так звані повідкові букси, є більш прогресивною конструкцією, що дозволила позбавитися поверхневого тертя і пов'язаних з ним зносів. Масове застосування повідкових букс розпочалося після створення гумометалевих шарнірів (сайлент-блоків). Найбільшого поширення набув буксовий вузол, застосований вперше фірмою Alstom з повідками, розташованими на різних рівнях і встановленими за схемою антипаралелограма. Механізм забезпечує практично прямолінійний поступальний рух корпусу букси. Повідці, що з'єднують буксу з рамою візка, мають по два гумометалеві шарніри, в які входять циліндричні сайлент-блоки, що передають поздовжні сили, і торцеві гумометалеві амортизатори, що сприймають поперечні зусилля.

До недоліків вузла треба віднести значну наведену вертикальну жорсткість зв'язку, обумовлену скручуванням сайлент-блоків, що особливо небажано на рухомому мотор-вагонному складі. Асиметричне розташування повідців при дії поперечних сил створює передумови для перекосу букси та нерівномірного навантаження підшипників. Тому потрібно застосовувати підшипники з роликками спеціальної форми, що мають підвищену працездатність за умов перекосу.

При збалансованому підвішуванні навантаження на корпус букси передається від ресори або нижнього балансира через провущину, розташовану під верхньою частиною корпусу на вертикальній осі симетрії корпусу: електровози - ВЛ10, ВЛ60 (рис. 6), ВЛ80; тепловози – 2ТЕ121, ТЕП60.

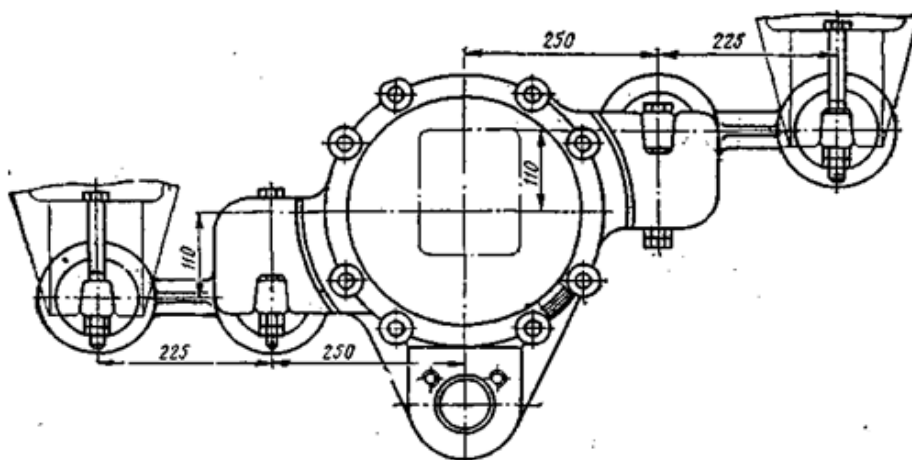


Рис. 6. Букса колісної пари електровоза ВЛ60

Завдяки такій схемі, згинальні моменти, що діють на корпуси букс, виявляються незначними, чим і досягається сприятливий розподіл напружень по елементах корпусу, внаслідок чого його несуча здатність дуже висока.

Стосовно вагонного парку у монографії [3] пропонується така класифікація:

- за типом вагона – букси пасажирських та вантажних вагонів;
- за типом підшипника – з використанням підшипників ковзання або кочення;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- за способом посадки внутрішнього кільця підшипника на шийку осі – з тепловою (так званою "гарячою"), втулковою та пресовими посадками;
- за типом торцевого кріплення підшипника (підшипників) на шийці осі – гайкою М 110×4 або тарільчатою шайбою з кріплення чотирма болтами М 20;
- за наявністю корпусу букси – корпусні та безкорпусні;
- за кількістю підшипників – з одним або двома роликовими підшипниками, з додатковим упорним шариковим підшипником.

Переобладнання вагонного парку на роликові підшипники на вітчизняних залізницях розпочалося 70 років тому. Незначний досвід роботи роликових підшипників у буксах магістральних пасажирських вагонів, буксах приміських вагонів електросекцій і вагонів метрополітену однозначно свідчив про їх переваги перед підшипниками ковзання. Але при вирішенні питання про вибір типу роликового підшипника для магістральних вагонів (циліндричний, сферичний, конічний) та його габаритних розмірів перед фахівцями та науковцями постала низка завдань.

