

УДК 629.4.027

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.158.2015.63407>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАВАНТАЖЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ НА ЦИЛІНДРИЧНІ БУКСОВІ ПІДШИПНИКИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Д-р техн. наук І.Е. Мартинов, канд. техн. наук А.В. Труфанова, магістранти С.О. Кравченко, О.В. Мельникова, І.Я. Хом'як

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НАГРУЗОК, КОТОРЫЕ ДЕЙСТВУЮТ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ ПОДШИПНИКИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Д-р техн. наук И.Э. Мартынов, канд. техн. наук А.В. Труфанова, магистранты С.А. Кравченко, Е.В. Мельникова, И.Я. Хомяк

STUDY OF THE INFLUENCE LOADS FOR ACTING TO CYLINDRICAL BUXOM BEARINGS OF THE CARS

Doct. of techn. sciences I. Martinov, cand. of techn. sciences A. Trufanova, masterstudents C. Kravchenko, O. Melnikova, I. Homyak

Поліпшення показників безпеки на залізницях України може бути досягнуто за рахунок модернізації морально застарілих і менш надійних вузлів вагонів з метою ліквідації відмов устаткування в експлуатації. Розглянуто питання вдосконалення буксових вузлів вантажних вагонів, побудовано комп'ютерну модель буксового вузла вагона та отримано максимальні контактні напруження. Доведено, що виконання твірної роликів у вигляді дуги дозволяє зменшити максимальні контактні напруження.

Ключові слова: буксовий вузол, напружено-деформований стан, геометрична модель, скінчені елементи, криволінійні тетраедри.

Улучшение показателей безопасности на железных дорогах Украины может быть достигнуто за счет модернизации морально устаревших и менее надежных узлов вагонов с целью ликвидации отказов оборудования в эксплуатации. Рассмотрены вопросы совершенствования буксовых узлов вагонов, построена компьютерная модель буксового узла вагона, а также получены

максимальные контактные напряжения. Доказано, что изменение образующей роликов в виде дуги позволяет уменьшить максимальные контактные напряжения.

Ключевые слова: буксовый узел, напряженно-деформированное состояние, геометрическая модель, конечные элементы, криволинейные тетраэдры.

Improvement of safety the Railway in Ukraine can be achieved through the modernization of reliable elements of cars in order to eliminate failure in operation. Issue of improving axle boxes of wagon, built a computer model of the car, and received maximum contact pressure. The change geometry of axle boxes allows to reduce contact voltage.

Keywords: axle boxes, the stress-strain state, the geometric model, finite elements, curvilinear tetrahedra.

Вступ. Залізничний транспорт є однією з найважливіших галузей народного господарства України. Гостра конкуренція між різними видами транспорту сприяє підвищенню якості транспортних послуг. Затримка вантажів у дорозі, яка викликана відмовою елементів конструкцій вагонів з подальшим відчепленням від поїзда, спричиняє суттєві економічні збитки залізницям.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Вагонне господарство є однією з найважливіших галузей залізничного транспорту. На його частку припадає близько 20 % експлуатаційних витрат і майже одна шоста частина контингенту працівників залізничного транспорту. Ефективність роботи залізниць значною мірою залежить від структури вагонного парку, техніко-економічних параметрів вагонів, технічного

стану вагонного парку. Для забезпечення безпеки руху поїздів парк вантажних вагонів повинен мати високу надійність. У той же час вагон складається з великої кількості вузлів, технічний стан яких безпосередньо впливає на експлуатацію вантажних вагонів [6].

Починаючи з 1990 року інвентарний парк вантажного рухомого складу скорочується, переважна частка вагонів підлягає списанню за терміном служби. Термін служби старих вагонів можна подовжувати після обстеження їх технічного стану, але експлуатація таких вагонів потребує значних матеріальних витрат на підтримання у справному стані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Парк вантажних вагонів України складається з інвентарного парку Укрзалізниці та власного парку операторських компаній і комбінатів. Приблизно загальний парк вантажних вагонів складає 201728 одиниць [1] (рис. 1).

