

І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, В. О. Шовкун, О. Л. Шарий

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСІВ БУКС ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Вантажні вагони, що експлуатуються на залізницях України, обладнані буксовими вузлами з циліндричними роликовими підшипниками. Досвід експлуатації свідчить, що підшипники мають недостатню довговічність. Однією з причин цього є нерівномірне розподілення навантаження між роликами у підшипниках. Одним з можливих напрямків розв'язання цієї задачі може бути створення змінної жорсткості корпусу букси.

**Ключові слова:** вантажний вагон, буксовий вузол, корпус, підшипник, адаптер, опорна поверхня, спрацювання.

### Постановка проблеми та її актуальність

Залізничний транспорт є основним елементом транспортної системи України. Підвищення ефективності роботи залізниць потребує використання нових інноваційних технічних рішень в конструкціях рухомого складу. Сучасні вантажні та пасажирські вагони є складними технічними системами, які працюють в екстремальних умовах. Стосовно буксових вузлів особливо несприятливі умови виникають при проходженні вагоном криволінійних ділянок колії, при проходженні стиків рейок та стрілочних переводів, за наявності дефектів на поверхнях кочення коліс.

На нетяговому рухомому складі залізниць України вже понад 50 років використовуються буксові вузли з двома циліндричними роликовими підшипниками [1, 2]. В різні роки на залізницях України на шляху прямування до 70 % вагонів від загальної кількості відчеплень відчіплялось саме через відмови та надмірний нагрів роликових букс [3, 4]. Також тисячі випадків відмов буксових вузлів вагонів виявляються засобами дистанційного контролю під час руху або оглядачами вагонів [5]. Тому підвищення надійності буксових вузлів залишається вкрай актуальним завданням.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Саме буксовий підшипник є найбільш складним конструктивним та високотехнологічним виробом у складі букси, найбільш дорогим та відповідальним її елементом. Тому переважна більшість досліджень була спрямована саме на підвищення довговічності роликових підшипників [6-9]. Розрахунок довговічності останніх практично завжди виконувався за відомими формулами [10], згідно з якими розрахунковий ресурс роликових підшипників залежить від їх базової динамічної

вантажопідйомності та еквівалентного навантаження, що діє на підшипники.

При розрахунку еквівалентного навантаження вважається, що найбільш навантаженим є верхній ролик, а навантаження на інші ролики зменшується [11]. Стосовно інших видів навантаження приймається припущення, що вони відсутні.

Це цілком справедливо для підшипників, які використовуються у загальному машинобудуванні. Але стосовно циліндричних буксових підшипників вагонів така схема не відповідає дійсності. Радіальне навантаження, що діє на буксовий вузол, розподіляється між підшипниками нерівномірно як між рядами роликів, так і між роликами в кожному ряді. Це було вперше доведено з використанням сучасного математичного апарату (методу скінчених елементів) в роботі [12] **проф. О. М. Савчуком** і підтверджено в дослідженнях [13, 14].

Але пошук резервів підвищення безвідмовності та довговічності буксових вузлів з циліндричними роликовими підшипниками практично завжди полягав у вдосконаленні конструкції останніх. Питання забезпечення оптимального розподілення навантаження як між роликами підшипника, так і уздовж його утворюючих, шляхом вибору раціональної конструкції корпусу букси висвітлено недостатньо повно.

### Формулювання мети статті

Метою даної роботи є аналіз розвитку конструкцій корпусів букс для вагонів та формування перспективних напрямків для вибору оптимальної конструкції корпусу букси вантажного вагону. Для цього необхідно провести аналіз можливих технічних рішень щодо поліпшення геометричних параметрів корпусів букс, визначити їх переваги та недоліки, проаналізувати можливості

використання сучасних матеріалів в конструкції букси та сформулювати відповідні пропозиції.

### Виклад основного матеріалу

Попередній аналіз технічних рішень у напрямку оптимізації розподілу навантаження на тіла кочення в підшипниках букс вантажних вагонів свідчить, що їх можна поділити таким чином:

- вибір раціональної форми контакту бокової рами візка та корпусу букси;
- використання інших матеріалів замість сталі в конструкції корпусу букси;
- вибір раціональної форми корпусу букси з метою зміни його податливості;
- заміна корпусу букси на іншу конструкцію, яка забезпечить передачу навантаження на підшипники.

Конструкція букси сконструйована таким чином, щоб сприймати упорною поверхнею всі навантаження від вагону. Від здатності сприймати ці навантаження залежить працездатність букси, величини зносу опорних поверхонь бокової рами та самої букси.

Однією з перших була букс з підшипником ковзання з безпосереднім навантаженням корпусу букси зверху (рис. 1).