Для вантажних вагонів була обрана конструкція буксового вузла з використанням поступальної пари з плоскими напрямними – так званий щелепний буксовий вузол, в якому роль направляючих виконують "щелепи" рами візка, а роль повзуна – корпус букси; і так званий буксовий вузол з циліндричними напрямними.

За результатами експлуатаційних випробувань буксових вузлів було визначено, конічні підшипники не придатні для експлуатації на залізницях колії 1520 мм: вони потребували ретельного регулювання зазорів [4].

Тому вагони обладнали буксовими вузлами (далі – БВ) двох варіантів. У першому варіанті в буксу встановлювалися два сферичні підшипники (рис. 7, верхня частина), в другому – один сферичний (задній) і один циліндричний (передній) (рис. 7, нижня частина).

Торцеве кріплення підшипників на шийці осі здійснювалось корончатою гайкою, стопорною планкою і двома болтами. Діаметр шийки осі складав 135 мм; зовнішній діаметр підшипників 300 мм.

У партії вантажних вагонів навантаження на буксу передавалось через сферичний вкладиш (рис. 8). Ця опора забезпечувала можливість повороту букси відносно візка збільшенням зазорів між напрямними щелепами уздовж візка від 7 до 14 мм і уперек від 10 до 16 мм.

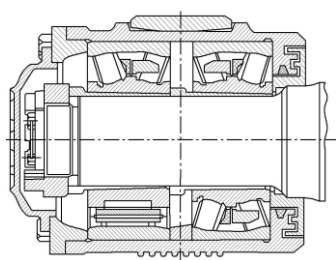


Рис. 7. Букса зі сферичними і циліндричними підшипниками

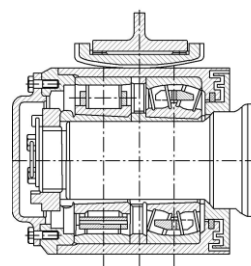


Рис. 8. Букса зі сферичним вкладишем

Вважалося, що опорна поверхня у вигляді сфери певного радіусу дозволить вирівняти нерівномірність передачі навантажень, викликану маятниковими коливаннями бокових рам візка та можливими непаралельностями опорних поверхонь кор-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

пусу букси та бокової рами. Фахівці сподівалися, що наявність вкладиша дозволить збільшити ресурс буксових підшипників.

Але конструкція виявилась непрацездатною: вже після пробігу 60 тис. км було виявлено значні зноси у вкладиша, бокових рам та балок у місцях контакту. Встановлено, що при опорі вкладиша на верхню частину корпусу букси навантаження сприймалося лише трьома роликами, що досить швидко приводило до їх руйнування. Вкладиші вилучили, у подальшому обпирання бокових рам візків здійснювалося безпосередньо на кільцевий приплив верхньої частини корпусу букси.

У 1954-1955 рр. промисловістю для експлуатаційних випробувань була створена нова дослідна партія вагонів на підшипниках кочення з габаритними розмірами 135×280×93 мм.

Для проведення порівняльних випробувань були організовані замкнуті маршрути вантажних вагонів, що працювали в різних кліматичних умовах.

Буксові вузли вагонів цих маршрутів були обладнані:

- двома сферичними підшипниками на втулковій посадці розміром 145×300×102 мм;
- двома циліндричними підшипниками на гарячій посадці з розмірами підшипників 135×280×93 мм;
- одним сферичним підшипником на втулковій посадці розміром 135×320×128 мм (рис. 9);
- двома сферичними підшипниками на втулковій посадці діаметром 135×280×93 мм.