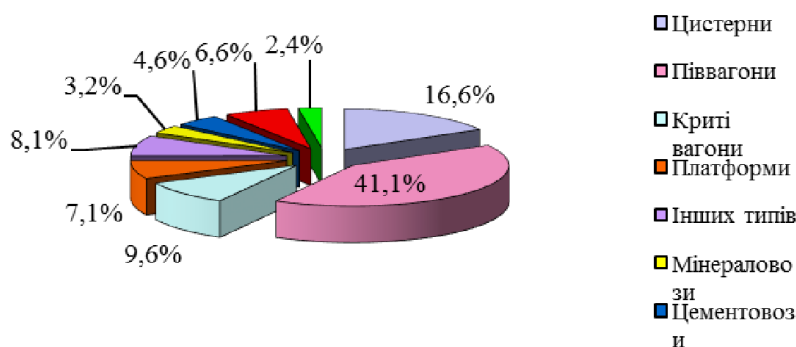


Рис. 1. Структура загального вантажного парку України

Починаючи з 2000 року намітилась тенденція зростання обсягів перевезень, змінилась структура вантажів, які перевозяться, що у свою чергу призвело до збільшення потреби у вантажних вагонах загалом і

особливо в піввагонах, обкотишовозах, цистернах, мінераловозах.

Разом з тим на цей період припало інтенсивне старіння інвентарного парку, що призвело до необхідності списання великої

кількості вагонів. Особливо це стосується гостродефіцитного рухомого складу – універсальних піввагонів, середній вік яких склав 18 років при терміні служби 22 роки і обкотишовозів (14,8 і 15 років відповідно), нафтобензинових цистерн (23 та 32 років відповідно) [1, 2].

Щоб уникнути дефіциту цих типів вагонів через списання за нормативним терміном експлуатації, необхідно розгорнути роботи з їх технічного обстеження та подовження терміну експлуатації, у тому числі закупівлі вагонів нового покоління.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою роботи є аналіз

відчеплень вагонів через технічні несправності. Виконано порівняльну оцінку міцності серійної конструкції циліндричного буксового вузла та циліндричного буксового підшипника зі зміненою геометрією роликів.

Основна частина дослідження. За останні три роки на Південній залізниці відбулося 256 випадків відчеплення вагонів через технічні несправності [2] (таблиця).

Аналізуючи ці дані можна сказати, що близько 25 % припадає на несправність гальм, 17 % – кузова, 11 % – візків і 2 % – колісних пар, а найбільшу частку – близько 37 % складають буксові вузли (рис. 2).

Таблиця

Відчеплення вагонів через технічні несправності на Південній залізниці за період 2012-2014 рр.

Вид несправності	2012	2013	2014	Разом
несправність буксового вузла	33	33	29	95
несправність гальм	15	27	23	65
несправність колісних пар	3	0	1	4
несправність кузова	16	14	14	44
несправність візків	11	9	8	28
інші несправності	13	3	4	20
Всього	91	86	79	256



Рис. 2. Діаграма відчеплень вагонів за різними типами несправностей

Причини низької надійності роликів букс неодноразово аналізувалися в дослідженнях різних авторів [3, 7, 8]. Встановлено, що це пов'язано, головним чином, з конструктивними особливостями ходових частин вантажних вагонів і наявністю

навантажень, які діють під час руху поїзда. Тому питання удосконалення конструкції буксових вузлів є актуальними.

Слід зазначити, що переважна більшість досліджень, присвячених проблемам підвищення надійності буксових вузлів з

циліндричними роликовими підшипниками, сконцентрована на питаннях удосконалення конструкції підшипників [4, 5].

Питання оптимізації циліндричних підшипників, які сприймають осьове навантаження тертям кочення торців роликів о борт кільця, залишилися поза увагою дослідників [9, 10]. Тому одним зі шляхів підвищення надійності буксового вузла з циліндричними підшипниками є розроблення розрахункових моделей з наступним аналізом напружено-деформованого стану підшипника. Це обумовлено тим, що максимальна концентрація контактних напружень має місце в зоні контакту ролика з доріжкою кільця біля торців роликів.

Одним з можливих шляхів вирішення зазначеного завдання є виконання твірної ролика криволінійною.

Для поставленого завдання була виконана порівняльна оцінка міцності серійної конструкції буксового вузла та циліндричного буксового підшипника зі зміненою геометрією роликів.

