

УДК 629.4.027

М. І. Горбунов, д.т.н., професор
(професор кафедри залізничного транспорту, СНУ ім. В. Даля)
С. В. Кара
(аспірант кафедри залізничного транспорту, СНУ ім. В. Даля)
О. С. Ноженко, к.т.н., доцент
(доцент кафедри залізничного транспорту, СНУ ім. В. Даля)
А. Д. Анофрієв
(в.о. директора ДП «Укрспецвагон»)

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ БОКОВИХ РАМ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Розглянуто проблему недостатньої міцності бокових рам візків типу 18-100 та аналогів в тому числі в зонах радіусних переходів R55 та основні гіпотези їх руйнувань, а саме високі повздовжні сили від ударів при скатуванні з горок, динамічні навантаження від незадовільного технічного стану ходової частини, дефекти матеріалу та недосконалість конструкції. Пропонується доповнити цей список динамічними навантаженнями від перекосів колісної пари при повздовжніх навантаженнях. Відмічено та розрахунково підтверджено, що перспективним напрямком є замикання буксового отвору по аналогії з конструкцією візка маневрового тепловоза ТЕМ2, для якого на досконалій опробованій кінцево-елементній моделі розраховано технічний ефект від використання буксової струнки. Представлено технічні рішення щодо підвищення міцності бокових рам візків вантажних вагонів шляхом замикання буксового отвору та методи створення попередньо напруженого стану в несучих конструкціях.

Ключові слова: вантажний вагон, візок, бокова рама, міцність, буксова струнка, попереднє напруження.

Рассмотрена проблема недостаточной прочности боковых рам тележек типа 18-100 и аналогов, в том числе в зонах радиусных переходов R55, основные гипотезы их разрушений, а именно высокие продольные силы от ударов при скатывании с горок, динамические нагрузки от неудовлетворительного технического состояния ходовой части, дефекты материала и недостатки конструкции. Предлагается дополнить этот список динамическими нагрузками от перекосов колесной пары при продольных нагрузках. Отмечено и расчетно подтверждено, что перспективным направлением является замыкание буксового проема по аналогии с конструкцией тележки маневрового тепловоза ТЭМ2, для которого на совершенной апробированной конечно-элементной модели рассчитан технический эффект от использования

© Горбунов М. І., Кара С. В., Ноженко О. С., Анофрієв А. Д., 2015

буксовий струнки. Представлены технические решения по повышению прочности боковых рам тележек грузовых вагонов путем замыкания буксового отверстия и методы создания предварительно напряженного состояния в несущих конструкциях.

Ключевые слова: грузовой вагон, тележка, боковая рама, прочность, буксовая старунка, предварительное напряжение.

Постановка проблеми. Залізничний транспорт України має високу вантажо-напруженість та забезпечує більше половини вантажообігу країни, при цьому у останній час відмічається значний потік відказів бічних рам трьохелементних візків типу 18-100 та аналогів на коліях шириною 1520 мм, а в останній час саме в Україні (на коліях 1520 мм – від 20 до 25 зламів на рік при терміні служби візка від 1 до 8 років), що вимагає розроблення нових методів їх проектування [1-5]. Тому важливою задачею на сьогодні є підвищення міцності бокової рами візка вантажного вагону, особливо в зоні радіусного переходу R55.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що в останні роки проведено значну кількість науко-дослідних робіт з проблеми зламів бічних рам в зонах радіусних переходів R55. Виходячи з опрацьованих робіт авторами виділено основні гіпотези причини руйнувань:

1. Високі повздовжні сили від букс, що діють на зовнішні щелепи бічних рам при ударах після скатування з сортувальних гірок [6]. Величина повздовжньої сили може досягати 100 кН на одну щелепу.

