

УДК 629.4.027.11: 621.892.5

**АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА СКЛАДУ ПЛАСТИЧНИХ
МАСТИЛ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАГОНІВ**

Д-р техн. наук І. Е. Мартинов, асист. С. В. Перешивайлов, аспір. В. О. Шовкун

**АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ И СОСТАВА ПЛАСТИЧНЫХ
СМАЗОК БУКСОВЫХ УЗЛОВ ВАГОНОВ**

Д-р техн. наук И. Э. Мартынов, асист. С. В. Перешивайлов, аспир. В. А. Шовкун

**ANALYSIS OF OPERATIONAL PROPERTIES AND COMPOSITION OF GREASES
AXLE BOXES WAGONS**

Doct. of techn. sciences I. Martinov, assistant S. Pereshyvajlov, postgraduate V. Shovkun

Проаналізовано вплив експлуатаційних властивостей та складу мастил на роботу роликів буксових вузлів рухомого складу. Уточнені та доповнені вимоги до мастил буксових вузлів вагонів виходячи з сучасних умов їх експлуатації.

Розглянута можливість підвищення показників надійності роботи буксового вузла рухомого складу за рахунок правильного вибору мастила, що має найкращі експлуатаційні властивості та знижує витрати на утримання буксових вузлів в справному стані.

Ключові слова: вагон, буксовий вузол, роликовий підшипник, мастило, довговічність.

Проанализировано влияние эксплуатационных свойств и состава смазки на работу роликовых буксовых узлов подвижного состава. Уточнены и дополнены требования к смазкам для буксовых узлов вагонов исходя из современных условий их эксплуатации.

Рассмотрена возможность увеличения показателей надежности работы буксового узла подвижного состава за счет правильного выбора смазки, имеющей наилучшие эксплуатационные свойства и снижающей расходы на содержание буксовых узлов в исправном состоянии.

Ключевые слова: вагон, буксовый узел, роликовый подшипник, смазка, долговечность.

It was shown the effect of the issue of axle boxes with roller bearings of wagons at the state of safety Ukrainian railways from 2005 to 2013 due to the deterioration of operational properties of greases.

The influence of the operating properties and composition of the grease on the work of axle boxes of rolling stock with different types of roller bearing was analysed.

Refined and expanded requirements for grease for axle boxes wagons based on the current conditions of their operation.

Gives the values of worked and emergency temperatures of axle boxes wagons, the speed of rotation and the speed parameter of bearings, bearing loads and the impact of the process of the wagons, which determine the choice of the correct type of grease. Also shows the influence of the type of grease on the value of the coefficient of friction.

The possibility of increasing the parameters of reliability of the axle boxes of rolling stock by proper selection of grease, which has the best operational properties and reduces the cost of maintenance of axle boxes.

Keywords: wagon; axle box; roller bearing; grease; durability.

Работы по третьему направлению проводят согласно структуре, показанной на рис. 2, с использованием результатов работ по первым двум направлениям. Исследования ведутся с параллельным использованием материалов по физическим процессам, протекающим в объекте контроля, и статистическим данным.

Сбор и обработка статистических данных дает материалы о частоте или вероятности появления неисправностей и о возможности (вероятности) их выявления путем измерения параметров. Комплексный анализ результатов этих исследований позволяет выделить признаки и функции недопустимых и подлежащих контролю технического состояния. Такие исследования дают материалы для окончательного выбора контролируемых параметров и синтеза алгоритмов контроля.

Общая структура проведения контроля технического состояния вагонов представлена на рис. 3. Она включает в себя получение статистической информации, как

по отдельным узлам, так и по всему вагону в целом. Эта информация, а также эксплуатационная информация обрабатывается, а ее результаты влияют на принятие решения по дальнейшей эксплуатации или проведение технического обслуживания и текущего ремонта. Распределение задач контроля и диагностирования на различных жизненных этапах вагона приведено в табл. 2.

Вступ. Процес змащення підшипників буксових вузлів вагонів відіграє одну з найважливіших ролей в забезпеченні нормальної роботи підшипників, особливо враховуючи той факт, що буксовий вузол вагону один з найбільш масових вузлів на залізничному транспорті.

В загальному вигляді, окрім справного стану, правильності складання буксових вузлів тощо, безпосередньо від змащення залежить довговічність різних типів роликових підшипників буксових вузлів вагонів. В буксових вузлах вагонів

використовується пластичне мастило, загущене змішаними, літєвими та комплексними літєвими милами (солями жирних кислот різних металів) [1].