Моделювання роботи здійснювалося в такий спосіб. На першому етапі засобами препроцесора ANSYS будувалася геометрична модель, що має складну просторову форму (рис. 3).

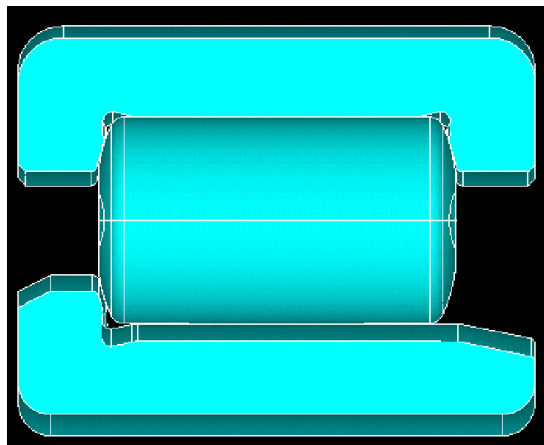


Рис. 3. Геометрична модель ролика при взаємодії з зовнішнім і внутрішнім кільцем підшипника

На другому етапі для проведення досліджень напружено-деформованого стану підшипникового вузла вантажного вагона і виконання етапів математичного моделювання

фізичного процесу взаємодії елементів букси, використовувався метод скінчених елементів, який дозволяє визначити напружено-деформований стан конструкції будь-якої складності незалежно від геометрії, граничних умов, матеріалу і зовнішніх впливів. Геометрична модель розбивалася на скінчені елементи типу SOLID95.

Вертикальне навантаження моделювалося шляхом прикладення сили діючої по нормалі у верхніх приливах підшипникового вузла (рис. 4).

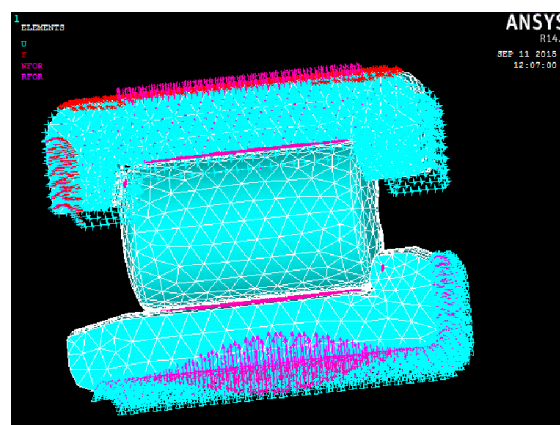


Рис. 4. Схема прикладення навантаження

Величини діючих навантажень розраховувалися виходячи з умов повного використання вантажопідйомності:

- маса, що припадає на один буксовий вузол, залежить від маси тари та вантажопідйомності;

- величина динамічних навантажень залежить від швидкості руху та гнучкості ресорного підвішування.

Кількість скінчених елементів, на які розбивалася геометрична модель, обиралася залежно від співвідношення швидкості розрахунків точність отримання результатів.

Для визначення максимального навантаження, що діє на найбільш завантажений ролик, використовувалась відома формула Штрибека:

$$N = \frac{4,6 \times P}{n}, \quad (1)$$

де P – еквівалентне навантаження на підшипниковий вузол;

n – кількість роликів в одному підшипниковому вузлу.

$$N = \frac{4,6 \cdot 16,4}{24} = 3,14 \text{ кН}.$$

Отримана залежність розподілення контактного тиску вздовж твірної ролика заднього підшипника при паралельному розташуванні осей ролика та кільця наведена на рис. 5.

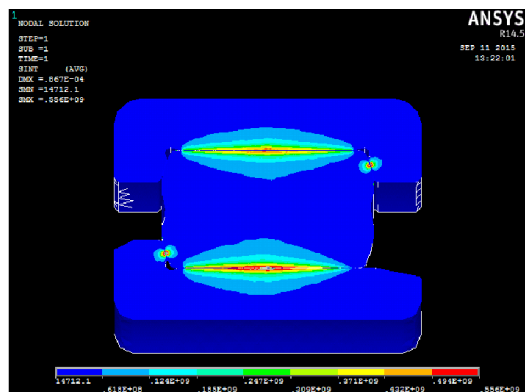


Рис. 5. Максимальні напруження, які виникають вздовж твірної ролика і кільця заднього підшипника буксового вузла

Очевидно, що розподілення контактних напружень уздовж твірної змінилося. Максимальні контактні напруження діють в середині ролика та їх величина досягає 500 МПа, тобто змінена геометрія роликів дозволяє зменшити контактні напруження.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. За допомогою методу скінчених елементів сформовано розрахункову модель для дослідження напруженого стану елементів буксових вузлів з циліндричним підшипником, яка відрізняється від існуючих використанням для моделювання об'ємних тривимірних скінчених елементів у вигляді криволінійного тетраедра.

