

УДК 621.822

С. С. ГУТИРЯ, А. В. ГАЙДАКА

МЕТОДОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

Запропоновано та практично опрацьовано методологію моделювання показників технічного рівня роликів підшипників у складі букс рейкового транспорту (РПБРТ), що включає системну ієрархічну модель комплексного показника технічного рівня підшипника, обґрунтування номенклатури одиничних і комплексних показників якості РПБРТ та оригінальні методики їх розрахунків, удосконалені методи випробувань модернізованих конструкцій. За результатами моделювання визначено системний показник технічного рівня для базової конструкції РПБРТ, виявлено наявні резерви її вдосконалення за показниками вантажності, внутрішньої динаміки та енергетичної ефективності та забезпечено підвищення системного показника технічного рівня модернізованих конструкцій РПБРТ шляхом запровадження низки інноваційних конструктивних і технологічних рішень.

Ключові слова: роликівий циліндричний підшипник, сепаратор, статика, кінематика, динаміка, вантажність, надійність, показники якості, модель технічного рівня.

Предложено и апробировано методологию моделирования показателей технического уровня роликовых подшипников в составе букс рельсового транспорта (РПБРТ), включающая системную иерархическую модель показателя технического уровня подшипника, обоснование номенклатуры единичных показателей качества РПБРТ и оригинальные методики их расчетов, а также усовершенствованные методы испытаний модернизированных конструкций. По результатам моделирования определен системный показатель технического уровня для базовой конструкции РПБРТ, установлено резервы совершенствования по показателям грузоподъемности, внутренней динамики и энергетической эффективности, обеспечено повышение системного показателя технического уровня модернизированных конструкций РПБРТ путем внедрения ряда инновационных конструктивных и технологических решений.

Ключевые слова: роликівий циліндричний підшипник, сепаратор, статика, кінематика, динаміка, грузоподъемность, надежность, показатели качества, модель технического уровня.

It is offered and approved methodology of modeling of indicators of a technical level of roller bearings as a part of axle boxes of rail transport (R BABRT), including system hierarchical model of a complex indicator of a technical level of the bearing, justification of the nomenclature of single indicators of quality and original techniques of their calculations, and also advanced test methods of the modernized designs. By results of modeling the system indicator of a technological level for a basic design of RPBRT is defined, is established improvement reserves on indicators of loading capacity, internal dynamics and power efficiency, increase of a system indicator of a technical level of the modernized RPBRT designs by introduction of a number of innovative constructive and technological solutions is provided. On the example of roller cylindrical bearings as a part of axle boxes cargo and sleeping-cars efficiency of numerical display of indicators of quality of the main structural and functional office properties of rolling bearings is proved, that allows to consider known and new designs, details and their elements as subsystems of the multiple-purpose hierarchical model which is based on the uniform principles, axioms, hypotheses.

Keywords: cylindrical roller bearing, separator, statics, kinematics, dynamics, capacity, reliability, quality indicators, technical level model.

Вступ. Актуальність задачі. У практиці машинобудування дотепер відсутня методологія аналізу якості проектування і модернізації підшипників кочення, що ускладнює обґрунтований вибір ефективних технічних рішень відповідно до комплексних вимог споживачів [1]. Стосовно серійних циліндричних роликівих підшипників у складі букс вантажних і пасажирських вагонів рішення проблеми ускладнюється відсутністю комплексних досліджень основних характеристик їх якості, зокрема з урахуванням впливу кількості тіл кочення, конструкції сепаратора, температурного режиму тощо [2–4].

Встановлено, що розробка методології аналізу якості проектування і модернізації роликівих підшипників букс рейкового транспорту (РПБРТ) потребує реалізації наступних етапів:

- обґрунтування системної методології відображення множини показників якості конструкції РПБРТ на етапах проектування і модернізації;
- уточнення відомих методів розрахунків і випробувань роликівих підшипників на базі удосконалених та нових моделей взаємодії деталей та елементів РПБРТ;
- експериментального підтвердження ефективності нових конструктивних і технологічних рішень, а також натурних випробувань РПБРТ у складі колісних пар вантажних та швидкісних пасажирських потягів.