2. Високі діючі моменти сил на зону буксового отвору внаслідок забігання бічних рам, які в свою чергу мають велике значення через незадовільний технічний стан візків (та колії). Дана гіпотеза була представлена компанією «Амстед-Рейл» (Протокол ЦЦТех №5/26). Навантаження від максимального забігання бічних рам показано на рис. 1.

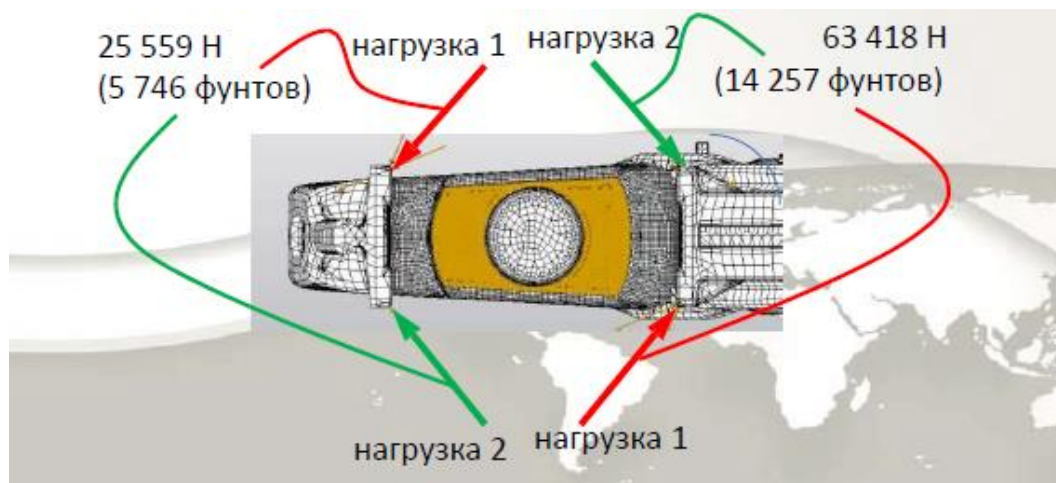


Рис.1. Схема навантаження буксового отвору бічної рами згідно з гіпотезою компанії «Амстед-Рейл»

3. Дефекти матеріалу [7]. Частою причиною зламів рам є ливарні чи інші дефекти в матеріалі, які пов'язані з порушенням технології виготовлення та недосконалістю методів дефектоскопії.

4. Зміна конструкції, яка полягає у переході до 18-100 типу 4 з квадратним профілем в небезпечній зоні замість двотаврового (рис. 2). Така гіпотеза описується різними науковцями, але на даний час немає чіткого наукового обґрунтування.

Слід відзначити, що незважаючи на значну кількість наукових робіт з даного напрямку не вирішена проблема підвищення міцності бічної рами, а саме не розроблено технічних рішень з підвищення міцності бічних рам чи запобіжних пристроїв.