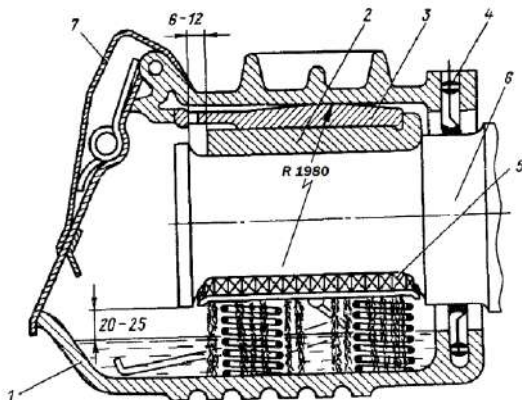


Рис.1. Букса з підшипником ковзання та вкладишем

При цьому завантажувалася лише верхня частина корпусу букси. Для забезпечення раціонального розподілу навантаження на підшипник у конструкції букси було передбачено вкладиш 3 [1]. Так як бокові рами візків вантажних вагонів, спираючись на букси, не могли вільно переміщатися щодо останніх, вкладиш мав поверхню циліндричної форми (горбатий вкладиш). Це забезпечувало корпусу букси самовстановлення щодо шийки осі.

Як спадщина, перша партія вантажних вагонів із роликowymi підшипниками, випущена в 1953 році для дослідної експлуатації, була обладнана буксою зі сферичним вкладишем (рис. 2), який мав

забезпечити необхідну свободу кутових переміщень букси щодо бокової рами [15].

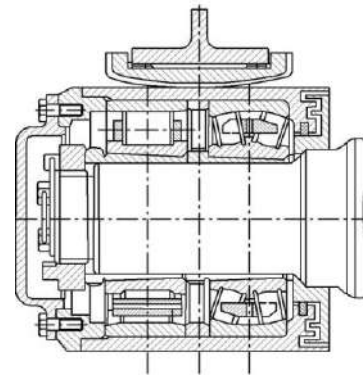


Рис. 2. Букса вантажного вагону зі сферичним вкладишем

Сферична опорна поверхня повинна була також компенсувати нерівномірність передачі навантажень через можливу непаралельність опорних поверхонь і маятниковими коливаннями бічних рам візка, які істотно впливають на ресурс роликowych підшипників.

Але при вже після пробігу 60 тис. км було виявлено значні зноси у вкладиша, бокових рам та балок у місцях зчленування. Проведені додаткові випробування корпусів букс показали, що при опорі вкладиша на верхню частину корпусу букси навантаження сприймалося трьома роликами, що несприятливо позначилося на довговічності роликowych сферичних підшипників. Вкладиші вилучили, у подальшому обпирання бокових рам візків здійснювалося безпосередньо на кільцевий приплив верхньої частини корпусу букси.

У середині 80-х років перспективним напрямком у вагонобудуванні вважалося використання алюмінієвих сплавів. Не обминула ця тенденція і виробництво буксових вузлів [16]. Алюмінієвий сплав має модуль пружності втричі менший, ніж у сталі, що забезпечує хороші властивості до амортизації та гасіння високочастотних динамічних впливів. Корпус букси з алюмінієвого сплаву був майже втричі легше за сталевий. Це дозволяло знизити масу необресорених елементів, підвищити довговічність підшипників шляхом забезпечення оптимальної податливості верхньої частини корпусу букси і знизити рівень динамічного впливу вагону на колію [17].

Але дослідна експлуатація показала, що верхня частина корпусу букси з алюмінієвих сплавів інтенсивно зношується в місці обпирання бокової рами візка [18]. В нових економічних реаліях значне зростання собівартості алюмінію змусили конструкторів відмовитись від його використання.

Для кінця 70-х та початку 80-х років ХХ сторіччя був характерний сплеск інтересу фахівців до використання еластичних прокладок 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. 3 буксовому вузлу пружний елемент виготовлявся з гумових та металевих пластин, що чергуються між собою, і встановлювався у отворі на корпусі букси [19].

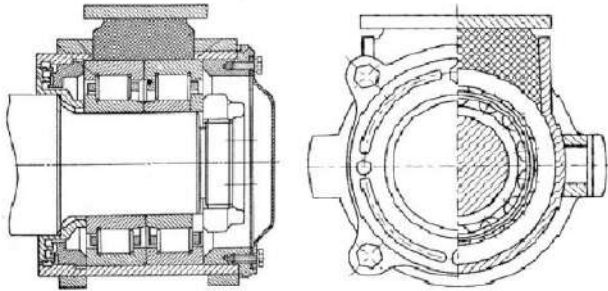


Рис. 3. Букса вантажного вагону із гумовим елементом у верхній частині

Наступним кроком конструкторів була відмова від традиційного корпусу букси шляхом заміни його на спеціальний адаптер (напівбукса) (рис. 4) [20, 21].