Мета дослідження – розробити методологію системного моделювання показників технічного рівня підшипників кочення, обґрунтувати та підтвердити ефе-

ктивність запропонованих конструктивних і технологічних рішень на прикладах модернізації серійних конструкцій РПБРТ.

Основна частина. У сучасній практиці проектування та досліджень опорних вузлів рейкового транспорту прийнято буксу розглядати як відкриту механічну систему, до складу якої входять корпус, кришка, два підшипники, цапфа осі та ущільнення (рис. 1), що взаємодіють з оточуючим середовищем. Застосування до конструкцій РПБРТ методу структурно-функціонального аналізу (СФА) забезпечує можливість встановлення та дослідження функціональних залежностей енергетичних витрат, зносу деталей та елементів підшипника, показників надійності експлуатації тощо з урахуванням особливостей конструкцій, умов експлуатації тощо лише за умови більш поглибленого системного моделювання.

Запропоновано до аналізу ієрархічну багаторівневу модель РПБРТ, що складається з наступних підсистем, пронумерованих у порядку поглиблення моделі: "підшипник" – підсистема першого рівня; "сполучення деталей підшипника" (сепаратор-ролики) – другий рівень; "деталі підшипника" (сепаратор, кільця) – третій і четвертий рівні; "слабкий елемент підшипника" (доріжка кочення) – п'ятий рівень.

На основі СФА типових конструкцій РПБРТ, статистичного аналізу вимог споживачів [5, 6], стандартів [7, 8], каталогів фірм-виробників [9], патентів [10, 11],

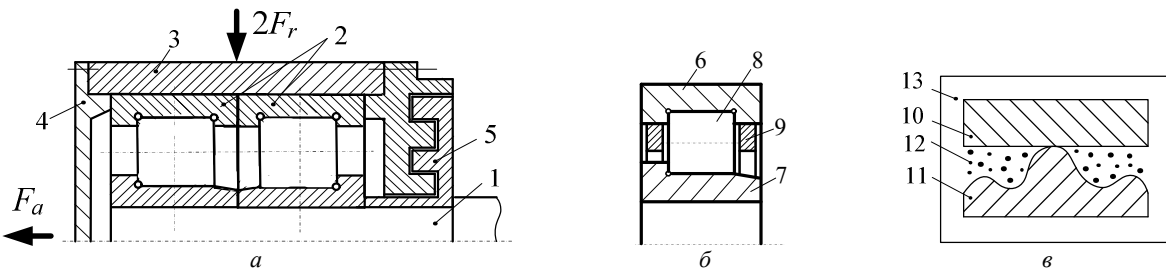


Рис. 1 – Складові моделі СФА конструкцій РПБРТ: а, б – структурні схеми букси та підшипника; в – схема контактної взаємодії при терті деталей
(1 – колісна вісь; 2 – підшипники; 3 – корпус букси; 4 – кришка; 5 – ущільнення; 6 – зовнішнє кільце; 7 – внутрішнє кільце; 8 – тіло кочення; 9 – сепаратор; 10, 11 – поверхні тертя деталей; 12 – мастило; 13 – оточуюче середовище)

а також за результатами наукових досліджень, обґрунтовано номенклатуру основних службових властивостей та відповідних взаємопов'язаних показників якості, що формують і з достатньою повнотою чисельно відображують технічний рівень конструкції. Це дозволило побудувати системну ієрархічну модель комплексного показника технічного рівня, що включає 15 нормованих диференціальних показників якості (рис. 2). Незалежними за перевагою для споживача показниками якості системи РПБРТ, що достатньо повно відображу-

ють службові властивості конструкції, прийнято: вантажність q_1 , енергетичну ефективність q_2 , надійність q_3 , кінематичну досконалість q_4 , внутрішню динаміку q_5 . Для розрахунку найбільш поширених на практиці диференціальних показників якості серійних підшипників кочення, а саме: динамічної радіальної вантажності q_{11} , ймовірності безвідмовної роботи за контактною втомою одного q_{32} та пари q_{33} підшипників застосовано методики та рекомендації ISO 281:2007.