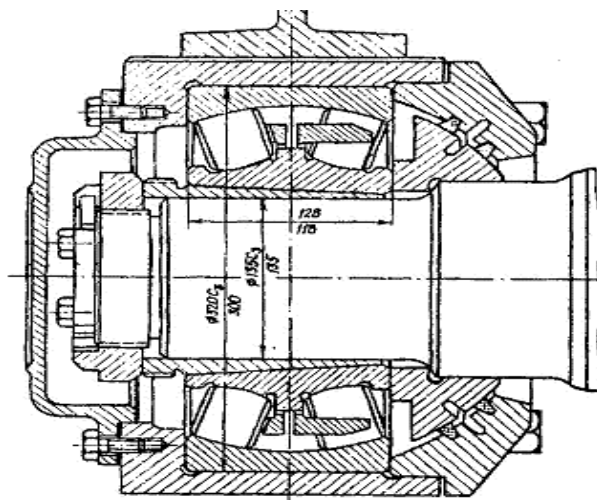


Рис. 9. Буксовий вузол з одним сферичним підшипником

У БВ пасажирських вагонів, окрім вказаних вище варіантів, випробовувалися БВ з установленням підшипників на ступінчасту шийку осі, де циліндричний підшипник на гарячій посадці розташовувався біля галтелі шийки осі, а сферичний на втулковій посадці – біля торця шийки осі.

Як показали випробування, буксовий вузол вантажного вагона з одним сферичним підшипником не може бути використаний у візках ЦНП-ХЗ (які не мають між

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

бічними рамами поперечного зв'язку) для швидкостей руху більше 75 км/год через підвищене виляння вагона, що викликає небезпеку сходу.

Для безщелепних візків пасажирських вагонів ця конструкція виявилася також неперспективною. Причиною були часті відмови зовнішніх кілець підшипників та ненадійна робота сепараторів.

Експлуатаційні випробування дозволили виявити переваги і недоліки сферичних роликових підшипників [6]. Головною перевагою останніх є здатність сприймати в режимі тертя кочення як осьові, так і радіальні сили. Крім того, втулкова посадка дозволяє вмонтовувати БВ практично без підбору підшипників до шийки осі, а також розвантажує торцеве кріплення внаслідок передачі осьових сил безпосередньо на посадочну поверхню шийки.

Недоліком є підвищена трудомісткість монтажно-демонтажних робіт, наявність додаткової деталі (кріпильної втулки). Але основним недоліком є відносно низька довговічність сферичних підшипників у порівнянні з циліндричними підшипниками тих же габаритних розмірів.

Крім того, перехід до роликових підшипників діаметром 280 мм від підшипників ковзання у вантажних вагонах супроводжувався різким збільшенням маси буксових вузлів (145 кг замість 102 кг).

В той же час досвід експлуатації показував, що циліндричні роликові підшипники є вельми стійкими до пошкоджень втомного характеру на відміну від сферичних роликових підшипників, для яких характерні були саме пошкодження від втоми. Тому було прийнято рішення про серійне використання буксового вузла з двома підшипниками з циліндричними роликами (рис. 10) [7].

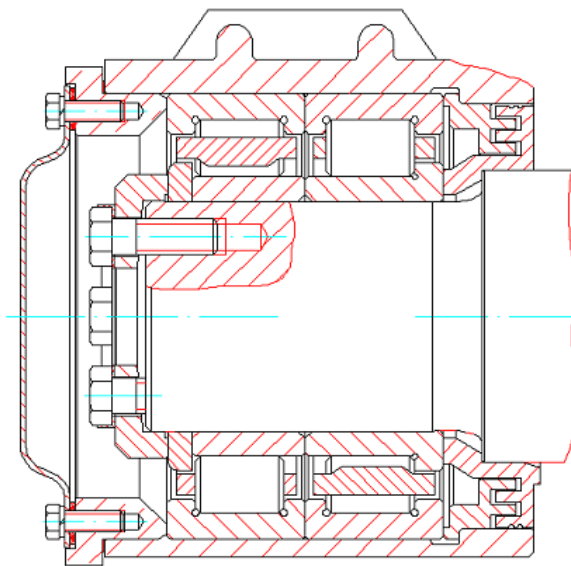


Рис. 10. Буксовий вузол вантажного вагона

Всі подальші дослідження у напрямку підвищення надійності буксових вузлів можна умовно розділити на чотири групи [8]:

- удосконалення безпосередньо внутрішньої геометрії підшипників;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- удосконалення конструкції торцевого кріплення;
 - підвищення якостей мастила;
 - удосконалення конструкції корпусів букс (або пристроїв, що їх замінюють).
- У подальшому ми розглянемо саме останній напрямок.