Пластичне мастило (далі мастило) зменшує тертя ковзання між роликами та сепаратором, бортами кілець та торцями роликів, між роликами та доріжками кочення кілець, яке виникає при неминучому спотворенні геометрії поверхонь кочення кілець та роликів під дією навантаження протягом роботи підшипників; крім того, мастило захищає метал від корозії, поліпшує ущільнення корпусу, запобігає попаданню в буксовий вузол вологи та забруднень, а також регулює температуру у всіх частинах підшипника, що виникає при терті.

Постановка проблеми. Несправності буксових вузлів з роликовими підшипниками є одною з причин відчеплення вагонів за технічним станом. Кількість несправностей буксових вузлів завжди мала один з найгірших показників у забезпеченні безпеки руху вагонів, конкуруючи з показниками несправностей автогальм в різні роки.

Аналізуючи статистичні дані Укрзалізниці про транспортні події з 2005 року по 2013 рік видно що 24% несправностей буксових вузлів виникає через погіршення експлуатаційних властивостей мастила.

Зниження кількості несправностей буксових вузлів через погіршення властивостей мастила за останні роки пов'язане зі зменшенням інвентарного парку вагонів та виконанням заходів щодо дотримання вимог нормативних документів при проведенні ремонтних робіт [1].

Одна з вимог, яка повинна задовольнятися в експлуатації вагонів з буксовими вузлами на роликових підшипниках, - забезпечення тривалої роботи без заміни мастила [11, с. 18]. Ця вимога суттєво впливає на довговічність буксового вузла, тобто менш тривала робота мастила обмежує час ефективного використання роликових підшипників і, тим самим, зменшує час ефективного використання буксового вузла. Одним з шляхів підвищення показників надійності буксових вузлів вагонів є вибір мастила з максимальним часом його ефективного

використання та більш точне врахування властивостей мастила при розрахунку довговічності підшипника.

Аналіз попередніх досліджень. Роботи по вибору раціонального типу мастила для буксових вузлів проводилися ще в СРСР та за кордоном. Свій внесок в питання підбору мастила та його експлуатаційних властивостей для буксових вузлів вагонів внесли Шадікян В. С., Цуркан І. Г., Коре І. Д., Коган М. С., Чебаненко В. М. і Перов С. В. [2, 5, 10, 12].

В праці [10] показано, що за рахунок збільшення строку служби мастила та зменшення виходу з ладу підшипників через корозію має місце позитивний економічний ефект від впровадження мастила 1-ЛЗ взамін мастила 1-13. Також наведені рекомендації по збільшенню концентрації антиокислювальної присадки в мастилі.

Особливості поведінки протизадірної присадки в мастилі для буксових роликових підшипників опубліковані в праці [5], в якій показано, що протизадірна присадка може попереджати утворенню тріщин на поверхнях тертя бurtів підшипника за рахунок запобігання утворенню крихкого шару безструктурного мертенсіта на поверхнях, що труться.

Чебаненко В. М. та Перов С. В. проводили випробування мастил для буксового складу з роликовими підшипниками [12]. Вони розробили стенд та методику випробування мастил, необхідних для порівняльної оцінки різних типів мастил та вибору з них найкращих. Довели, що мастила з присадками, які утворюють полімери, порівняно з еталонним мастилом ЛЗ-ЦНИИ мають кращі антифрикційні властивості і більш низький температурний режим роботи, також вони можуть працювати в умовах перекоосу букси, що кілька підвищить експлуатаційну надійність букс.

Але однозначності при виборі типу мастила не досягнуто. Також не вирішена проблема більш точного вибору значення коефіцієнта, який враховує умови роботи мастила при розрахунку уточненої довговічності роликових підшипників буксових вузлів вагонів [3, 4 с. 40, 6 с. 128, 7, 11 с. 51]. Реальна

довговічність роботи роликів підшипників суттєво відрізняється від теоретичної.

Мета роботи. Огляд типів мастил, вивчення впливу експлуатаційних властивостей та складу мастила на довговічність роботи буксових вузлів вагонів з роликівими підшипниками, доповнення вимог до мастил буксових вузлів вагонів в сучасних умовах їх експлуатації.

Основна частина дослідження. Вибір мастила в першу чергу повинен залежати не від економії на мастильних матеріалах, а від можливості запобігання швидкого виходу з ладу вузла тертя, а нерідко і аварії. Збиток при цьому в сотні раз може перевищувати економію на мастильних матеріалах. Вартість мастил в калькуляції експлуатаційних витрат складає 1-5% від витрат праці по заміні мастильних матеріалів і ремонт механізму [9].