Рис. 2 – Схема системної моделі показника технічного рівня РПБРТ
(q_i, q_{ij} – групові та диференціальні нормовані показники якості, $i, j = \overline{1, 5}$)

Методологія моделювання показників технічного рівня підшипників кочення, яку практично опрацьовано на прикладі аналізу якості проектування і модернізації конструкцій РПБРТ, включає наступні методи, методики, моделі: структурно-функціонального аналізу (СФА) [12]; обґрунтування номенклатури основних службових властивостей та відповідних взаємопов'язаних показників якості РПБРТ [12]; системного моделювання показників технічного рівня РПБРТ [12]; статичного розподілу зовнішнього радіального навантаження [13]; статичного розподілу зовнішнього осьового навантаження [14]; кінематики й динаміки елементів системи РПБРТ [15]; визначення коефіцієнту навантаження сепаратора [16]; визначення втомної міцності

сепаратора [17]; оцінювання показників теплоутворення РПБРТ з урахуванням конструкції сепаратора [17]; розрахунків показників надійності РПБРТ [18]; призначення параметрів випробувань сепаратора на циклічну міцність та зношування [19, 20]; пришвидшених випробувань сепаратора [21] (рис. 3).

Визначення диференціальних нормованих показників якості на кожному з рівнів ієрархічної моделі, а саме: моментів опору обертання сепаратора q_{21} і підшипника q_{22} , ймовірності безвідмовної роботи за втомою сепаратора q_{31} , швидкості руху сепаратора відносно роликів q_{42} , тривалості удару q_{43} і ковзання роликів q_{44} , коефіцієнта навантаження сепаратора q_{51} , коефіцієнту радіального навантаження центрального ролика q_{52} і

навантаження бігових доріжок кілець q_{53} , коефіцієнтів навантаження центрального ролика q_{54} і перемичок сепаратора q_{55} складає необхідну інформаційну основу

розробленої системної методології і потребує цільових досліджень.

