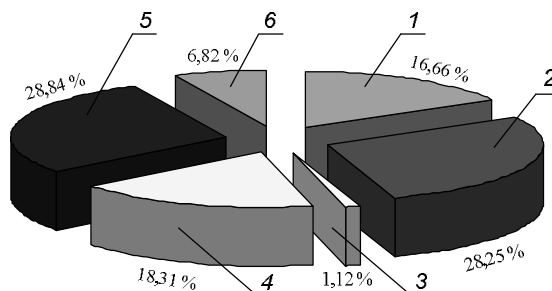


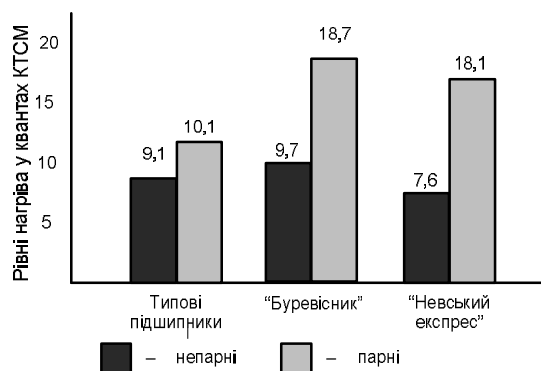
Гайдамака А.В.Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут",
м. Харків, Україна**ВИПРОБУВАННЯ НА ЗНОС ДЕТАЛЕЙ
РОЛИКОПІДШИПНИКІВ ВАЖКИХ
РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.
1. СПОСОБИ ТА ОБЛАДНАННЯ****Актуальність проблеми**

Для роликотідшипників важких режимів експлуатації характерні значні радіальні $F_r \geq 0,1 C_r$ (C_r – динамічна вантажність) та осьові $F_a \leq F_r$ сили, частоти обертання $n \leq 0,3 n_{гран}$ ($n_{гран}$ – гранична каталожна частота), прискорення вузла $a \leq 50 g$ (g – прискорення вільного падіння), висока забрудненість середовища, та інші фактори [1]. До цієї групи підшипників відносять циліндричні, сферичні, конічні однорядні та дворядні конічні роликотідшипники буксових вузлів колісних пар залізничних вагонів та локомотивів. Найбільш масові – циліндричні роликотідшипники букс колісних пар вагонів мають недостатню надійність [2], особливо, за критерієм зносостійкості (рис. 1).

**Рис. 1 – Розподіл пошкоджень роликотідшипників типу 2726:**

1 – втомні пошкодження кілець та роликів; 2 – корозійні пошкодження кілець та роликів;
3 – тріщини кілець та роликів; 4 – знос та порушення розчеханки латунного сепаратора;
5 – знос торців роликів та бортів кілець; 6 – інші пошкодження

Дослідні дворядні конічні роликотідшипники, які встановлюють останнім часом у буксових вузлах колісних пар вантажних вагонів Укрзалізниці виявились також далекі від досконалих через підвищене нагрівання в експлуатації в порівнянні навіть з типовими однорядними циліндричними. Аналогічні проблеми виникають і в російських залізничних вагонах [3], що обладнані дворядними конічними роликотідшипниками (рис. 2).

**Рис. 2 – Середні значення рівневої нагрівання за показниками КТСМ-01 буксових вузлів пасажирських вагонів російських залізниць на парних та непарних вісях з типовими однорядними циліндричними та дослідними двоходними конічними роликотідшипниками**

Зменшення тепловиділення та підвищення зносостійкості роликотідшипників буксових вузлів колісних пар залізничних вагонів та локомотивів можливе шляхом вдосконалення конструкції їх деталей на основі дослідження працездатності. Основним видом дослідження працездатності підшипників кочення є стендові випробування [4]. Однак застарілі методи та обладнання для стендових випробувань буксових роликотідшипників, що використовують залізничники майже півстоліття без суттєвих змін [5], не дозволяють вирішити в повній мірі проблему вдосконалення їх конструкції як в Росії, так і в Україні. В цих умовах створення вітчизняних ефективних методів та обладнання для випробування на знос деталей буксових роликотідшипників колісних пар вагонів та локомотивів є актуальним і назрілим для безпеки руху на залізничному транспорті.