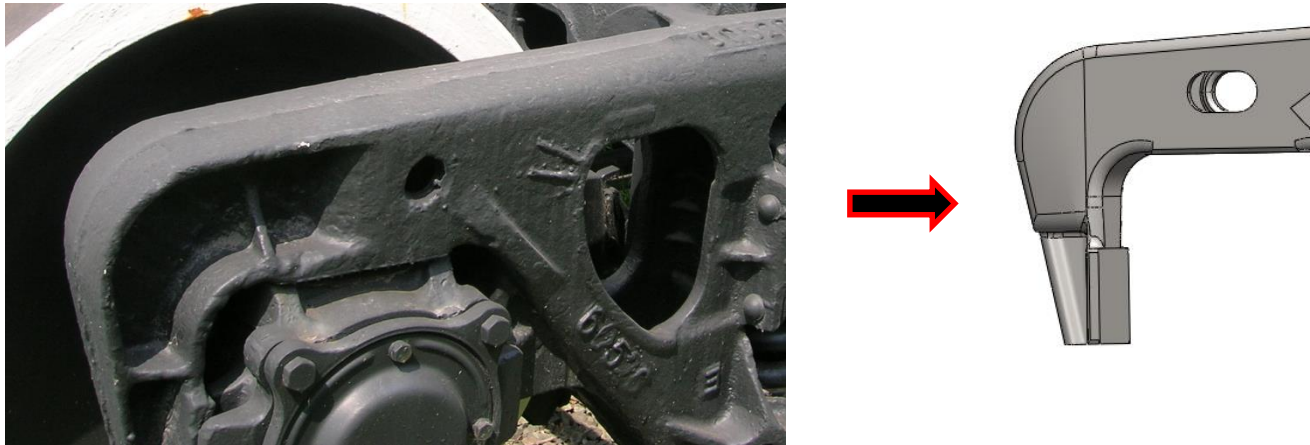


Рис.2. Зміна конструкції бічної рами

Метою статті є обґрунтування напрямків підвищення міцності бокових рам візків вантажних вагонів, які полягають у замиканні буксового отвору та створенні попередньо напруженого стану в несучих конструкціях візка.

Викладення основного матеріалу. Характер руйнувань та аналіз гіпотез цих руйнувань бокових рам вантажних візків типу 18-100 та їх аналогів показав, що необхідно дослідити причину руйнувань через перекис колісної пари внаслідок великих значень зазорів між буксами та щелепами візка, що особливо впливає на навантаженість бічної рами під час формування рухомого складу на сортувальних горках. Супутнім негативним фактором при цьому буде відмінність значень цих зазорів з лівого та правого боків від колісної пари.

На думку авторів, внаслідок високої кількості ливарних та інших дефектів, високої динамічної навантаженості бічної рами слід вирішувати дану проблему вдосконаленням конструкції з метою значного зниження рівня напружень в небезпечному перетині R55. Дана зона конструкції по суті є ресурсовизначаючим елементом вагона, від цілісності цієї частини бічної рами залежить безпека руху всього рухомого складу. У якості прототипу авторами розглядається з'єднання щелеп буксового отвору буксовою стрункою по аналогії з локомотивами. Таке технічне рішення використовувалося ще при паровозобудуванні, потім для тепловозів (ТЕМ2, М62 та ін.). Розглянемо ефективність використання буксової струнки для тепловоза ТЕМ2. На рис. 3 представлено розроб-

лену модель рами візка TEM2 та схему навантаження в САПР «SolidWorks» згідно діючих норм розрахунків локомотивів на міцність. На рис. 4 приведено приклад розрахунку (епюру еквівалентних напружень).

Для рами візка TEM2 з використанням буксової струнки та без неї проведено по 3 розрахунки з величинами повздовжніх сил від тяги та гальмування у розмірі 0 Н, 170 кН (згідно норм розрахунків) та 340 кН. Максимальні значення розрахункових напружень приведено на рис. 5 у вигляді залежності від повздовжніх сил.

Також проведено розрахунки для бічної рами візка типу 18-100 тип 4 з використанням буксової струнки перерізом 20 см² та без неї при максимальних повздовжніх силах (рис. 6 а) і б)). Використання такої буксової струнки знижує рівень максимальних еквівалентних напружень на 35%.

Перспективним напрямом підвищення міцності також є створення попередньо напруженого стану в конструкції візка, що знижує загальний рівень напружень під дією статичних та динамічних навантажень до 50%.