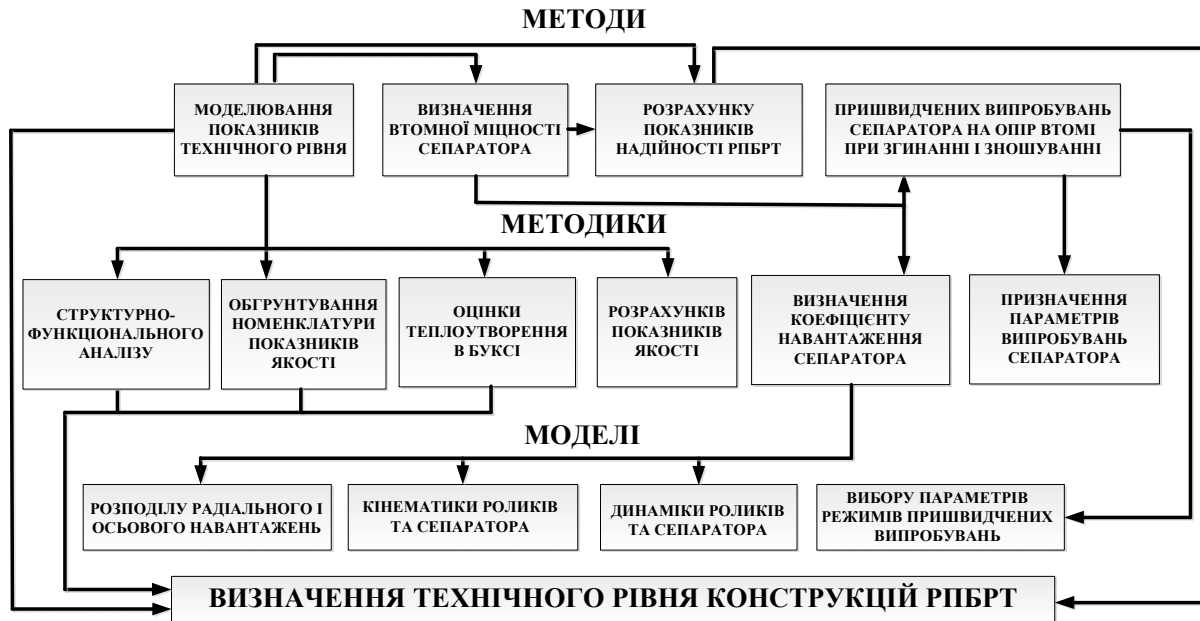


Рис. 3 – Структурно-логічна схема методології моделювання показників технічного рівня РПБРТ

Результати досліджень [12–22] застосовано для систематизації та визначення за відповідними розрахунковими залежностями основних показників якості службових властивостей РПБРТ базової (серійної) і модернізованої конструкцій, призначених для колісних пар вантажних і пасажирських вагонів вітчизняного виробництва.

За результатами моделювання визначено системний показник технічного рівня $U = 0,44$ для базової конструкції РПБРТ (рис. 4, а), виявлено наявні резерви її вдосконалення за показниками вантажності, внутрішньої динаміки та енергетичної ефективності та забезпечено підвищення системного показника технічного рівня модернізованих конструкцій РПБРТ на 20,5 % (б), шляхом запровадження низки наступних конструктивних і технологічних рішень:

- збільшенням кількості роликів з 14 до 16, що підвищує розрахункові динамічну вантажність і ресурс підшипників відповідно на 10,5 % та 19 %;

- покращенням внутрішньої динаміки підшипників з удосконаленням сепаратором завдяки зменшенню на 9...12 % діючих навантажень, що підвищує розрахункові показники надійності сепаратора у складі РПБРТ пасажирських і вантажних вагонів відповідно на 20...40 % та 50...80 %;

- заміною латунного матеріалу на полімерний в конструкції сепаратора з утримуючими мастило канавками на поверхнях тертя, що стабілізує розрахунковий температурний режим роботи підшипників у складі РПБРТ швидкісних (до 250 км/год) пасажирських потягів.

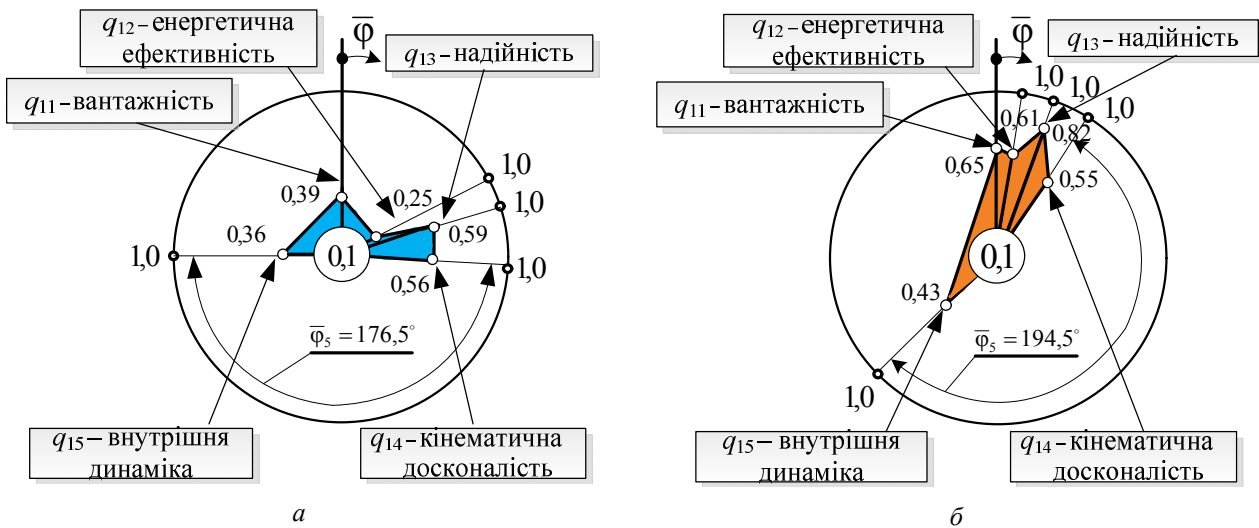


Рис. 4 – "Павутини якості" для конструкцій РПБРТ: а – базової; б – модернізованої