Намагання впровадити більш прогресивні матеріали для виробництва вагонних конструкцій привернуло увагу виробників вагонів до використання алюмінієвих сплавів. Використання алюмінію дозволяло зменшити масу тари вагону до 3 тон. Крім того алюмінієвий сплав має модуль пружності втричі менший, ніж у сталі, що забезпечує хороші властивості до амортизації та гасіння високочастотних динамічних впливів. Були виготовлені дослідні зразки як критих універсальних вагонів, так і напіввагонів. Не обминула ця тенденція і виробників букс. Корпус букси з алюмінієвого сплаву був майже втричі легше за сталевий. Це дозволяло знизити масу необресорених елементів, зменшити зусилля динамічної взаємодії колії та вагона, створити більш сприятливі умови для рівномірного розподілення навантаження між роликками у підшипниках. Але дослідна експлуатація показала, що верхня частина корпусу букси з алюмінієвих сплавів інтенсивно зношується в місці обпирання бокової рами візка [9, 10]. Тому від ідеї використання алюмінієвих корпусів довелося відмовитись. Не останню роль в цьому рішенні мала висока вартість алюмінієвих сплавів та трудомісткість їх обробки.

Але ідея створення корпусу букси зі змінною пружністю у верхньому зводі була дуже перспективною. Вона була реалізована у буксовому вузлі з двома повздовжніми прорізами у верхньому зводі корпусу букси (рис. 11) [11]. Додаткові прорізи повинні були забезпечувати більш сприятливе навантаження роликків.

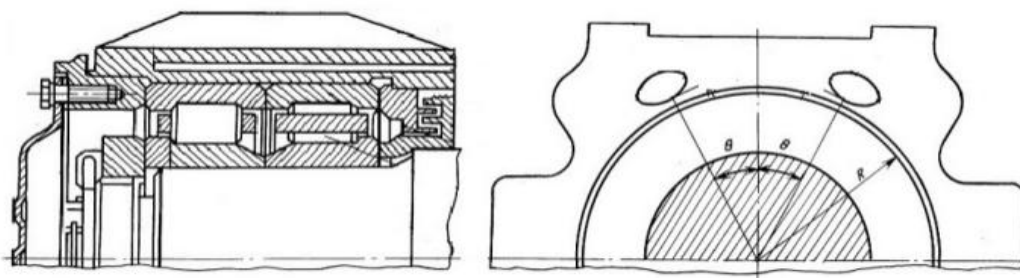


Рис. 11. Буксовий вузол з прорізами у верхньому зводі корпусу

Іншим рішенням була конструкція корпусу букси з арокним сприйманням вертикального навантаження. Її особливістю була наявність ділянки у вигляді отвору в зоні навантаження підшипників [12]. Арка у цій буксі виконує роль адаптера, сприймає статичні та динамічні навантаження та передає їх на бокові стінки букси (рис. 12).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

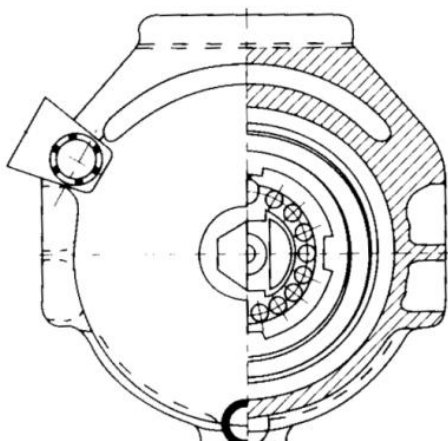


Рис. 12. Буксовий вузол з вільною ділянкою у верхньому зводі корпусу

Звід корпусу охоплює зовнішні кільця, за рахунок чого у роботі задіяно більша кількість роликів. При таких умовах відбувається плавний вхід роликів у зону навантаження, яке рівномірно розподіляється між роликами. Зовнішнє навантаження не передається безпосередньо на звід корпусу, що виключає крайове навантаження роликів при маятниковому коченні бокових рам візків.

Але всі зазначені конструкції так і залишилась на стадії дослідних зразків. Причинами були побоювання, що проточки можуть стати джерелом концентрації напружень та збільшення трудомісткості виготовлення.

Але ідея зробити перемінну пружність верхнього зводу букси не була відхилена повністю. Був запропонований ряд технічних рішень з використанням пружних елементів в корпусах букс. Передбачалось, що вони забезпечать не лише більш рівномірне розподілення навантаження у всіх напрямках, так і компенсацію відхилень геометрії опорних поверхонь буксового вузла.

Так, у наведеному на рис. 13 буксовому вузлу пружний елемент виготовлявся з гумових та металевих пластин, що чергуються між собою, і встановлювався у отворі на верхній частині корпусу букси [13].