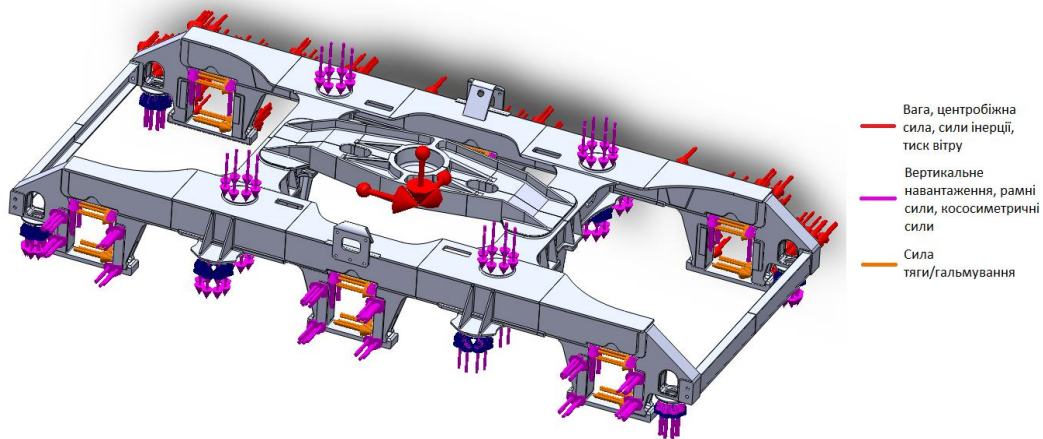


Рис.3. Схема навантаження рами візка TEM2

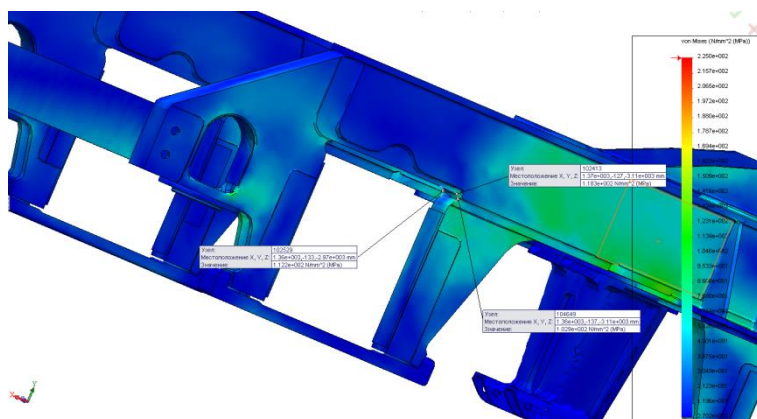


Рис.4. Епюра напружень рами візка TEM2 (з використанням буксової струнки)

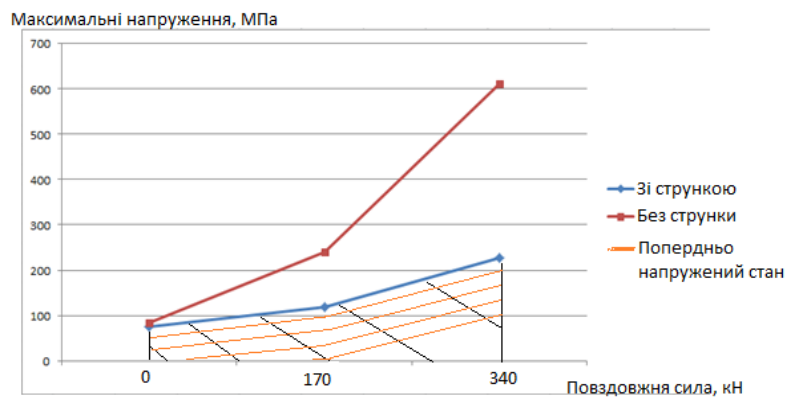


Рис.5. Залежність максимальних напружень від повздовжньої сили для рами візка тепловоза ТЕМ2