На ефективну роботу мастила впливає багато факторів. Найбільш важливі наступні:

1) конструктивні особливості вузла тертя (тип, характер руху деталей, що труться, герметизація мастила, розміри);

2) матеріали, з якими мастило знаходиться в контакті (вплив природи і обробки поверхонь на тертя та знос; взаємодія поверхонь матеріалу з мастилом);

3) умови використання (навоколишнє середовище, температура, швидкості, навантаження, інші фактори - радіація, вібрація тощо);

4) терміни заміни мастила.

Сучасне мастило для роликів підшипників буксових вузлів вагонів повинно відповідати наступним вимогам:

- бути стабільним та стійким хімічно, фізично і механічно;

- не вміщувати вільних кислот та абразивних речовин, а також не утворювати в процесі роботи підвищеного вмісту кремнію;

- забезпечувати рівномірність змащення деталей підшипника при різних температурах, для попередження появи прихоплювання поверхонь та заїдання;

- мати температуру каплепадіння значно вище максимальної робочої температури підшипника, мати можливість відводити тепло;

- не пропускати струм;

- бути біологічно безпечним для навоколишнього середовища;

- мати термін використання до заміни не менше ресурсу підшипника.

Буксові вузли працюють в діапазоні температур від мінус 40°C до плюс 80°C, а в аварійних випадках можливий перегрів до 120°C.

В сучасних умовах залізничного транспорту України швидкості обертання підшипників в буксових вузлах вагонів відносно невеликі. Наприклад, при діаметрі колеса 950 мм і швидкості руху вагона 120 км/год, частота обертання підшипника складає 670,5 об/хв; відповідно при 200 км/год – 1117 об/хв. Знос колеса по діаметру веде до збільшення частоти обертання. Але частота обертання не перевищує значення 2000 об/хв навіть при швидкості руху вагона вище 300 км/год.

У зв'язку з великим діаметром підшипників (діаметр внутрішнього кільця – 130 мм) швидкісний параметр може досягати $1,5 \cdot 10^5$ мм·об/хв і вище.

Навантаження підшипників буксових вузлів вагонів достатньо великі (контактні напруження між роликом та внутрішнім кільцем можуть сягати 1500 МПа), але відсутність великих ударних навантажень полегшує експлуатацію мастил.

Важлива перевага підшипників кочення пов'язана з малим коефіцієнтом тертя, який обумовлює зниження опору вагонів при зрушенні з місця та при їх русі. Використання цієї переваги в повній мірі можливо лише при певній якості мастила, особливо в області низьких температур.

Найбільш жорстка вимога до мастил буксових вузлів вагонів в сучасних умовах складається в забезпеченні тривалої роботи без заміни мастила: заміна мастила виконується тільки лише під час ремонту. Мастило повинно працювати без заміни більше 600 тис. км. Для пасажирських вагонів це відповідає п'яти з половиною рокам експлуатації, а для вантажних – більше шести років. Поповнення мастилом буксових вузлів виконують, як правило, кожні 100-125 тис. км або при постановці вагона в плановий вид ремонту (приблизно через 2-3 роки). Отже мастило

повинно бути стабільним за механічними, хімічними та колоїдними показниками в умовах дії великих навантажень на поверхнях, що контактують, вібрацій, підвищених температур та вологи. Крім того, з метою збереження навколишнього середовища, мастило повинно бути ще і біологічно безпечним.

В умовах експлуатації неминучий короткочасний (декілька днів) та тривалий (декілька років) простій вагонів і колісних пар, при якому можуть інтенсивно протікати процеси корозії. Корозійні пошкодження характерні для буксових вузлів, тому антикорозійні властивості мастила є одним з критеріїв якості.

За роки експлуатації роликів підшипників в буксових вузлах рухомого складу накопичився великий досвід застосування різних мастил – кальцієвих (солідоли), натрієвих (консталіни), натрієво-кальцієвих (1-13, 1-ЛЗ, ЛЗ-ЦНИИ), літієвих (ЖРО, Буксол, Castrol LONGTIME PD, FAG Arcanol MULTITOR), комплексних літієвих (ЗУМ, Klüberplex VEM 41-132). Крім того, випробувались в експлуатаційних умовах зразки багатьох інших сортів (барієві, на змішаних милах природніх та синтетичних жирів тощо).

Склад та концентрація складових мастила безпосередньо впливають на його експлуатаційні властивості. Більш значний вплив має загущувач, ніж дисперсійне середовище. Значно поліпшують властивості мастил правильно підібрані присадки.

До 1973 року в буксових вузлах вагонів використовувалось спочатку мастило 1-13, потім 1-ЛЗ.

Мастило 1-13 (натрієво-кальцієве) володіє недостатніми протикорозійними та протизносними властивостями. При експлуатації буксових вузлів з цим мастилом підшипникам були притаманні несправності у вигляді корозійних пошкоджень на доріжках кочення.