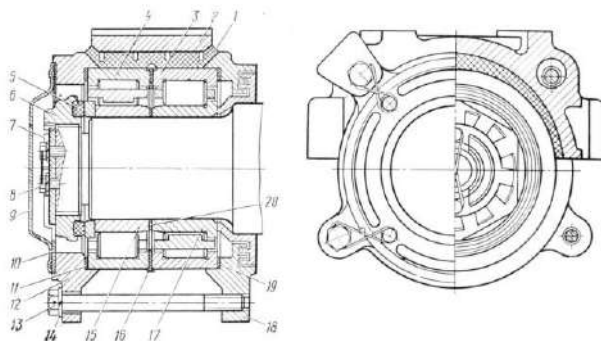


Рис. 4. Безкорпусний буксовий вузел вантажного вагону із гумовим елементом

Бокова рама спиралася на адаптер, від якого через гумовий пружний елемент всі види навантаження передавалися на підшипники стандартні циліндричні роликові підшипники. Елемент деформувався за довжиною та шириною під час експлуатації, сприяючи тим самим оптимальному розподіленню навантажень як між переднім та заднім підшипниками, так і уздовж твірної роликів підшипників.

В іншій конструкції одна конструкція буксового вузла, в якій між опорною поверхнею букси та підшипниками була розміщена пружна

еластична прокладка для компенсації непаралельності опорних поверхонь підшипників при пружно зігнутій осі колісної пари (рис. 5).

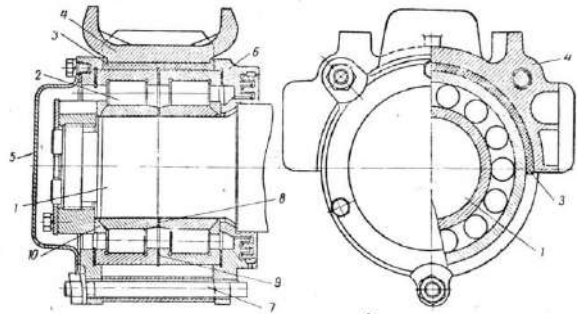


Рис. 5. Безкорпусний буксовий вузел вантажного вагону з еластичною прокладкою

Але всі зазначені буксові вузли виявились непрацездатними. Дослідна експлуатація буксових вузлів з пружними елементами показала, що гума мала низьку стійкість проти морозу та недостатню міцність. Нестабільність її фізико-механічних властивостей змушувала фахівців вагонного господарства проводити позапланові ремонти (повні ревізії) букс. Перегрів підшипника букси внаслідок його термоізоляції пружним елементом з низькою теплопровідністю приводив до того, що теплові режими таких букс також різко відрізнялися від поведінки типових буксових вузлів. Це створювало значні труднощі для систем дистанційного контролю при виявленні відмов та пошкоджень. Часта заміна гумових елементів у буксових вузлах виявилась економічно недоцільною та від застосування буксових вузлів з пружними гумовими елементами відмовились. Неможливість забезпечити надійну герметизацію підшипників від попадання вологи і бруду унеможливила використання безкорпусного варіанта.

Іншим напрямком модернізації є зміна жорсткості елементів верхньої частини букси за рахунок введення в його конструкцію порожнин різної конфігурації.

Прикладом такої модернізації є буксовий вузол з проточками у корпусі (адаптері) [22], що виконані похилими відносно його повздовжньої осі та рівномірно розташовані від центра прикладення навантаження. При цьому глибина проточок з метою створення змінної пружності уздовж утворюючої збільшується від мінімальної у торця шийки осі до максимальної у колеса (рис. 6).

Здатність металу пружно деформуватись призводить до виникнення у опорного сидла пружних властивостей, що зменшує динамічну взаємодію на підшипники та покращує умови їх роботи.

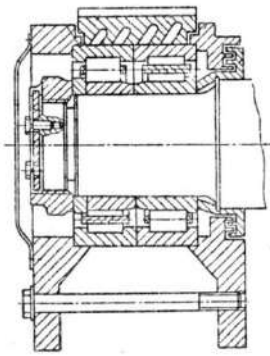


Рис. 6. Безкорпусний буксовий вузол з проточками змінної глибини в корпусі

По іншому вирішена проблема створення додаткової пружності корпусу у буксовому вузлі з двома поздовжніми прорізами у верхньому зводі корпусу букси (рис. 7) [23].