($\bar{\varphi}_i$ – центральний кут, що визначається за результатами системного моделювання і відповідає вагомості i -го показника якості)

За результатами лабораторних досліджень напружено-деформованого стану і старіння модернізованих конструкцій підшипників 30-42726E2M та 30-232726E2M з полімерним сепаратором з арматурою ПА СВ 30-1ETM при температурах від -60 до $+120$ °C в середовищі води і мастила підтверджено 15-річний ресурс їх надійної експлуатації у складі РПБРТ колісних пар вантажних вагонів [23].

Натурні випробування РПБРТ з модернізованими конструкціями підшипників (мастило ЛЗ-ЦНП) у складі однієї колісної пари пасажирського вагона потягу Харків-Одеса з контрольним вимірюванням температури термпарою "хромель-копель" підтвердили меншу на 10...40 % середню теплову напруженість модернізованих конструкцій у порівнянні з серійними аналогами. За результатами експлуатаційних ресурсних випробувань РПБРТ вантажних вагонів (хопер-дозаторів) з модернізованими конструкціями підшипників отримано дозвіл Укрзалізниці на їх застосування без обмежень в буксах вантажних вагонів на території України.

Висновки. Подальший розвиток і застосування отримав системний метод аналізу та управління технічним рівнем наукоємної серійної продукції машинобудування на етапах проектування і модернізації. На прикладі конструкцій РПБРТ у складі колісних пар вантажних і пасажирських вагонів підтверджено ефективність чисельного відображення показників якості основних структурних і функціональних службових властивостей підшипників, що дозволяє розглядати відомі і нові структури, конструкції, деталі, елементи деталей як складові єдиної універсальної системи моделей, що базується на єдиних принципах, аксіомах, гіпотезах [22, 24–27].

Список літератури

- Harris T. Rolling bearing analysis. – New York. – 2006. – 481 p.
- Takuya O. High Load Capacity Cylindrical Roller Bearings / O. Takuya // NTN TECHNICAL REVIEW. – 2006. – № 74. – P. 90–95.
- Takashi T. High Capacity Tapered Roller Bearings / T. Takashi, J. Mochizuki // NTN TECHNICAL REVIEW. – 2005. – № 73. – P. 30–39.
- Гайдамака А. В. Роликотподшипники букс вагонів і локомотивов: моделювання і удосконалення / А. В. Гайдамака. – Х.: Изд-во "Курсор", 2011. – 320 с.
- Мельничук В. А. К вопросу повышения надёжности буксовых узлов с подшипниками качения / В. А. Мельничук, А. В. Донченко, И. Э. Мартынов // Залізничний транспорт України. – 2006. – № 2. – С. 17–19.
- Морчиладзе И. Г. Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов. / И. Г. Морчиладзе, А. М. Соколов // Железные дороги мира. – 2006. – № 10. – С. 8–13.
- ГОСТ 4.479-87. Система показателей качества продукции. Подшипники качения. Номенклатура показателей. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 11 с.
- ГОСТ 23.205-79. Обеспечение износостойкости изделий. Ускоренные ресурсные испытания с периодическим форсированием режима. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 12 с.
- SKF General Catalogue 5000 E, June. – 2003.
- Пат. України 50088, МПК F 16C 19/00. Роликотподшипник циліндричний / А. В. Гайдамака (Україна). – № u200912208. Заявл. 27.11.2009. Опубл. 25.05.2010. – Бюл. № 10. – 2 с.
- Пат. України 91168, МПК F 16C 33/58. Циліндричний роликотподшипник максимальної вантажності в межах заданого габариту з полімерним сепаратором цільної конструкції / А. В. Гайдамака (Україна). – № u201400214. Заявл. 13.01.2014. Опубл. 25.06.2014. – Бюл. № 12. – 3 с.
- Gaydamaka A. V. Qualitative modeling of indicators the technical level of roller bearings axle boxes for cars / A. V. Gaydamaka,

