

УДК 629.4.027

*Д-р техн. наук І.Е. Мартинов,  
канд. техн. наук А.В. Труфанова,  
асп. В.О. Юдін,  
С.В. Васильєв*

## ДО ПИТАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ОПОРУ БУКСОВИХ ПІДШИПНИКІВ

**Постановка проблеми в загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Залізничний транспорт є однією з найважливіших галузей народного господарства України. За даними Державної служби статистики України, за останні 5 років частка перевезень вантажів, що припадають на залізничний транспорт, зросла на 3,3% і станом на грудень 2012 року становила 59,2% загального вантажообігу всіх видів транспорту.

Це підтверджує, що саме залізничний транспорт залишається лідируючою ланкою у внутрішньому вантажообігу держави.

Одним з методів підвищення конкурентоспроможності залізниць у конкуренції з різними видами транспорту є зменшення собівартості перевезень.

Значну частку в собівартості займають витрати на оплату спожитої електричної енергії на технологічні потреби для забезпечення перевезень. Значна кількість енергії на залізничному транспорті припадає на забезпечення роботи станцій, освітлення, опалення тощо, але найбільші витрати йдуть на тягу поїздів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Досліджуючи роботу і витрати енергії поїздом у цілому, можна сказати,

що в процесі руху на поїзд (як на механічну систему) діють різні зовнішні і внутрішні сили. Зовнішні представлені силою тяги  $F_k$  – від локомотива, гальмівною силою  $B_T$  – при включенні гальм і силою опору руху  $W$ , до яких відносять інші зовнішні сили.

Слід зазначити, що у всіх режимах руху поїзда режим тяги, режим гальмування чи вибігу, сили опору руху поїзда діють постійно, тому перед фахівцями залізничного транспорту стоїть завдання зменшення впливу даних сил. Витрати на тягу поїздів значною мірою залежать від якості підшипників, що використовуються в буксах вагонів.

**Метою дослідження** є визначення основних факторів, що впливають на опір, що виникає в буксових підшипниках.

**Основна частина.** Заміна буксових підшипників ковзання на підшипники кочення потребувала проведення ряду експериментальних і теоретичних досліджень.

У вагонах, оснащених підшипниками ковзання, при відносно малих швидкостях руху між підшипниками і шийкою осі не виникає надійного шару змащення, рідинне тертя переходить у напіврідинне і навіть напівсухе [6]. Крім того, підживлення змащенням частин, що труться о поверхні

шийки і підшипника, було далеким від досконалості.

Слабка герметичність букс з підшипниками ковзання призводила до забруднення змащення механічними домішками, що вели до нагріву букси та значних втрат енергії на тертя [1].

Н.Д. Єршков теоретично обґрунтував необхідність переведення рухомого складу на роликові підшипники і довів, що зменшення опору руху, що виникає в буксових підшипниках, приносить суттєвий економічний ефект [4].

Для визначення величини опору руху в підшипниках було проведено ряд експериментальних досліджень. Визначено, що існує декілька способів визначення опору руху вагонів: динамометричний метод і метод скатування.

Результати експериментальних досліджень наведені в роботі [9]. Дослідні підшипники були встановлені на шийці осей діаметром 135 мм і експлуатувались у візках МТ-50. Випробовування проводились влітку 1955 р. на дільниці Іньська – Татарська з метою визначення питомих опорів для дослідних потягів, складених із спеціально підібраних піввагонів. Результати порівнювались з підшипниками ковзання. Встановлено, що опір руху був найменший у вагонах, обладнаних циліндричними роликовими підшипниками ЦКБ-561 та ЦКБ-562: на швидкості 50 км/год порівняно з підшипниками ковзання був менший на 8,3 %.

Також під час цих випробувань визначили необхідну кількість мастила, яку потрібно закладати в буксовий вузол, і була визначена залежність питомого опору руху від температури зовнішнього середовища.