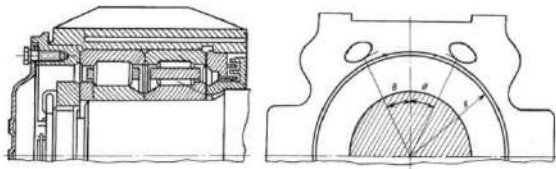


Рис. 7. Буксовий вузол з прорізами у верхньому зводі корпусу

Ролики за кожен оборот потрапляли у навантажену зону та отримані навантаження зростають від нуля до максимального значення і далі знову знижуються до нуля. Додаткові прорізи забезпечують більш сприятливе навантаження роликів

Запропонована конструкція букси з арочним сприйманням вертикального навантаження відрізнялася тим, що у суцільнометалевому корпусі у зоні навантаження підшипників була виконана ділянка у вигляді отвору, що відділяла звід корпусу від навантаженої арки [24].

Арка у цій буксі виконує роль адаптера, сприймає статичні та динамічні навантаження та передає їх на бокові стінки букси (рис. 8).

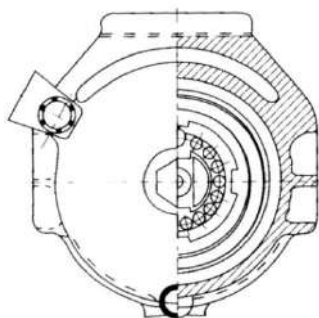


Рис. 8. Буксовий вузол з вільною ділянкою у верхньому зводі корпусу

Звід корпусу охоплює зовнішні кільця, за рахунок чого у роботі задіяне 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 [24].

Але ці пропозиції щодо зміни в конструкціях буксових вузлів не дістали подальшого розвитку. Недоліком цих конструкцій є збільшена трудомісткість виготовлення. Крім того, такі проточки можуть стати джерелом концентрації напружень.

Найбільш вдалою була визнана конструкція корпусу букси виконана з двома прямокутними припливами по краях верхньої частини в зоні навантаження роликів [25]. Ці припливи розташовуються по всій довжині корпусу і є опорними поверхнями для передачі навантаження від бокової рами (рис. 9).

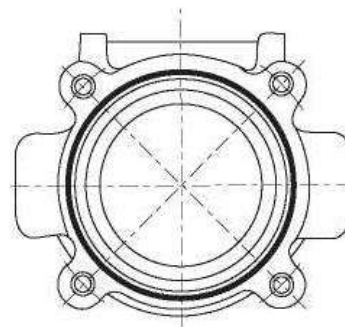


Рис. 9. Корпус буксового вузла з припливами

З боків буксу також забезпечена припливами, які взаємодіють з щелепними напрямними бічної рами візка.

Стендові випробування показали, що при збільшенні товщини перерізу верхньої частини корпусу до 28 мм розвантаження центрального ролика усунути не вдалося. Результати цього дослідження дозволяють зробити висновок про те, що при даній схемі навантаження реалізацією корпусу букси з ребрами жорсткості на верхній частини можна змінити характер розподілу навантаження між роликами. Саме ця схема була реалізована в типових буксових вузлах.

У статті [26] розглянуті проблеми, пов'язані з використанням традиційних конструкцій корпусів при перевезенні важких вантажів, таких як збільшене зношування та пошкодження підшипників. Для візків моделі Y25 автори пропонують новий концепт корпусу букси, який

заснований на використанні більш міцних матеріалів та посилених конструкцій (рис. 10).



Рис. 10. Буксовий вузол SKF

Одним з перспективних напрямків удосконалення конструкції роликів букс є використання американського досвіду у застосуванні адаптерів у колісних парах, обладнаних касетними підшипниками (рис. 11).

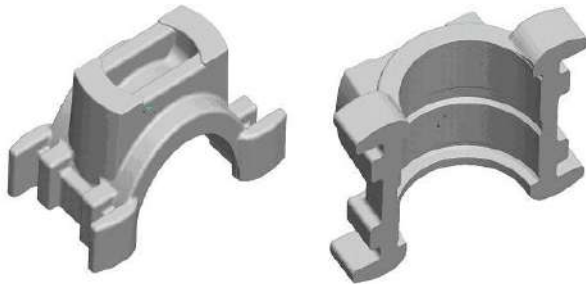


Рис. 11. Адаптер візка моделі 18-7020 (аналог адаптера BRENCO)

Адаптер перерозподіляє навантаження від візка на касетний підшипник, виконує роль опорної частини звичайної букси має ливарні припливи, що обмежує колісній парі поздовжні, поперечні та кутові зсуви щодо рами візка. Крім того, адаптер дає можливість зменшити масу тари вагону.

Адаптери, які використовуються у візках по своїй конструкції можна умовно поділити на три групи.