Аналіз досліджень

Випробування на знос деталей машин, згідно з [6 - 9], виконують поетапно: лабораторне випробування матеріалів, стендові випробування вузла, експлуатаційні випробування вузла в машині. Випробування підшипників кочення виконують на стендах та безпосередньо у вузлах машин з метою визначення їх ресурсу шляхом реєстрації втомних контактних пошкоджень на робочих поверхнях кілець та тіл кочення [4]. Для роликотідшипників букс колісних пар вагонів та локомотивів проводять стендові, полігонні пробігові та експлуатаційні поїзди випробування з визначення γ -процентної наробки до появи перших ознак втомного викришування поверхонь кочення. Дослідження зносу інших поверхонь будь-яких деталей роликотідшипників букс колісних пар вагонів та локомотивів за допомогою ресурсних стендових, пробігових чи експлуатаційних випробувань значно утруднюються.

З урахуванням вищезазначеного постає протиріччя: є потреба окрім випробування поверхонь тертя кочення кілець та роликів у випробуваннях поверхонь тертя ковзання деталей підшипників, але немає способів випробування на знос будь-яких робочих поверхонь деталей підшипників, їх теоретично обґрунтування та відповідного обладнання.

Мета статті

Метою статті є презентація розроблених способів випробування на знос будь-яких робочих поверхонь деталей роликотідшипників важких режимів експлуатації, наприклад букс колісних пар вагонів і локомотивів, та обладнання для реалізації нових способів.

Основний матеріал

На рис. 3 - 10 показані характерні види зносу деталей циліндричних роликотідшипників типу 2726, що встановлені в бусах колісних пар пасажирських та вантажних вагонів.

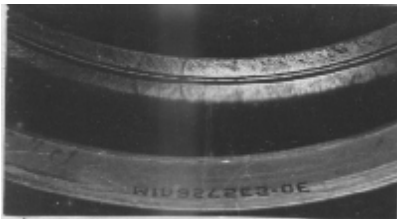


Рис. 3 – Задирки та тріщини неробочого борта зовнішнього кільця

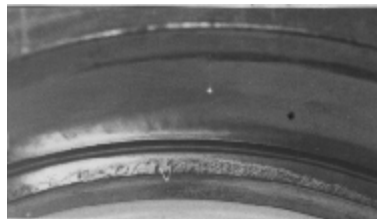


Рис. 4 – Задирки робочого борта зовнішнього кільця

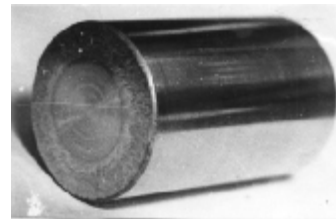


Рис. 5 – Задирки торця ролика

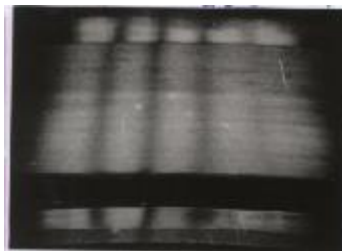


Рис. 6 – Знос базуючих поверхонь бортів зовнішнього кільця



Рис. 7 – Знос кілець сепаратора



Рис. 7 – Втомні викришування бігової доріжки зовнішнього кільця



Рис. 8 – Втомне відлущування циліндричної поверхні ролика



Рис. 9 – Симетрична форма зносу перемичок сепаратора

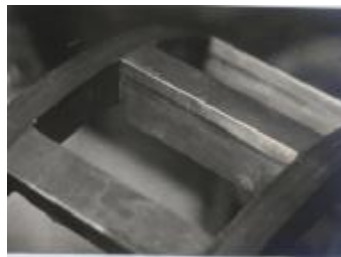


Рис. 10 – Несиметрична форма зносу перемичок сепаратора

Відповідно до зносу поверхонь деталей циліндричних роликотідишипників букс колісних пар вагонів пропонуються способи випробування деталей в складі трибоспряжень: “торець ролика – борт кільця”, “кільця сепаратора – борта базуючого кільця”, “бігова доріжка кільця – поверхня кочення ролика”, “перемичка сепаратора – поверхня кочення ролика”.