Після розроблення нових циліндричних підшипників зі зменшеними габаритними розмірами ЦКБ-1521, ЦКБ-1522 (у сучасному варіанті 42726 та 232726) випробовування виконувалися на дільниці Іньська – Омськ, всі вагони були на візках ЦНП-Х3. Різниця опору в повністю завантажених дослідних вагонів і вагонів із

підшипниками кочення при однакових умовах на швидкостях від 20 до 90 км/год знижується відповідно від 25 до 17,5 %. Додатково було визначено вплив стану колії на опір руху з використанням вимірювача прискорень. Встановлено, що стан колії значно впливає на опір руху, а отже, утримання колії в належному стані є важливим засобом для зменшення опору руху.

У статтях [2, 3] наведено результати експериментальних досліджень з визначення моменту опору обертання циліндричних роликових підшипників. Там же визначено, що поява осьових сил істотно підвищує момент опору.

Подібні дослідження [5], проведені в Ростовському інституті інженерів залізничного транспорту, підтвердили переважаючий вплив осьових сил на величину моменту опору.

Суттєві теоретичні дослідження були проведені фахівцями Всесоюзного заочного інституту інженерів залізничного транспорту під керівництвом О.М. Філатової. Вони намагалися підвищити ефективність функціонування циліндричних роликових підшипників шляхом оптимізації контакту торців роликів з бортами кілець з метою забезпечення сприятливого гідродинамічного режиму змащення поверхонь, що труться. Для вирішення даного завдання [7, 8] пропонувалось використовувати ролики з закругленими торцями. Автори розглядали різні форми закруглених торців роликів, визначалися радіуси їх закруглень для забезпечення якнайкращих умов змащування і мінімізації тертя в контактні ролик-борт.

Таким чином, на підставі експериментальних і теоретичних досліджень [10] встановлено сукупність факторів, що обумовлюють тертя в роликовому підшипнику. Згідно з сучасними уявленнями момент тертя роликового підшипника є функцією навантаження, частоти обертання, параметрів і способу змащення, конструкції

підшипника, якості його робочих поверхонь, якості монтажу підшипника, теплового режиму підшипникового вузла.

Джерела втрат у роликовому підшипнику можна умовно розділити на дві групи: до першої належать втрати, пов'язані з зіткненням деталей підшипника в процесі його роботи, до другої – втрати, пов'язані з опором мастила, що знаходиться у внутрішній порожнині підшипника.

У першій групі основними є тертя на доріжках кочення і тертя в контактах торців з опорним бортиком внутрішнього кільця. Тертя в контактах роликів з сепаратором, як правило, мале, проте при серйозних порушеннях технології виготовлення сепаратора, складання і монтажу підшипників може виявитися значним.

Тертя на доріжках кочення має місце при всіх режимах його роботи і збільшується зі збільшенням діючого на підшипник навантаження. Встановлено, що тертя на доріжках кочення пропорційно сумі довжин всіх лінійних контактів у підшипнику.

Величина тертя в контакті торця ролика з опорним бортиком внутрішнього кільця залежить від конструкції торцевого упору і від режиму змащення в контакті. При гідродинамічному режимі змащення вона не перевищує 15 % сумарних втрат у підшипнику. При низьких, а також надвисоких частотах обертання втрати різко зростають, внаслідок того, що контакт працює в умовах змішаного або граничного тертя. При невисоких швидкостях обертання переважає тертя в контакті «ролик-бортик».

До другої групи належать втрати на бокових поверхнях сепаратора, які при

достатньо великій кількості мастила в порожнині підшипника мають місце при всіх режимах роботи і зростають пропорційно частоті обертання.

Крім зазначених факторів на момент тертя конічного роликового підшипника істотно впливають (у бік збільшення) похибки виготовлення (розбіжність полюсів, дефекти робочих поверхонь, значний дисбаланс сепаратора та ін.), монтажу (неспіввісності, перекося, неправильний вибір натягу та ін.) і мастила (неправильно вибране мастило, сторонні домішки в мастилі та ін.).