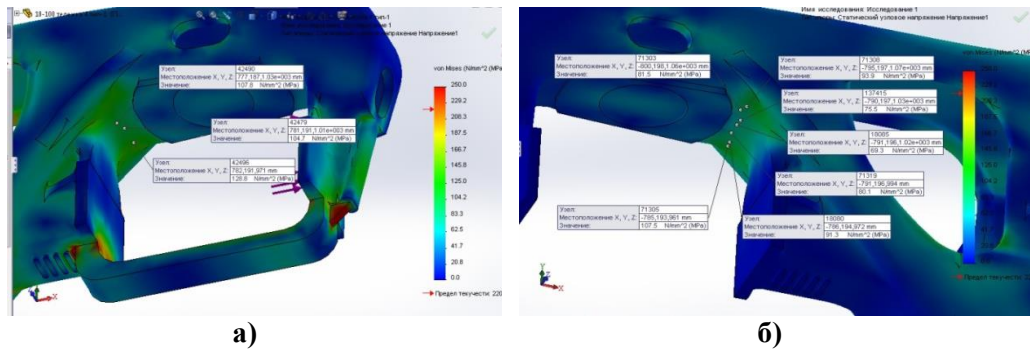


Рис.6. Розрахунок бічної рами візка типу 18-100 тип 4

Для бічної рами пропонується щонайменше три варіанта створення поперечно напруженого стану:

1) В буксовому отворі шляхом стягування щелеп буксовою стрункою (рис. 7).

2) В верхньому горизонтальному поясі (рис. 8, де 1 – верхній горизонтальний пояс, 2 – нижній горизонтальний пояс, 3 – вертикальні колонки, 4 – ресорний отвір, 5 – опорна поверхня для установлення пружин, 6 – похилі пояси, 7 – буксові щелепи, 8 – прутки). Метод полягає тому, що після виготовлення бічної рами у порожнину верхнього горизонтального поясу 1 встановлюється прутки 8 таким чином, що він стягує верхній горизонтальний пояс та створює в ньому попередні напруження протилежні за знаком тим, що виникають від динамічної сили вертикальних навантажень.

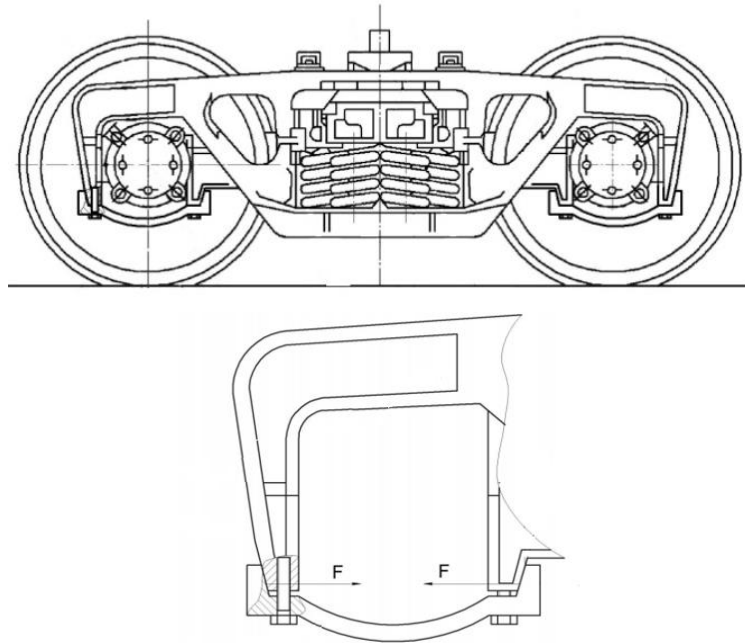


Рис.7. Схема встановлення буксової струнки з використанням попередньо напруженого стану буксового отвору