До першої групи належать адаптери з так званими пружними прокладками. Останні для сприйняття вертикальних навантажень мають досить велику плоску пластину з жорсткістю у вертикальній площині від 20 до 50 МН/м і сполучені з нею різної форми елементи, що сприймають поперечні і поздовжні зусилля, що виникають в горизонтальній площині буксового вузла. Узагальненим представником цієї групи може служити Adapter Plus конструкції шведської фірми SKF (рис. 12).

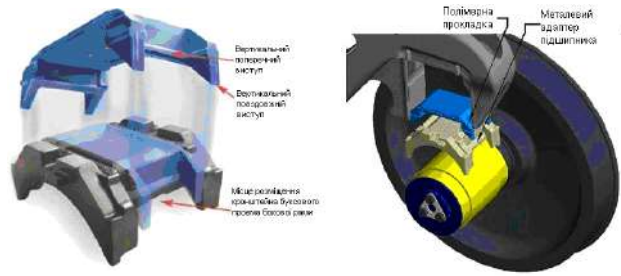


Рис. 12. Буксовий вузол з адаптером типа AdapterPlus

Він складається з двох деталей: металевий адаптер підшипника і полімерна прокладка. Такий адаптер застосовується у вітчизняних візках моделі 18-7033.

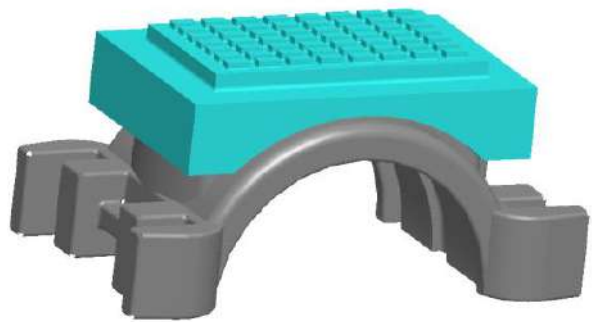


Рис. 13. Буксовий вузол з адаптером та полімерною прокладкою

До другої групи належать адаптери з пружними елементами, встановленими під кутом до вертикалі, як вздовж, так і впоперек буксового вузла (рис. 14).



Рис. 14. Буксовий вузол з адаптером, інтегрованим у "важіль Шеффеля"

Таким чином, вони сприймають навантаження діючу уздовж трьох осей: вертикальної поздовжньої, поперечної. Жорсткість таких пружних елементів істотно нижче, ніж пружних прокладок.

Адаптер (1) має дахоподібну двосхилу форму верхньої частини, і цей "дах" утворює опору для пружних елементів (2), на які через сталеву прокладку (3) спирається буксовий отвір бокової рами.

До третьої групи належать адаптери, що застосовуються у вантажних візках з подвійним ресорним підвішуванням. Ці адаптери сумісно з гумометалевими пружинами шевронного типу забезпечують роботу первинного підвішування візків (рис. 15).

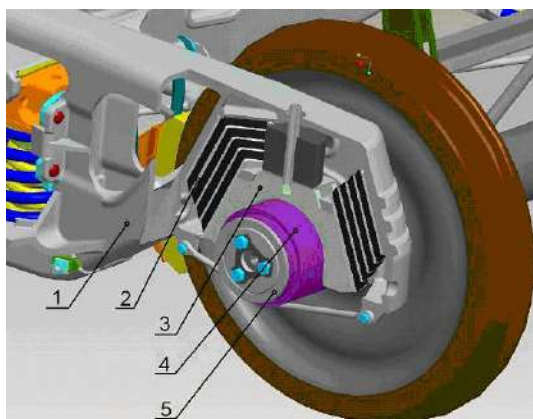


Рис. 15. Буксовий вузол з гумометалевими пружинами шевронного типу

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:

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. Вагонные буксы с роликовыми подшипниками / Эггольм К. Ф., Девятков В. Ф. М.: Трансжелдориздат, 1953. - 239 с.
2. Чебаненко В. М. К вопросу выбора рациональной конструкции вагонной роликовой буксы / В. М. Чебаненко // Техника железнодорожных дорог. - 1952. - № 7. - С.11-16.
3. Гайдамака А. В. Надійність циліндричних роликопідшипників букс вагонів і локомотивів / А. В. Гайдамака // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2013. - Вип. 139. - С. 103-111.
4. Мартынов И. Э. Анализ опыта эксплуатации цилиндрических роликоподшипников букс грузовых вагонов / И. Э. Мартынов // Вісник Східноукраїнського державного університету. - 2000. - №5 (27). - С. 157-159.
5. Мартинов І. Е. До питання оцінки надійності буксових вузлів критих вантажних вагонів / І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, В. М. Ільчишин // Зб. наук. праць ХарДАЗТ. - 2013. - Вип. 143. - С. 69-74.
6. Гайдамака А. В. Распределение осевой нагрузки между цилиндрическими роликами радиального подшипника / А. В. Гайдамака // Вісник НТУ "ХПИ". - 2014. - № 18 (1061). - С. 39-44.
7. Мартинов І. Е. Визначення довговічності конічних підшипників для рухомого складу / І. Е. Мартинов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. - 2007. - Вип. 86. - С. 56-61.
8. Sakaguchi T. Dynamic Analysis of Cage Stress in Tapered Roller Bearings // Proc. ASIATRIB. - 2006. - P. 649-650.
9. Deshmukh B. D. Study of Failure Modes of Rolling Bearings: A Review / B. D. Deshmukh, N. D. Moundecar // Journal of Modern Engineering Research. - 2014. - № 1. - P. 139-145.
10. Harris T. Rolling bearing analysis / T. Harris. - New York, 2006. - 481 p.
11. Перель Л. Я. Подшипники качения: Справочник / Л. Я. Перель. М.: Машиностроение, 1983. - 543 с.
12. Савчук О. М. Теоретическое исследование нагруженности роликов в подшипниках буксовых узлов подвижного состава / О. М. Савчук // Проблемы механики железнодорожного транспорта: тезисы докладов международной Всесоюзной конференции (май 1980, Днепропетровск). - Киев, 1980. - С. 127.
13. Мартинов І. Е., Дослідження напружено-деформованого стану елементів буксових підшипникових вузлів. / І. Е. Мартинов, В. О. Шовкун // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. - 2013. - Вип. 139. - С. 226-229.
14. Мартинов І. Е. Дослідження впливу конструкції адаптерів на розподілення навантаження у підшипникових вузлах / І. Е. Мартинов, Н. С. Кладько // Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Транспорт і логістика: проблеми і рішення". Київ. 23-25 травня 2018 р. - Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Одеський національний морський університет. - 2018. - С. 90-91.
15. Петров В. А. Анализ выбора и пути развития конструкций буксового узла для оборудования вагонов магистральных железных дорог СССР / В. А. Петров, А. А. Амелина // Труды ВЗИИТа. - 1984. - Вып. 122. - С. 4-25.
16. Буше Н. А. Корпус буксы из алюминиевого сплава / Н. А. Буше, О. М. Савчук, В. В. Новиков, В. Г. Чурсин, В. Я. Френкель // Ж.-д. трансп. - 1981. - № 10. - С. 53-55.
17. Савчук О. М. Влияние упругости корпуса буксы на работу подшипников / О. М. Савчук // Динамика

механических систем: сб. науч. тр. ин-та техн. механики АН Украины. Киев. -1983. - С. 139–148.

18. Копытько В. В. Опыт эксплуатации роликовых буксовых узлов с корпусами из алюминиевого сплава. / В. В. Копытько, С. Г. Иванов., О. М. Савчук, Н. А. Пастернак, А. Д. Жаковский // Вестник ВНИИЖТа. - 1992. - № 5. - С. 45–47.

19. Патент СССР № 685537, МПК<sup>2</sup> В 61 F 15/12 Буксовый узел / А. Т. Головатый, Б. З. Акбашев, Н. Д. Ершов; заявитель и патентообладатель Проектно-конструкторское бюро Главного управления вагонного хозяйства Министерства путей сообщения СССР и Всесоюзный научно-исследовательский институт вагоностроения. – № 2583934/27 – 11; заявл. 23.02.78; опубл. 15.09.79, Бюл. № 34. – 3 с.

20. Патент СССР № 547372, МПК<sup>2</sup> В 61 F 15/12 Буксовый узел железнодорожного вагона / В. В. Абашкин, Г. Г. Попов; заявитель и патентообладатель Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. – № 1464795/11; заявл. 03.08.70; опубл. 29.07.77, Бюл. № 7. – 4 с.

21. Патент СССР № 241496, МПК<sup>2</sup> В 61 F 15/12 Буксовый узел для железнодорожных вагонов / В. В. Абашкин, П. И. Травин; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. – № 820131/27 – 11; заявл. 12.11.63; опубл. 21.09.72, Бюл. № 28. – 3 с.

22. Патент СССР № 1574502, МПК<sup>3</sup> В 61 F 15/12 Буксовый узел рельсового транспортного средства / И. Э. Мартынов; заявитель и патентообладатель Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. - № 4427863/27-11; заявл. 19.05.88; опубл. 30.06.90, Бюл. № 24. - 3 с.

23. Патент СССР № 1444206, МПК<sup>3</sup> 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.

24. Морчиладзе И. Г. Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов / И. Г. Морчиладзе, А. М. Соколов // Железные дороги мира. - 2006. - №10. - С. 59-64.

25. Martynov I. E. Axlebox roller bearings for railway vehicles: design and calculations: monograph / I. E. Martynov, A. V. Trufanova, O. M. Safronov. Kremenchug. - 2022. - 147 p.