Спосіб випробування на знос трибоспряження “торець ролика – борт кільця” [10] полягає в тому, що з підшипника вилучають один ролик, закріплюють його в кулачки, що обертаються, вирізають з будь-якого кільця два фрагменти борта довжиною не більш діаметра ролика і до спряження торця ролика з фрагментами борта, що зафіксовані від обертання пружним елементом, прикладають навантаження через технологічний підшипник, спостерігають за роботою спряження, а по завершенню випробувань вимірюють знос (рис. 10). Величину навантаження (статичного чи динамічного) та частоту обертання ролика вибирають з урахуванням умов експлуатації підшипника на основі критерія подоби фізичного (натурного) моделювання.

Переваги запропонованого способу випробування на знос трибоспряження “торець ролика – борт кільця” полягають в тому, що є можливість оперативно у форсованому режимі отримувати достовірну інформацію про зношування дослідних деталей без впливу сепаратора та решти роликів, вдосконалювати конструкцію деталей дослідного трибоспряження і вибирати необхідні добавки/присадки до мастильного матеріалу для збільшення зносостійкості деталей.

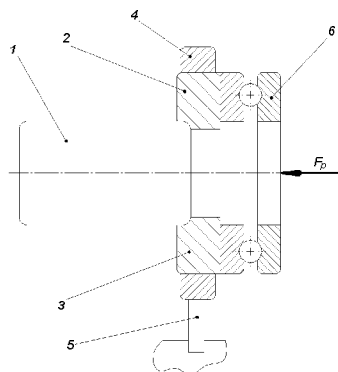


Рис. 10 – Схема випробування на знос трибоспряження “торець ролика – борт кільця”:

1 – ролик; 2, 3 – фрагменти борта кільця; 4 – фіксатор; 5 – пружний елемент; 6 – технологічний підшипник

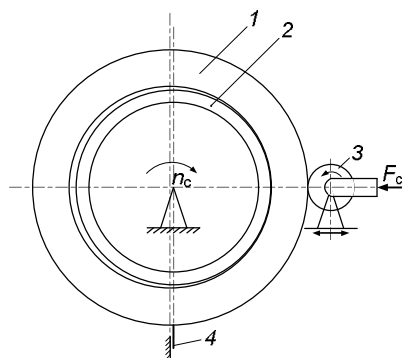


Рис. 11 – Схема випробування на знос трибоспряження “кільця сепаратора – борта базуючого кільця”:

1 – базуюче зовнішнє кільце; 2 – сепаратор; 3 – технологічний підшипник; 4 – пружний елемент

Спосіб випробування на знос трибоспряження “кільця сепаратора – борта базуючого кільця” [11] полягає в тому, що підшипник розбирають, залишаючи базуюче кільце та сепаратор, сепаратор пов’язують з валом, що обертається, до базуючого кільця через технологічний підшипник прикладають навантаження, колове переміщення базуючого кільця обмежують пружним елементом, спостерігають за роботою спряження, а по завершенню випробувань вимірюють знос (рис. 11). Величину навантаження (статичного чи динамічного) та частоту обертання сепаратора вибирають з урахуванням умов експлуатації підшипника на основі критерія подоби фізичного (натурного) моделювання.

Переваги запропонованого способу випробування на знос трибоспряження “кільця сепаратора – борта базуючого кільця” полягають в тому, що є можливість оперативно у форсованому режимі отримувати достовірну інформацію про зношування дослідних деталей без впливу тіл кочення та внутрішнього кільця, вибирати оптимальну геометрію поверхонь тертя сепаратора, що краще утримують мастило для збільшення зносостійкості деталей.

Спосіб випробування на знос трибоспряження “бігова доріжка кільця – поверхня кочення ролика” [12] полягає в тому, що підшипник розбирають, залишаючи одне кільце і одне тіло кочення, що оберта-

ються, до них через силовий технологічний підшипник прикладають радіальне навантаження, колове переміщення ролика щодо кільця обмежують опорним технологічним підшипником, а колове переміщення ролика щодо власної осі регулюють зверху гальмівною колодкою, спостерігають за роботою спряження, а по завершенню випробувань вимірюють знос (рис. 12). Величину радіального навантаження, гальмівної сили та частоту обертання внутрішнього кільця вибирають з урахуванням умов експлуатації підшипника на основі критерія подоби фізичного (натурного) моделювання.