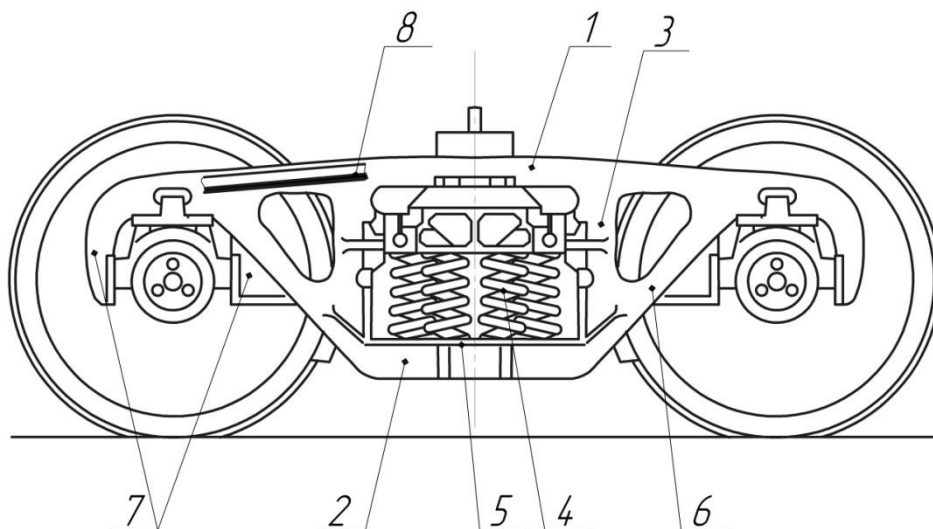


Рис.8. Метод створення попередньо напруженого стану в верхньому горизонтальному поясі

- 3) В нижньому горизонтальному поясі – по аналогії з п. 2.
- 4) Даний підхід також може бути використаний до створення попередньо напруженої надресорної балки.

Дані підходи можуть також бути впроваджені при проектуванні вантажних вагонів [1-3].

Висновки і перспективи подальшого використання. Наведенні в статті результати роботи з підвищення міцності бічної рами мають суттєві переваги перед існуючою конструкцією. Попередні розрахунки свідчать про значне зниження рівня максимальних напружень до 35 % та до 50 % зниження максимальних напружень при використанні буксової струнки та створення попередньо напруженого стану відповідно. Всі представлені технічні рішення запатентовано. Ведеться робота з підготовки експериментальних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фомін, О.В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів: монографія / О. В. Фомін. – Київ: ДЕТУТ, 2014. – 299 с.
2. Фомін, О.В. Визначення перспективних напрямків проектування несучих систем у вантажному вагонобудуванні [Текст] / О.В. Фомін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. – № 3/7(57), 2012. – С. 32-35 – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)_9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)_9.pdf).
3. Фомін, О.В. Підвищення ступеня ідеальності вантажних вагонів та прогнозування стадій їх еволюції [Текст] / О.В. Фомін, // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – №3. – С.68-76 – Режим доступу: <http://nvngu.in.ua/index.php/uk/golovna/1049-ukrcat/arkhiv-zhurnalu/2015/zmist-3-2015/geotekhnichna-i-girnichna-mekhanika-mashinobuduvannya/2975-pidvishchennya-stupenya-idealnosti-vantazhnikh-vagoniv-ta-prognozuvannya-stadij-jikh-evolyutsiji>
4. Горбунов Н.И. К вопросу создания тележки грузового вагона / Н.И. Горбунов, С.Д. Мокроусов, Е.С. Ноженко, Е.А. Кравченко, С.В. Кара // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля 2013, №18 (207) – С. 91-97.
5. Горбунов М.І. Обґрунтування технічних рішень щодо підвищення міцності візка вантажного вагона / Горбунов М.І., Ноженко О.С., Кара С.В. та ін. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 1 (218) Ч. 1. Вид-во СХУ ім. В. Даля м. Северодонецьк, 2015 – С. 200 – 203.
6. Сенько В.И. Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В.И. Сенько, М.И. Пастухов, С.В. Макеев, И.Ф. Пастухов // Вестник ГГТУ им. П.П.Сухого. – №4, 2010. – С. 13-18.
7. Огневой. В.Я. Фрактографические особенности разрушения литых боковых рам тележек грузовых вагонов / В.Я. Огневой // Ползуновский альманах. – 2011. – №4. – С. 36-41.