26. Kuře G. / New axlebox concept for heavy loads // G.Kuře, F. Charrier, X. Gouel SKF Evolution magazine . - 2005. - 4. - pp. 24-27.

## References

- Haydamaka, A. V. (2013). Reliability of cylindrical roller bearings of box cars and locomotives. *Collection papers of UkrDAZT*, 139, 103-111. [in Ukrainian].
- Martynov, I. E. (2000). Analysis of the experience of the operation of cylindrical roller bearing boxes of freight cars. *Bulletin of the Eastern Ukrainian State University*, 5 (27), 157-159. [in Russian].
- Martynov, I. E., Trufanova, A. V., Ilchyshyn, V. M. (2013). To the issue of reliability assessment of the axle boxes of covered freight cars. *Collection papers of UkrDAZT*, 143, 69-74. [in Ukrainian].
- Ekholm, K. F., Devyatkov, V. F. (1953). Wagon axles boxes with roller bearings. Moscow: Transzheldorizdat. [in Russian].

5. Chebanenko, V. M. (1952). To the question of the choice of a rational construction of a wagon roller box. *Technics of railway roads*, 7, 11-16. [in Russian].

6. Haydamaka, A. V. (2014). Distribution of axial load between cylindrical rollers of a radial bearing. *Bulletin of NTU "KhPI"*, 18 (1061), 39-44. [in Russian].

7. Martynov, I. E. (2007). Determining the durability of tapered bearings for rolling stock. *Collection papers of UkrDAZT*, 86, 56-61. [in Ukrainian].

8. Sakaguchi, T. Dynamic (2006) Analysis of Cage Stress in Tapered Roller Bearings. Proc. ASIATRIB. 649-650.

9. Deshmukh, B. D., Moundecar, N. D. (2014). Study of Failure Modes of Rolling Bearings: A Review. *Journal of Modern Engineering Research*. 1. 139-145.

10. Harris, T. (2006). Rolling bearing analysis. New York. 481 p.

11. Perel, L.Ya. Rolling bearings. Directory. Moscow: Engineering, 1983. 543. [in Russian].

12. Savchuk, O. M. Theoretical study of the loading of rollers in the bearings of axle boxes of rolling stock. *Problems of the mechanics of railway transport: abstracts of the reports of the international all-Union conference*. Dnepropetrovsk, 1980. 127. [in Russian].

13. Martynov, I. E., Shovkun, V. O. (2013) Restoration of the stress-strained steel of the elements of axle boxes bearing nodes. *Collection papers of UkrDAZT*, 139, 226-229. [in Ukrainian].

14. Martynov, I. E., Kladko, N. S. (2018). Further study of the design of adapters for the distribution of tension at bearing units. *Collection papers of the VIII International Scientific and Technical Conference "Transport and Logistics: Problems and Solutions"*. (pp. 90-91) Kyiv. 2018. [in Ukrainian].

15. Petrov, V. A., Amelina A. A. (1984) Analysis of the choice and development of axle box structures for the equipment of cars of the main railways of the USSR. *Collection papers of VZIT*. 122. 4-25. [in Russian].

16. Bushe, N. A., Savchuk, O. M., Novikov, V. V., Chursin, V. G., Frenkel, V. Ya. (1981). Railway transport. 10. 53–55. [in Russian].

17. Savchuk O. M. (1983). Influence of the elasticity of the box body on the operation of bearings. Dynamics of mechanical systems: *Collection papers of Institute of Technical Mechanics of the Academy of Sciences of Ukraine*. Kyiv. 139–148. [in Russian].

18. Kopytko, V. V., Ivanov, S. G., Savchuk, O. M., Pasternak, N. A., Zhakovsky, A. D. (1992) Experience in operating roller axle boxes with aluminum box bodies. *Bulletin of VNIIZhT*. 5. 45–47. [in Russian].

19. Golovaty A. T., Akbashev B. Z., Ershov N. D. *Patent of the USSR № 685537, МПК<sup>2</sup> В 61 F 15/12 Axlebox*. 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].

20. Abashkin V. V., Popov G. G. *Patent of the USSR № 547372, МПК<sup>2</sup> В 61 F 15/12 Railway car axle box*. Applicant and patent holder VNIIZHT. № 1464795/11; dec. 03.08.70; publ. 29.06.7; Bul. 7. [in Russian].

21. Abashkin V. V., Travin P. I. *Patent of the USSR № 241496, МПК<sup>2</sup> F 61 F 15/12 Axlebox for railway cars*. Applicant and patent holder VNIIZHT. № 820131/27-11; dec. 11.2.63; publ. 09.2.72; Bull. № 28. [in Russian].