- V. P. Yaglynski // VIII International Conference "Science and Education" – Munich, 2015. – P. 324–331.
- Гайдамака А. В. Распределение радиальной нагрузки между телами качения однорядного радиального подшипника: учёт углов контакта, радиального зазора, изгиба колец / А. В. Гайдамака // Вісник НТУ "ХПІ". – 2014. – № 6 (1049). – С. 35–41.
- Гайдамака А. В. Распределение осевой нагрузки между цилиндрическими роликами радиального подшипника / А. В. Гайдамака // Вісник НТУ "ХПІ". – 2014. – № 18 (1061). – С. 39–44.
- Гайдамака А. В. Модели кинематики и динамики цилиндрических роликовых подшипников железнодорожного транспорта / А. В. Гайдамака // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2014. – Вип. 3 (51). – С. 100–108.
- Гайдамака А. В. Коэффициент нагрузки в расчёте сепаратора роликоподшипников на прочность / А. В. Гайдамака // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2/7 (68). – С. 4–7.
- Гайдамака А. В. Метод расчёта сепаратора роликоподшипников рельсового транспорта на прочность при циклическом нагружении / А. В. Гайдамака // Вестник машиностроения. – № 10. – 2015. – С. 64–72.
- Гайдамака А. В. Вероятность безотказной работы подшипников качения с учётом сепаратора / А. В. Гайдамака // Сб. трудов "Трибология и надёжность". – Санкт-Петербург, 2014. – С. 290–297.
- Божко А. Е. Метод испытаний сепараторов роликовых подшипников на циклическую прочность / А. Е. Божко, А. И. Федоров, В. И. Ляшенко, О. Ф. Полищук, А. В. Гайдамака // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2005. – № 4. – С. 74–76.
- Гайдамака А. В. Оптимізація числа мастилоутримуючих канавок поверхню тертя склополіамідного сепаратора з базуючим кільцем роликотподшипників типу 2726 / А. В. Гайдамака, В. Ю. Алейченко, М. Г. Ревлюк, С. А. Кеба // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 114. – С. 70–74.
- Гайдамака А. В. Випробування на знос деталей роликотподшипників для важких режимів експлуатації. Підвищення зносостійкості / А. В. Гайдамака // Проблеми трибології. – 2011. – № 3. – С. 52–59.
- Gutyrya S. S. System Model of a Technical Level of Rolling Bearings / S. S. Gutyrya, V. P. Yaglynski, A. V. Gaydamaka // British Journal of Applied Science & Technology. – 13(2), 2016. – P. 1–8.
- Єгорова І. М. Удосконалення буксових роликотподшипників вантажних вагонів шляхом застосування сепаратора зі склополіаміду: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / І. М. Єгорова. – Харків, 2001. – 19 с.
- Заблонский К. И. Системная квалиметрия – фундаментальная теория оптимального проектирования / К. Заблонский, С. Гутья // Proc. International Conf. "Situation and perspective of research and development in chemical and mechanical industry". – Book 1. – Krusevac (Yugoslavia): IGUR "GRAFOSTIL". – 2001. – С. 460–466.
- Гутья С. С. Управление техническим уровнем передач зацеплением на основе системной квалиметрической модели / С. С. Гутья // Труды Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2001. – Вып. 2(14). – С. 36–39.
- Гутья С. С. Системное моделирование качества механизмов и машин / С. С. Гутья // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2003. – Вып. 2 (20). – С. 14–21.
- Gutyrya S. S. System Modeling of Gears Design Quality / S. S. Gutyrya, K. Zablonsky, V. Yaglynski // International Conference on Gears. VDI-Berichte 1904.1. – ISBN 3-18-091904-3. – Dusseldorf: VDI Verlag GmbH, 2005. – P. 417–434.