Nikolay Gorbunov, Doctor of Science (Technical Sciences), Professor (Professor of the Department of Railway Transport, East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl)

Serhii Kara

(PhD student of the Department of Railway Transport, East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl)

Olena Nogenko, PhD (Technical Sciences)

(Assistant professor of the Department of Railway Transport, East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl)

Anofriyev Andrii

(Director of State Enterprise «Ukrspetsvagon»)

**PERSPECTIVE DIRECTIONS OF INCREASING STRENGTH SIDE
FRAMES FREIGHT WAGON BOGIE**

Described the problem of strength of the side frame bogies type 18-100 and analogues in R55 zone, the main hypothesis of destruction, namely high longitudinal forces because of impacts, the dynamic loads from the poor technical condition of the bogies, material defects and construction, hypothesis may be supplemented distortions wheelsets. The calculation was performed for string like at the bogie of locomotive TEM2. Submitted technical solutions for bogies with strings and prestress.

Keywords: freight wagon, bogie, side frame, strength, axle string, prestress.

REFERENCES

1. Fomin O. V. (2014) Doslidjenja defektiv ta poskodgen nesuchyh system zaliznychnyh napivvagoniv [Research Of Defects And Damages The Supporting Systems Railway Freight Gondolas]: monograph ISBN 978-966-2197-76-1 // DETUT, Kyiv, Ukraine.
2. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building [Text]/ A. V. Fomin// East European journal of advanced technologies. – Kharkiv. – № 3/7(57), 2012. – 32-35 p. – access Mode: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3\(7\)__9.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2012_3(7)__9.pdf).
3. Fomin, A. V. Increasing the degree of ideality of freight wagons and forecasting stages of their evolution [Text]/ A. V. Fomin, // Scientific Bulletin of National mining University. – Dnepropetrovsk: NMU, 2015. – No. 3. – P. 68-76 – Mode of access: <http://nvngu.in.ua/index.php/uk/golovna/1049-ukrcat/arkhiv-zhurnalu/2015/zmist-3-2015/geotekhnichna-i-girnichna-mekhanika-mashinobuduvannya/2975-pidvishchennya-stupenya-idealnosti-vantazhnikh-vagoniv-ta-prognozuvannya-stadij-jikh-evolyutsiji>
4. Gorbunov N.I. K voprosu sozdaniya telezhki gruzovogo vagona [The issue of establishing freight wagon bogie]/ N.I. Gorbunov, S.D. Mokrousov, E.S. Nozhenko, E.A. Kravchenko, S.V. Kara // VIsnik ShIdnoukraYin-skogo natsIonalnogo unIversitetu ImenI Volodimira Dalya 2013, №18 (207) – S. 91-97.
5. Gorbunov M.I. Obgruntuvannya tehnIchnih rIshen schodo pIdvishchennya mItsnostI vIzka vantazhnogo vagona [Rationale technical solutions to improve the strength of freight wagon bogie] / Gorbunov M.I., Nozhenko O.S., Kara S.V. ta In. // VIsnik ShIdnoukraYinskogo natsIonalnogo unIversitetu ImenI Volodimira Dalya # 1 (218) Ch. 1. Vid-vo SNU Im. V. Dalya m. SEvErodonetsk, 2015 – S. 200 – 203.
6. Senko V.I. Analiz prichin povrezhdeniya i vozmozhno-sti prodleniya sroka sluzhby bokovyih ram telezhok gruzovyih vagonov [Analysis of the causes of damage and the possibility of extending the life of the side frames of freight car bogies]/ V.I. Senko, M.I. Pastuhov, S.V. Makeev, I.F. Pastuhov //Vestnik GGTU im. P.P.Suhogo. – №4, 2010. – S. 13-18.
7. Ognevoy. V.Ya. Fraktograficheskie osobennosti raz-rusheniya lityih bokovyih ram telezhok gruzovyih vago-nov / V.Ya. Ognevoy // Polzunovskiy almanah. – 2011. – №4. – S. 36-41.