22. Martynov I. E. *Patent of the USSR № 1574502, МПК<sup>3</sup> В 61 F 15/12 Axle box of a rail vehicle*. Applicant and patent holder MIIT. № 4427863/27-11; dec. 19.05.88; publ. 30.06.90; Bul. 24. [in Russian].

23. Savchuk O. M., Pasternak N. A., Sobornitskaya V. V. *Patent of the USSR № 1444206, МПК<sup>3</sup> В 61 F 15/12 Roller axle box for railway transport*. Applicant and patent holder

DREI. - № 4133118/27 - 11; dec. 09.10.86; publ. 12.15.88, Bul. 46. [in Russian].

24. Morchiladze, I. G., Sokolov, A. M. (2006). Improvement and modernization of boxwood knots of freight cars. *Railways of the world*, 10, 59-64 [in Russian].

25. Martynov, I. E., Trufanova, A. V., Safronov, O. M. (2022). Axlebox roller bearings for railway vehicles: design and calculations: monograph. *Kremenchug*. –147 p.

26. Kuře, G., Charrier, F., Gouel, X. (2005) New axlebox concept for heavy loads. *SKF Evolution magazine*. 4. pp. 24-27

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор кафедри "Вагони та вагонне господарство" Л. А. Мурадян, Український державний університет науки і технологій, Україна.

**Автор:** МАРТИНОВ Ігор Ернестович  
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії вагонів та якості продукції  
Український державний університет залізничного транспорту

E-mail - [martynov.hiit@gmail.com](mailto:martynov.hiit@gmail.com)

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

**Автор:** ТРУФАНОВА Альона Володимирівна  
кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії вагонів та якості продукції  
Український державний університет залізничного транспорту

E-mail - [alena.hiit.vagons@gmail.com](mailto:alena.hiit.vagons@gmail.com)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

**Автор:** ШОВКУН Вадим Олександрович  
кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії вагонів та якості продукції  
Український державний університет залізничного транспорту

E-mail - [vadimshovkun62@gmail.com](mailto:vadimshovkun62@gmail.com)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1826-6053>

**Автор:** ШАРІЙ Олексій Леонідович  
аспірант кафедри інженерії вагонів та якості продукції  
Український державний університет залізничного транспорту

E-mail - [Sharyi@ukr.net](mailto:Sharyi@ukr.net)

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4234-9286>

## THE STRUCTURAL ANALYSIS OF THE HOUSING OF THE FREIGHT CAR AXLE BOX

I. Martynov, A. Trufanova, V. Shovkun, O. Sharyi

Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

*The cars that are operated on the railways of Ukraine are equipped with axle boxes with cylindrical roller bearings. Many years of operating experience has shown that they have insufficient durability. One of the reasons is the uneven distribution of the load between the rollers in the bearings, caused by the design features of the wagon bogies.*

*One of the possible ways to equalize the distribution of loads between the rolling elements can be the creation of a box housing with variable stiffness. The article provides a detailed analysis of existing design solutions. It has been established that the use of aluminum alloys for the manufacture of axle box housings, despite the low specific density of the alloy, is impractical due to their high cost, increased wear of the bearing surfaces, and insufficient service life. The use of rubber as gaskets to create variable stiffness also proved to be impractical. The reason is the inability of rubber to operate at low temperatures in winter. As a result, the destruction of the rubber required additional (unscheduled) axle box repairs.*

*The manufacture of axle box bodies with cavities or grooves of various configurations in order to change the rigidity of the elements of the upper part of the axle box body turned out to be unpromising. The reason was the technological complexity of manufacturing, the difficulty of providing the necessary strength under dynamic loading conditions.*

*The most successful was the design of the box body with two rectangular tides along the edges of the upper part in the roller loading zone. These lugs are located along the entire length of the hull and are the supporting surfaces for transferring the load from the side frame.*

*A promising direction in the 70s of the XX century was the rejection of traditional massive axle boxes and the transition to the use of adapters (half axle boxes). However, this option had to be abandoned at that time due to the impossibility of ensuring reliable sealing of the bearings.*

*At the same time, the modern experience of American railways shows that one of the promising areas for improving the design of roller axle boxes is the use of adapters in freight bogies of wheelsets equipped with cassette bearings. The adapter redistributes the load from the bogie to the cassette bearing, acts as a supporting part of a conventional axle box and limits the longitudinal, transverse and angular shifts of the wheel set relative to the bogie frame. In addition, the adapter allows you to reduce the tare weight of the car. However, the use of adapters is possible only if the bearings themselves are reliably sealed.*

*Also, a promising direction can be considered the creation of a box body with variable stiffness, including the use of rubber-metal elements.*

**Keywords:** freight car, axle box, housing, bearing, adapter, support surface, actuation.