Проведено дослідження напружено-деформованого стану елементів буксового підшипникового вузла. Встановлено, що виконання твірної роликів у вигляді дуги дозволяє зменшити максимальні контактні напруження до 500 МПа.

Список використаних джерел

1. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу [Текст] // державна адміністрація залізничного транспорту України „Укрзалізниця”. – К., 2006. – 233 с.
2. Аналіз стану безпеки руху поїздів на залізницях України „Укрзалізниця” [Текст]. – К., 2014. – 34 с.
3. Мартинов, І.Е. Моделювання роботи буксових роликопідшипників [Текст] // І.Е. Мартинов, А.В. Труфанова, Д.О. Шамшей // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 76. – С. 200-205.
4. Мельниченко, Ю.Д. Методика расчета напряженного состояния корпуса буксы [Текст] / Ю.Д. Мельниченко // Рукопись депонирования в ЦНИИ ТЭИ МПС, № 2728. – М.: МИИТ Д1984. – 54 с.
5. Мартынов, И.Э. Анализ опыта эксплуатации цилиндрических роликоподшипников букс грузовых вагонов [Текст] / И.Э. Мартынов // Вісник Східноукраїнського державного університету. – Луганськ, 2000. – № 5 (27). – С. 157-159.
6. Гаврилюк, А.Ф. Пути повышения безопасности движения в вагонном хозяйстве [Текст] / А.Ф. Гаврилюк, Н.Е. Вещева, И.Э. Мартынов [и др.] // Восточно-украинский журнал передовых технологий. – 2003. – № 5. – С. 30-32.
7. Мартынов, И.Э. К проблеме совершенствования подшипникового узла вагонов [Текст] / И.Э. Мартынов, А.П. Горбенко, А.В. Донченко // Залізничний транспорт України. – 1999. – № 6. – С. 39-42.
8. Мартинов, І.Е. Технічний стан буксових роликопідшипників вантажних вагонів [Текст] / І.Е. Мартинов // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – Вип. 41. – С. 38-42.
9. Мартынов, И.Э. Анализ надежности буксовых узлов грузовых вагонов с подшипниками качения [Текст] / А.В. Донченко, И.Э. Мартынов, А.В. Труфанова // Безопасность движения поездов: труды IV науч.-практ. конф. – Москва, 2003. – С. IV.28–IV.29.

10. Цюренко, В.Н. Надежность роликовых подшипников в бунках вагонов [Текст] / В.Н. Цюренко, В.А. Петров. – М.: Транспорт, 1982. – 96 с.

Мартинів Ігор Ернстович, д-р техн. наук, професор, кафедра вагонів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@rambler.ru.

Труфанова Альона Володимирівна, канд. техн. наук, доцент, кафедра вагонів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-36. E-mail: alena.hiit@rambler.ru.

Кравченко Сергій, магістрант, Український державний університет залізничного транспорту. Тел. (093)2721927.

Мельникова Олена, магістрант ІППК, Український державний університет залізничного транспорту.

Хом'як Іван, магістрант, Український державний університет залізничного транспорту. Тел. 099-0495574.

Martynov Igor Ernstovich, doct. of techn. sciences, professor of faculty of wagons Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@rambler.ru.

Trufanova Alena Volodymyrivna, cand. of techn. sciences, lecturer of faculty of wagons Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: alena.hiit@rambler.ru.

Kravchenko Sergi, masterstudent, Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (093)2721927.

Melnikova, masterstudent, Ukraine State University of Railway Transport. (093)2721927.

Homyak Ivan, masterstudent, Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: 099-0495574.

Наукова праця здана до друку 21.09.2015 р.