References (transliterated)

- Harris, T. A. *Rolling bearing analysis*. New York: 2006. Print.
- Osui, T. "High Load Capacity Cylindrical Roller Bearings". *NTN Technical Review* 74 (2006): 90–95. Print.
- Tsujimoto, T. and J. Mochizuki. "High Capacity Tapered Roller Bearings". *NTN Technical Review* 73 (2005): 30–39. Print.
- Gaydamaka, A.V. *Ролікові підшипники букс вагонів і локомотивов: моделювання і удосконалення*. Kharkov: Cursor, 2011. Print.
- Melnichuk, V. A., A. V. Demchenko and I. E. Martynov. "K voprosy povysheniya nadioznosti byksovoykh uzlov s podchpnikami kachenija". *Zaluznichnyy transport Ukraine* 2 (2006): 17–19. Print.
- Morchiladze, I. G. and A. M. Sokolov. "Sovershenstvovanie i modernizatsiya byksovih uzlov vagonov". *Zaluznichnyy transport mira*. 10 (2006): 8–13. Print.
- GOST 4.479–87. *Sistema pokazateley kachestva prodykzii. Rolikovi pidshpyniki. Nomenklatura pokazateley*. Moscow: Standarti, 1987. Print.

8. GOST 23.205-79. *Obespechenie iznosostoykosti izdelija. Uskorenye resursnie ispitaniya*. Moscow: Standarti, 1979. Print.
9. SKF General Catalogue 5000 E, June. New York: 2003. Print.
10. Pat. Ukraine 50088, МПК F 16C 19/00. *Rolikopidshipnik tsilindrichny*. Gaydamaka, A. V. Kyiv: Derzhpatent Ukrainy 10 (2014). Print.
11. Pat. Ukraine 91168, МПК F 16C 33/58. *Tsilindrichny rolikopodshipnik maksimalnoi v predelah zadanogo gabarita*. Gaydamaka, A. V. Kyiv: Derzhpatent Ukrainy 12 (2014). Print.
12. Gaydamaka, A. V. and V. P. Yaglynski "Qualitative modeling of indicators the technical level of roller bearings axle boxes for cars". *Science and Education*. (2015): 324–331. Print.
13. Gaydamaka, A. V. "Raspredelenie radialnoj nagruzki mezhdu telami kachenija odnorjadnogo radialnogo podshipnika: uchet uglov kontakta, radialnogo zazora, izgiba kolets". *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 6. 2014. 35–41. Print.
14. Gaydamaka, A. V. "Raspredelenie osevoj nagruzki mezhdu tsilindricheskimi rolkami radialnogo podshipnika". *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 18. 2014. 39–44. Print.
15. Gaydamaka, A. V. "Modeli kinematiki i dinamiki tsilindrichnih rolikopodshipnikov zaliznichnogo transporta". *Visnyk Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp.* No. 3. 2014. 100–108. Print.
16. Gaydamaka, A. V. "Koeffitsient nagruzki v raschete separatora rolikopodshipnikov na prochnost". *Shidno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij* 2.7 (2014): 4–7. Print.
17. Gaydamaka, A. V. "Metod rascheta separatora rolikopodshipnikov relsovogo transporta na prochnost pri tsiklicheskoj nagruzki". *Visnyk mashinostroenija* 10. (2015): 64–72. Print.
18. Gaydamaka, A. V. "Veroyatnost bezotkaznoy raboty podshipnikov kachenija s uchetom separatora". *Trudy mezhdunar. konf. "Tribologija i nadezhnost"*. St. Petersburg: 2014. 290–297. Print.
19. Bozhko, A. E., A. I. Fedorov, V. I. Lyashenko, O. F. Polishchuk and A. V. Gaydamaka "Metod ispitaniya separatorov rolikopodshipnikov na tsiklicheskuju prochnost". *Oborudovanie i instrument dlja professionalov* 4 (2005): 74–76. Print.
20. Gaydamaka, A. V., V. Y. Alefirenko, M. G. Pavlyuk and Ye. A. Keba "Optimizatsija chisla mastiloytrumyuchih kanavok poverhon tertja sklopoliamidnogo separatora z bazuychim kiltsem rolikopodshipnikov 2726". *Zbirnik. nauk. prats YkrDAZT*. – No. 114. 2010. 70–74. Print.
21. Gaydamaka, A. V. "Vuprobuvannya na znos detaley rolikopodshipnikov u vaghkukh reghimah ekspluatatsii. Pidvushennja znosostiykosti". *Problemi tribologii* 3 (2011): 52–59. Print.
22. Gutyrya, S. S., V. P. Yaglynski and A. V. Gaydamaka "System Model of a Technical Level of Rolling Bearings". *British Journal of Applied Science & Technology* 13.2 (2016): 1–8. Print.
23. Yegorova I. M. *Udoskonalennja buksovych rolikopodshipnikov vantaghyh vagoniv shljahom zastosuvannya separatora zi sklopoliamidu*. Avtores. dys. na zdobuttja nauk. stupenja k-ta tehn. nauk. Kharkiv: 2001. Print.
24. Zablonsky, K. I. and S. S. Gutyrya "Sistemnaja kvalimetrija – fundamentalnaja teorija optimalnogo proektirovaniya". *Proc. International Conf. "Situation and perspective of research and development in chemical and mechanical industry"*. Vol. 1. Krusevac: (2001): 460–466. Print.
25. Gutyrya, S. S. "Upravlenie technicheskim urovnem peredach zatsepleniem na osnovе sistemnoy kvalimetricheskoj modeli". *Trudy Odes. Politekhnich. un-ta* 2.14 (2001): 36–39. Print.
26. Gutyrya, S. S. "Sistemnoe modelirovanie kachestva mehanizmov i mashin". *Trudy Odes. Politekhnich. un-ta* 2.20. (2003): 14–21. Print.
27. Gutyrya, S. S., K. I. Zablonsky and V. P. Yaglynski "System Modeling of Gears Design Quality". *International Conference on Gears. VDI-Berichte* 1904.1. Dusseldorf: 2005. 417–434. Print.