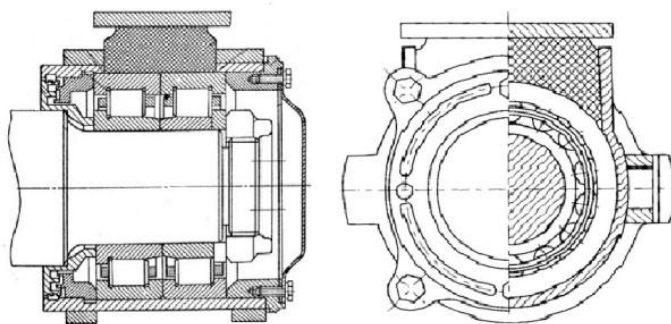


Рис. 13. Букса вантажного вагону із гумовим елементом у верхній частині

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Ще одним перспективним напрямком свого часу вважалося відмова від традиційного корпусу букси, замість якого використовувався спеціальний адаптер (напівбукса) (рис. 14) [14, 15].

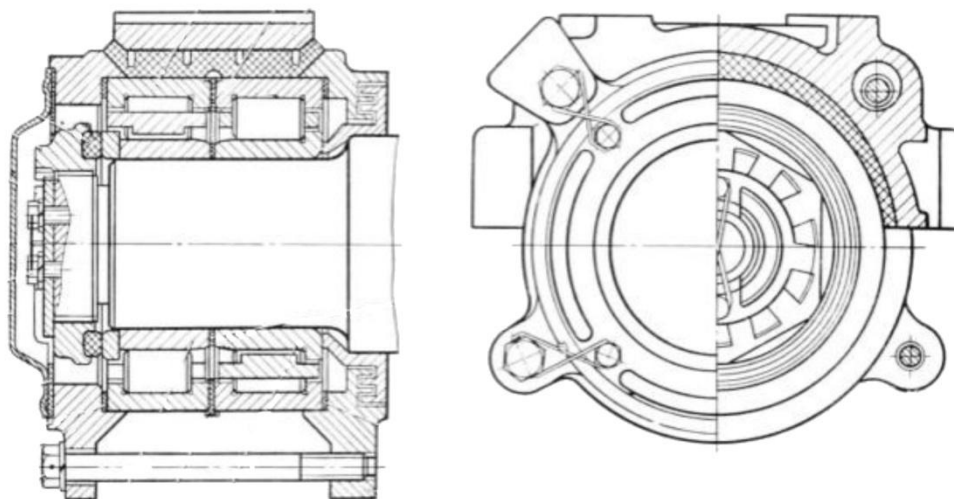


Рис. 14. Безкорпусний буксовий вузол вантажного вагона із гумовим елементом

Але всі запропоновані технічні рішення виявились непрацездатними. Досить швидко з'ясувалось, що гума мала недостатню міцність та виходила з ладу під час експлуатації в умовах низьких температур. Відповідно їй необхідно було замінювати, а це, в свою чергу, вимагало від вагонників проведення позапланових повних ревізій букс. Також подібні буксові вузли мали температурний режим, який різко відрізнявся від теплового режиму типових буксових вузлів. Це створювало значні труднощі для систем дистанційного контролю при виявленні відмов та пошкоджень. Неможливість забезпечити на той час захист типових циліндричних підшипників від попадання вологи і бруду унеможливила використання безкорпусного варіанта.

Але безкорпусний варіант буксового вузла досить несподіванно отримав свій подальший розвиток у XXI столітті, коли провідним виробниками підшипників (SKF, Timken, Brenco та ін.) вдалося розробити підшипники касетного типу з надійною герметизацією та подовженим терміном експлуатації мастила (рис. 15) [16]. Для передачі всіх видів навантаження використовується адаптери (напівбукси). Адаптер сприймає всі навантаження від бокової рами візка та передає її на підшипник, має ливарні припливи, що обмежує колісній парі поздовжні, поперечні та кутові зсуви щодо рами візка (рис. 16). Крім того, адаптер дає можливість зменшити масу тари вагона.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 15. Дворядний конічний підшипник касетного типу виробництва SKF



Рис. 16. Буксовий вузол з касетним підшипником у візку з адаптером

Досить часто адаптери використовують разом з пружними прокладками. Він складається з двох деталей: металевий адаптер підшипника і полімерна прокладка. Такий адаптер застосовується у вітчизняних візках моделі 18-7033 (рис. 17).