Переваги запропонованого способу випробування на знос трибоспряження “бігова доріжка кільця – поверхня кочення ролика” в тому, що є можливість оперативно у форсованому режимі отримувати достовірну інформацію про зношування дослідного спряження, моделювати різні режими кінематики дослідного спряження (кочення, кочення з проковзуванням, ковзання) без впливу решти роликів та сепаратора, вдосконалювати конструкцію деталей дослідного трибоспряження.

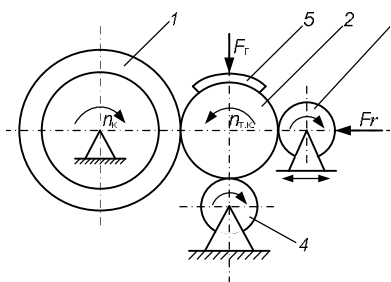


Рис. 12 – Схема випробування на знос трибоспряження “бігова доріжка кільця – поверхня кочення ролика”:
1 – внутрішнє кільце; 2 – ролик;
3, 4 – технологічні підшипники;
5 – гальмівна колодка

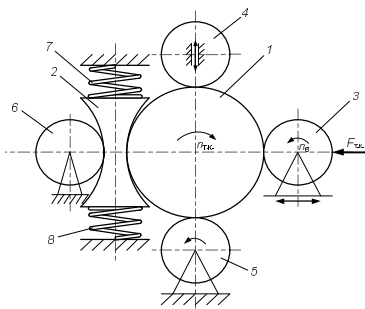


Рис. 13 – Схема випробування на знос трибоспряження “перемичка сепаратора кругової робочої форми – поверхня кочення ролика”:
1 – ролик; 2 – перемичка сепаратора;
3, 4, 5, 6 – технологічні підшипники;
7, 8 – пружні елементи

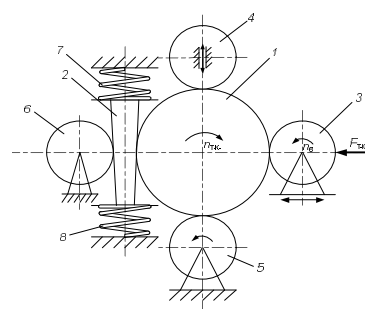


Рис. 14 – Схема випробування на знос трибоспряження “перемичка сепаратора площинної робочої форми – поверхня кочення ролика”:
1 – ролик; 2 – перемичка сепаратора;
3, 4, 5, 6 – технологічні підшипники;
7, 8 – пружні елементи

Спосіб випробування на знос трибоспряження “перемичка сепаратора – поверхня кочення ролика” [13] полягає в тому, що з підшипника вилучають одне тіло кочення, вирізають з сепаратора одну перемичку і к дослідному спряженню через силовий технологічний підшипник прикладають навантаження, обмежують вертикальне та горизонтальне переміщення ролика разом з перемичками опорними технологічними підшипниками, а вертикальні переміщення перемички додатково обмежують пружними елементами, спостерігають за роботою спряження, а по завершенню випробувань вимірюють знос (рис. 13, рис. 14). Величини сил взаємодії ролика з перемичкою та частоту обертання ролика вибирають з урахуванням умов експлуатації підшипника на основі критерія подоби фізичного (натурного) моделювання.

Переваги запропонованого способу випробування на знос трибоспряження “перемичка сепаратора – поверхня кочення ролика” в тому, що є можливість оперативно у форсованому режимі отримувати достовірну інформацію про зношування дослідного спряження з перемичками будь-якої форми без впливу конструкції сепаратора та кілець підшипника, оперативно вибирати найкращу геометрію канавок та отворів на поверхні перемички для збільшення запасу мастила, зменшення тертя та зносу деталей.

Діючі стенди для дослідження і випробування на знос трибоспряжень “кільця сепаратора – базуюче кільце” та “торець ролика – борт кільця” циліндричних роликотідшипників колісних пар вагонів показано на рис. 15 та рис. 16.