Поступила (received) 05.05.2014

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Методологія системного моделювання показників технічного рівня підшипників кочення / С. С. Гутыря, А. В. Гайдамака // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – X. : НТУ "ХПІ", 2016. – № 23 (1195). – С. 24–28. – Бібліогр.: 27 назв. – ISSN 2079-0791.

Методологія системного моделювання показателів технічного рівня підшипників качення / С. С. Гутыря, А. В. Гайдамака // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – X. : НТУ "ХПІ", 2016. – № 23 (1195). – С. 24–28. – Библиогр.: 27 назв. – ISSN 2079-0791.

Methodology of system simulation performance technical level of rolling bearings / S. S. Gutyrya, A. V. Gaydamaka // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Problem of mechanical drive. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2016. – No. 23 (1195). – P. 24–28. – Bibliogr.: 27. – ISSN 2079-0791.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гутыря Сергій Семенович – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, професор кафедри "Машинознавство і деталі машин"; тел.: (066) 735-87-65; e-mail: sergut@bk.ru.

Гутыря Сергей Семенович – доктор технических наук, профессор, Одесский национальный политехнический университет, профессор кафедры "Машиноведение и детали машин"; тел.: (066) 735-87-65; e-mail: sergut@bk.ru.

Gutyrya Sergiy Semenovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Odessa National Polytechnic University, Professor at the Department of "Engineering science and machine elements"; tel.: (066) 735-87-65; e-mail: sergut@bk.ru.

Гайдамака Анатолій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", завідувач кафедри "Деталі машин та прикладна механіка"; тел.: (066) 510-21-80; e-mail: gaydamaka_av@mail.ua.

Гайдамака Анатолий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", заведующий кафедры "Детали машин и прикладная механика"; тел.: (066) 510-21-80; e-mail: gaydamaka_av@mail.ua.

Gaydamaka Anatoly Volodymyrovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Head of the Department of "Machine elements and applied mechanics"; tel.: (066) 510-21-80, e-mail: gaydamaka_av@mail.ua.