У вантажних візках моделі 18-4129 адаптери сумісно з гумометалевими пружинами шевронного типу забезпечують роботу первинного підвішування візків (рис. 18).

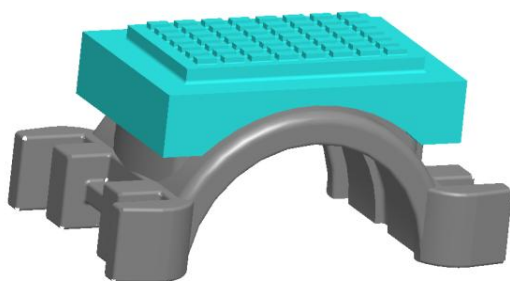


Рис. 17. Адаптер буксового вузла вантажного вагона з полімерною прокладкою

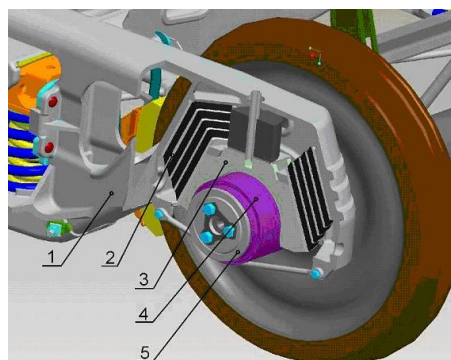


Рис. 18. Буксовий вузол з гумометалевими пружинами шевронного типу

Буксові прорізи бокових рам 1 спираються на гумометалеві пружні елементи 2, передають навантаження від рами через адаптер 3 на підшипник 4 колісної пари 5.

Висновки

На підставі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

1 Одним з можливих шляхів підвищення довговічності вагонних буксових підшипників є забезпечення оптимального розподілення навантаження між тілами кочення шляхом зміни конструкції елементів, що передають на них навантаження.

2 Використання алюмінієвих сплавів для виготовлення корпусів букс є недоцільним через їх високу вартість та підвищений знос опорних поверхонь.

3 Виготовлення корпусів букс з порожнинами або виточками різної конфігурації представляється технологічно складним та небезпечним з точки зору забезпечення необхідної міцності.

4 Використання адаптерів (напівбукс) можливе лише за умови забезпечення надійної герметизації самих підшипників.

5 Перспективним напрямком є створення конструкції корпусу букси зі змінною жорсткістю, в тому числі з використання гумометалевих елементів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Эггольм К. Ф., Девятков В. Ф. Вагонные буксы с роликовыми подшипниками М.: Трансжелдориздат, 1953. 239 с.
2. Механическая часть тягового подвижного состава. Под ред. И. В. Бирюкова М.: Транспорт, 1992. 437 с.
3. Роликові підшипники букс вагонів: розрахунки на міцність та надійність: монографія. Панченко С. В., Мартинов І. Е., Гайдамака А. В. та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 245 с.
4. Чебаненко В. М. К вопросу выбора рациональной конструкции вагонной роликовой буксы Техника железнодорожных дорог. 1952. № 7. С. 11-16.
5. Петров В. А., Амелина А. А. Анализ выбора и пути развития конструкций буксового узла для оборудования вагонов магистральных железных дорог СССР. Труды ВЗИИТа. 1984. Вып. 122. С. 4-25.
6. Гайдамака А. В. Надійність циліндричних роликотілопідшипників букс вагонів і локомотивів Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2013. Вип. 139. С. 103-111.
7. Амелина А. А. Устройство и ремонт вагонных букс с роликовыми М.: Транспорт, 1975. 286 с.
8. Axle box roller bearings for railway vehicles: design and calculations: monograph. Martynov I. E., Trufanova A. V., Safronov O. M. Kremenchug, 2022. 147 p.
9. Корпус буксы из алюминиевого сплава Н. А. Бушета ін. Ж.-д. трансп. 1981. № 10. С. 53-55.
10. Опыт эксплуатации роликовых буксовых узлов с корпусами из алюминиевого сплава В. В. Копытко та ін. Вестник ВНИИЖТа. 1992. № 5. С. 45-47.
11. Патент СССР № 1444206, МПК3 В 61 F 15/12 Роликовая букса железнодорожного транспортного / О. М. Савчук, Н. А. Пастернак, В. В. Соборницкая; заявитель и патентообладатель Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта. № 4133118/27 11; заявл. 09.10.86; опубл. 15.12.88, Бюл. № 46. 3 с.
12. Морчиладзе И. Г., Соколов А. М. Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов. Железные дороги мира. 2006. № 10. С. 59-64.
13. Буксовый узел: пат. СССР № 685537, МПК2 В 61 F 15/12 № 2583934/27/11; заявл. 23.02.78; опубл. 15.09.79, Бюл. № 34. 3 с.
14. Буксовый узел железнодорожного вагона: пат. СССР № 547372, МПК2 В 61 F 15/12 № 1464795/11; заявл. 03.08.70; опубл. 29.07.77, Бюл. № 7. 4 с.
15. Буксовый узел для железнодорожных вагонов: пат. СССР № 241496, МПК2 В 61 F 15/12 № 820131/27/11; заявл. 12.11.63; опубл. 21.09.72, Бюл. № 28. 3 с.
16. Kuře G., Charrier F., Gouel X. New axle box concept for heavy loads. SKF Evolution magazine. 2005. № 4. P. 24-27.