Рис. 15 – Стенд для випробування спряження “кільця сепаратора – базуюче кільце”



Рис. 16 – Стенд для випробування спряження “торець ролика – борт кільця”

Для вибору режиму модельних випробувань на знос та перевірки отриманих результатів застосовуються спосіб випробування роликопідшипника на знос (рис. 17) і стенд, що моделює умови експлуатації деталей роликопідшипників букс колісних пар вагонів та локомотивів (рис. 18).

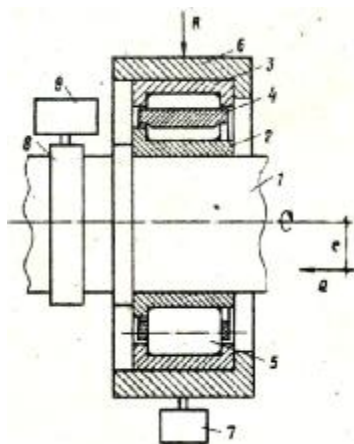


Рис. 17 – Схема випробування роликопідшипників на знос:

- 1 – приводний вал;
2, 3 – внутрішнє та зовнішнє кільця;
4 – сепаратор; 5 – ролик; 6 – корпус;
7, 9 – механізми динамічного навантаження кілець;
8 – технологічний підшипник

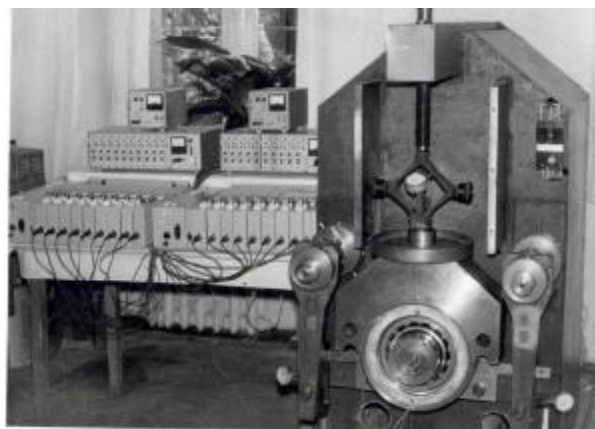


Рис. 18 – Стенд з приладами для вимірювання динамічних процесів взаємодії деталей роликопідшипників букс колісних пар вагонів та локомотивів

Спосіб випробування роликопідшипників на знос полягає в тому, що після початку обертання вала до кілець прикладають статичні радіальну та осьову сили (можливо з ексцентриситетом), а потім динамічні, здійснюють спостереження за роботою дослідного підшипника, а по завершенню випробування вимірюють знос деталей [14]. Величини статичних та динамічних радіальної та осьової сил, ексцентриситети їх прикладання, частоту обертання вибирають за умовами експлуатації підшипника.

Конструкція стенда [15] дозволяє моделювати швидкісний режим (60...200 км/г) залізничного потяга та режими радіального (10...50 кН) і осьового (1...30 кН) навантаження будь-яких роликопідшипників букс колісних пар вагонів (пасажирських та вантажних) і локомотивів. Можливість випробування великогабаритних роликопідшипників різних типорозмірів важких режимів експлуатації досягається за рахунок змінності деталей вузла навантаження.

Стенд дозволяє проводити наступні роботи:

- досліджувати закономірності руху та силову взаємодію деталей підшипника при різних видах навантаження (статичному і динамічному, центральному і нецентральному, тільки радіальному, тільки осьовому, радіальному і осьовому);

- визначати момент опору обертанню підшипника при різних видах навантаження (статичному і динамічному, центральному і нецентральному, тільки радіальному, тільки осьовому, радіальному і осьовому) спеціально розробленими пристроями [16, 17];

- проводити ресурсні випробування на контактну втому поверхонь кочення під дією радіального навантаження та випробування підшипника на знос при різних видах навантаження (статичному і динамічному, центральному і нецентральному, тільки радіальному, тільки осьовому, радіальному і осьовому).

Висновки

1. Сучасні роликопідшипники букс колісних пар вагонів та локомотивів потребують підвищення працездатності за критерієм тепловиділення і зносостійкості.

2. Відсутність способів та обладнання для випробування на знос будь-яких робочих поверхонь кілець, роликів та сепаратора роликопідшипників важких режимів експлуатації стримують роботи з вдосконалення їх конструкцій.