Якщо виключити джерела втрат, які проявляються в екстремальних режимах роботи, то момент тертя підшипника загального застосування умовно можна подати з таких складових:

$$M = M_k + M_b + M_c + M_t,$$

де  $M_k$  – момент тертя, що виникає в контактах роликів з доріжками кочення кільця;

$M_b$  – момент тертя, що виникає в контактах торців роликів з опорним бортом внутрішнього (зовнішнього) кільця;

$M_c$  – момент опору сепаратора;

$M_t$  – додатковий момент опору, що є наслідком технологічних та експлуатаційних похибок.

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** Впровадження нових, сучасних типів підшипників дозволить не тільки вирішити це завдання, а ще і збільшити міжремонтні пробіги вагонів та осьове навантаження.

### Список літератури

1. Бредихин, Н.А. Трение в буксах подвижного состава [Текст] / Н.А. Бредихин // Труды МИИТа им. Ф.Э. Дзержинского. – М.: Гострансиздат, 1932. – Вып. XXVII. – С. 4-69.
2. Бруско, Б.Т. Исследование потерь на трение в железнодорожных буксовых подшипниках [Текст] / Б.Т. Бруско // Труды ВНИИПП. – М.: Специнформцентр. – 1960. – Вып. 137. – С. 79-107.

3. Гайдамака, А.В. Влияние эксцентриситета приложения осевой нагрузки при комбинированном нагружении подшипника на сопротивление его вращению [Текст] / А.В. Гайдамака // Межвуз. сб. науч. трудов. – Харьков: ХИИТ, 1987. – Вып. 3. – С. 18-20.
4. Ершков, Н.Д. Техничко-экономическая эффективность перевода грузовых вагонов на роликовые подшипники [Текст] / Н.Д. Ершков // Вопросы перевода подвижного состава на роликовые подшипники. Труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1961. – Вып. 221. – С. 46-55.
5. Малоземов, Н.А. Экспериментальное исследование моментов трения в буксовых подшипниках качения при осевом нагружении [Текст] / Н.А. Малоземов, О.П. Вендровский // Межвуз. темат. сб. – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1982. – №167. – С. 34-38.
6. Осипов, С.И. Основы тяги поездов [Текст]: учеб. для студ. колледжей и техникумов ж.д. трансп. / С.И. Осипов, С.С. Осипов. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 с.
7. Филатова, Е.М. Момент сопротивления вращению цилиндрического роликового подшипника при комбинированной нагрузке [Текст] / Е.М. Филатова, В.С. Мартынов // Межвуз. темат. сб. – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1977. – Вып. 140. – С. 66-74.
8. Филатова, Е.М. Сравнительная оценка сопротивления вращению цилиндрического роликового подшипника при плоском и выпуклом контактах "ролик-борт" [Текст] / Е.М. Филатова, В.С. Мартынов // Сб. науч. трудов. – М.: ВЗИИТ, 1978. – Вып. 97. – С. 72-84.
9. Шаронин, В.С. Исследование сопротивления движению грузовых и пассажирских вагонов на роликовых подшипниках [Текст] / В.С. Шаронин, Ю.М. Проскурина, В.Е. Пини // Вопросы перевода подвижного состава на роликовые подшипники. Труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1961. – Вып. 221. – С. 25-45.
10. Witte Dwight C. Operating torque of tapered roller bearings [Текст] ASLE Trans, 16, №1, 1973.

**Ключові слова:** буксовий вузол, підшипник, надійність, ресурсозберігаючі технології, питомий опір.

#### *Анотації*

Розглянуто основні фактори, що впливають на питомий опір підшипників буксових вузлів. Проведено аналіз праць, присвячених випробуванням і дослідженням питомого опору руху вагонів, обладнаних роликовими підшипниками.

Рассмотрены основные факторы, влияющие на удельное сопротивление подшипников буксовых узлов. Проведен анализ трудов, посвященных испытаниям и исследованию удельного сопротивления движению вагонов, оборудованных роликовыми подшипниками.

Considered the main factors that influence on the resistivity of bearings axle boxes. Made the analysis of the works devoted to testing and research resistance to movement of cars equipped with roller bearings.