I. E. Martynov

Ukrainian State University of Railway Transport

Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine

tel:+38 (057) 730-10-36, E-mail: martinov.hiit@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

A. V. Trufanova

Ukrainian State University of Railway Transport
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +38 (057) 730-10-35, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

V. O. Shovkun

Ukrainian State University of Railway Transport
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +38 (067) 399 6881, E-mail: vadimshovkun62@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1826-6053>

O. M. Lytovchenko

Ukrainian State University of Railway Transport
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +38 (057) 730-10-36, E-mail: rokada_t@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0545-9205>

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF AXLE BOXES STRUCTURES FOR RAILWAY ROLLING STOCK

The article discusses the main design features of axle boxes of the rolling stock of Ukrainian railways. A classification of axle box assemblies is proposed according to the method of connecting the axle box to the bogie frame and the method of transmitting vertical load. It has been determined that, according to the method of connection, axle box units of rolling stock can be divided into three groups: with a translational kinematic pair, articulated-drive and lever. The advantages and disadvantages of each of the indicated connection options in locomotive axle boxes are discussed using illustrative examples.

For freight cars, the design of the axle box unit was chosen using a translational pair with flat guides - the so-called jaw axle box unit. Considerable attention is paid to justifying the choice of bearing type for use in axle box assemblies of wheel pairs. The advantages and disadvantages of spherical and tapered bearings are discussed in detail. The reasons for choosing cylindrical roller bearings for mass use are substantiated.

The long-term experience of using cylindrical roller bearings in axle boxes of freight cars is analyzed. The main reasons for their failures are determined, and directions for research to increase their reliability are analyzed. It has been established that one of the reasons is the uneven distribution of load between the rollers in the bearings, due to the peculiarities of load transmission through rigid steel axle box housings.

It has been proven that one possible solution to this problem could be the creation of variable stiffness of the axle box housings. The main results of work in this direction are considered. It was determined that creating variable stiffness by creating cavities in the axle box body or using additional elastic materials (rubber) did not justify itself.

For next-generation cars, a prospective direction is the use of non-body axle box units, where special adapters (half-axelboxes) are used instead of traditional axle box housings. For freight cars of previous years of construction, it is advisable to use steel axle box housings with variable stiffness in the upper part to equalize the load distribution both between the front and rear bearings and between the rollers.

The article is intended for specialists in car building and car facilities.

Key words: axle assembly, roller bearings, failures, loads, axle housing.