3. Запропоновані способи та обладнання для випробування на знос деталей роликопідшипників потребують теоретичного обґрунтування вибору форсованих режимів випробування.

Література

1. Комиссар А.Г. Опоры качения в тяжелых режимах эксплуатации: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 384 с.
2. Мельничук В.А., Донченко А.В., Мартынов И.Э. К вопросу повышения надёжности буксовых узлов с подшипниками качения // *Залізнич. транспорт України*. – 2002. – № 5. – С. 34-37.
3. Регада В.В. Проблемы теплового контроля букс в современных условиях // *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. – 2007. – Вип. 86. – С. 61-67.
4. Спришевский А.И. Подшипники качения. – М.: Машиностроение, 1969. – 285 с.
5. Волков Н.Н., Родзевич Н.В. Подшипники качения колесных пар вагонов и локомотивов. – М.: Машиностроение. – 1972. – 168 с.
6. Хрущов М.М. Основные положения к методам испытания на изнашивание / *Тр. Всес. конф. по трению и изнашиванию в машинах*. Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1938. – С. 110-122.
7. Зайцев А.К. Методы лабораторного испытания материалов на износ (методы и машины) // *Трение и знос в машинах*. – Т.1. – М.: Изд-во АН СССР, 1939. – С. 310-327.
8. Гриб В.В., Лазарев Г.Е. Лабораторные испытания материалов на трении и знос. – М.: Наука, 1968. – 141 с.
9. Крагельский И.В. Трение и знос. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
10. Пат. №43151 України, МПК G 01 N 3/56. Спосіб випробування трибоспряження “кільце сепаратора – базуюче кільце” підшипників на знос / А.В.Гайдамака (Україна). – № u200900061; Заяв. 05.01.2009; Надр. 10.08.2009, Бюл. № 15. – 2 с.
11. Пат. №43152 України, МПК G 01 N 3/56. Спосіб випробування трибоспряження “тіло кочення – перемичка сепаратора” підшипників на знос / А.В.Гайдамака (Україна). – № u200900063; Заяв. 05.01.2009; Надр. 10.08.2009, Бюл. № 15. – 2 с.
12. Пат. №43153 України, МПК G 01 N 3/56. Спосіб випробування трибоспряження “торець ролика – борт кільця” підшипників на знос / А.В.Гайдамака (Україна). – № u200900066; Заяв. 05.01.2009; Надр. 10.08.2009, Бюл. № 15. – 2 с.
13. Пат. №43154 України, МПК G 01 N 3/56. Спосіб випробування трибоспряження “кільце – тіло кочення” підшипників на знос / А.В.Гайдамака (Україна). – № u200900069; Заяв. 05.01.2009; Надр. 10.08.2009, Бюл. № 15. – 2 с.
14. А.с. 1298611 СССР, МКИ G 01 N 3/56. Способ испытания подшипников на износ / В.Г. Андриевский, А.В. Гайдамака, А.Е. Божко, А.И. Федоров, В.И. Белых (СССР). – № 3978959/25–28; Заяв. 18.11.85; Оpubл. 23.03.87, Бюл. № 11. – 2 с.
15. А.с. 1444631 СССР, МКИ G 01 M 13/04. Стенд для моделирования силового нагружения буксового роликотідшипника / В.Г. Андриевский, А.В.Гайдамака (СССР). – № 4162430/27–11; Заяв. 15.12.86; Оpubл. 15.12.88, Бюл. № 46. – 4 с.
16. А.с. 1250886 СССР, МКИ G 01 M 13/04. Устройство для измерения момента сопротивления вращению крупногабаритного тяжело нагруженного подшипника / В.Г. Андриевский, А.В. Гайдамака (СССР). – № 3835664/25–27; Заяв. 04.01.85; Оpubл. 15.08.86, Бюл. № 30. – 2 с.
17. А.с. 1532831 СССР, МКИ G 01 M 13/04. Устройство для измерения момента сопротивления вращению крупногабаритного тяжело нагруженного подшипника качения / В.Г. Андриевский, А.В. Гайдамака, Б.А. Лагутин (СССР). – № 4251844/31–27; Заяв. 28.05.87; Оpubл. 30.12.89, Бюл. № 48. – 2 с.

Надійшла 22.10.2010