REFERENCES

1. Ekholm, K. F., Devyatkov, V. F. (1953). Vagonnyye buksy s rolikovymi podshipnikami [Axle boxes of cars with roller bearings]. Moskva: Transzheldorizdat. 239 p. [in Russian].
2. Biryukov, I. V. (1992). Mekhanicheskaya chast' tyagovogo podvizhnogo sostava [Mechanical part of traction rolling stock]. Moskva: Transport. 437 p. [in Russian].
3. Panchenko, S. V., Martynov, I. E., Trufanova, A. V. (2019). Rolykovipidshypnyky buks vahoniv: rozrakhunky namitsnist' ta nadiynist': monohrafiya [Roller bearings of box cars: strength and reliability calculations: monograph]. Kharkiv: UkrDUZT. 245 p. [in Ukrainian].
4. Chebanenko, V. M. (1952). K voprosu vybora ratsional'noy konstruksii vagonnoy buksy [To the question of the choice of a rational construction of a wagon roller box]. Tekhnika zheleznykh dorog – Technics of Railway Roads, 7, 11-16. [in Russian].
5. Petrov, V. A., Amelina, A. A. (1984). Analiz vybora i puti razvitiya konstruksiy buksovogo uzla dlya oborudovaniya vagonov magistral'nykh zheleznykh dorog SSSR [Analysis of the choice and development of axle box structures for the equipment of cars of the main railways of the USSR]. Zbornik trudov VZIITa – Collection of Papers of VZIIT, 122, 4-25. [in Russian].
6. Haydamaka, A. V. (2013). Nadiynist' tsylindrychnykh rolykopidshypnykiv buks vahoniv i lokomotyviv [Reliability of cylindrical roller bearings of box cars and locomotives]. Zbornik trudov UkrDAZT – Collection of Papers of UkrDAZT, 139, 103-111. [in Ukrainian].
7. Амелина, А. А. (1975). Устройство и ремонт вагонных букс с роликовыми подшипниками [Ustroystvo i remont vagonnykh buks s rolikovymi podshipnikami]. Moskva: Transport. 286 c. [in Russian].
8. Martynov, I. E. (2022). Axle box roller bearings for railway vehicles: design and calculations: monograph. Kremenchug: 147 p.
9. Bushe, N. A., Savchuk, O. M., Novikov, V. V., Chursin, V. G., Frenkel', V. Ya. (1981). Korpus buksy iz alyuminiyevo go splava [Axle box body made of aluminum alloy]. Zheleznodorozhnyy transport – Railway Transport, 10, 53-55. [in Russian].
10. Kopytko, V. V., Ivanov, S. G., Savchuk, O. M., Pasternak, N. A., Zhakovsky, A. D. (1992). Opyt ekspluatatsii rolikovykh buksovykh uzlov s korpusami iz alyuminiyevo go splava [Experience in operating roller axle boxes with aluminum box bodies]. Vestnik VNIIZHT – Bulletin of VNIIZHT, 5, 45-47. [in Russian].
11. Savchuk, O. M., Pasternak, N. A., Sobornitskaya, V. V. (1988). Rolikovaya buksa zheleznodorozhnogo transporta [Roller axle box for railway transport]. Patent SSSR – Patent of the USSR № 1444206, MPK3 B 61 F 15/12. Applicant and patent holder: DREI. № 4133118/27-11; dec. 09.10.86; publ. 15.12.88, Bul. 46. [in Russian].
12. Morchiladze, I. G., Sokolov, A. M. (2006). Sovershenstvovaniye i modernizatsiya buksovykh uzlov gruzovykh vagonov [Improvement and modernization of axle boxes of freight cars]. Zheleznye dorogi mira – Railways of the World, 10, 59-64. [in Russian].
13. Golovaty, A. T., Akbashev, B. Z., Ershov, N. D. (1979). Buksovy uzel [Axle box]. Patent of the USSR № 685537, MPK2 B 61 F 15/12. Applicant and patent holder: Design Bureau of the Carriage Department of the Railways Ministry and VNIIV. № 2583934/27-11; dec. 23.02.78; publ. 15.09.79, Bul. № 34. [in Russian].
14. Abashkin, V. V., Popov, G. G. (1977). Buksovy uzel zheleznodorozhnogo vagona [Railway car axle box]. Patent of the USSR № 547372, MPK2 B 61 F 15/12. Applicant and patent holder: VNIIZHT. № 1464795/11; dec. 03.08.70; publ. 29.06.77, Bul. 7. [in Russian].
15. Abashkin, V. V., Travin, P. I. (1972). Buksovy uzel dlya zheleznodorozhnykh vagonov [Axle box for railway cars]. Patent of the USSR № 241496, MPK2 B 61 F 15/12. Applicant and patent holder: VNIIZHT. № 820131/27-11; dec. 11.02.63; publ. 09.02.72, Bul. № 28. [in Russian].
16. Kuře, G., Charrier, F., Gouel, X. (2005). New axle box concept for heavy loads. SKF Evolution Magazine, 4, 24-27.