На заміну мастилу 1-13 розробили мастило 1-ЛЗ, до складу якого добавили антиокислювальну присадку дифеніламін. Застосування мастила 1-ЛЗ [10] підвищило у 2 рази тривалість роботи буксових вузлів, а кількість підшипників, що бракувались по

корозійним пошкодженням, знизилась у 3,4 рази.

З 1973 року та по теперішній час використовують мастило ЛЗ-ЦНИИ і його модифікації АЗМОЛ ЛЗ-ЦНИИ, ЛЗ-ЦНИИ(у). В мастилі ЛЗ-ЦНИИ почали використовувати протизадирну присадку ДФ-11 [5], яка значно підвищила протизадирні та протизносні властивості мастила, в декілька разів збільшила вантажопідйомність підшипників в осьовому напрямку, тим самим, підвищивши експлуатаційну надійність буксових вузлів вагонів.

Мастило ЛЗ-ЦНИИ є морально застарілим, маючи термін використання, який не відповідає ресурсу підшипника. Володіє гарними протизносними та протизадирними характеристиками (завдяки використанню дорогої касторової оливи та протизадирної присадки ДФ-11), схильне до термозміцнення, має слабку водостійкість та недостатні консерваційні властивості. Протягом експлуатації мастило ЛЗ-ЦНИИ темніє. Встановлено, що чим більше пробіг вагона після повної ревізії, тим темніше мастило. Потемніння мастила прискорюється з підвищенням температури в буксовому вузлі.

Мастило АЗМОЛ ЛЗ-ЦНИИ та мастило ЛЗ-ЦНИИ(у) відрізняються від мастила ЛЗ-ЦНИИ зміненим складом та зміненою концентрацією деяких складових. Ці мастила мають підвищену межу міцності, поліпшену колоїдну стабільність і можливість застосування при температурах до мінус 60°C. Мастило ЛЗ-ЦНИИ(у) має більше значення випарності (погіршення показника).

Мастило ЗУМ [7] має перевагу перед рештою мастил, так як воно біологічно розкладається, забезпечуючи екологічну безпеку при потраплянні до ґрунту. До складу мастила ЗУМ входять багатофункціональні присадки. В порівнянні з натрієво-кальцієвими мастилами, комплексне літієве мастило ЗУМ має кращу механічну та колоїдну стабільність, менш схильне до термозміцнення, перевершує за антиокислювальними, захисними та антикорозійними властивостями. Стендові випробування показали, що мастило ЗУМ,

здатне підвищити термін працездатності вузлів тертя при високих температурах до 150°C в порівнянні з літєвим мастилом Буксол. При цьому підвищується зносостійкість та поліпшуються антикорозійні властивості поверхонь, що труться. Оскільки мастило ЗУМ має більш високі показники термічної і механічної стабільності, то воно менше розріджується при інтенсивному перемішуванні.

Мастило ЖРО (літєве) застосовується в буксових вузлах локомотивів, дизель поїздів, моторвагонного рухомого складу, а також в підшипниках тягових електродвигунів.

За кордоном в буксових вузлах рухомого складу широко використовують наступні мастила [8]: літєві Castrol LONGTIME PD, Alvania C (Великобританія), FAG Arcanol MULTITOR (Німеччина), Beacon EP2, Locomotive RB, 1909 journal RB, 2301 journal RB (США), Буксол (Російська Федерація); літєво-кальцієве FAG Arcanol LOAD 220 (Німеччина); спеціальне літєве Klüberplex VEM 41-132 (Німеччина); літєво-натрієве Axinus S 2 (Великобританія); комплексне барієве Staburags NBU 8K EP (Німеччина).

Всі перелічені сорти закордонних мастил у своєму складі мають присадки (МФТ, антиокислювальні, антикорозійні, протизносіві, в т. ч. EP, протипінні). Температура використання коливається від мінус 30°C (у деяких від мінус 60°C) до плюс 150°C. У переважній більшості мастил тривала верхня межа температури складає 80°C.

Мастила, загущені літєвими та комплексними літєвими милами жирних кислот, мають більше значення температури каплепадіння, ніж натрієво-кальцієві. Гарною механічною стабільністю володіють мастила на комплексних милах, ніж мастила на низькомолекулярних милах жирних кислот. Кальцієві загущувачі надають мастилам кращі протизадірні характеристики. Використання літєвих мастил (без присадок) веде до більших енергетичних втрат в підшипниках кочення, які можуть залучатися через велику в'язкість при низьких температурах до циркуляції. Це явище проявляється більше при надмірному заповненні буксового вузла мастилом. Тому в цих умовах недостатньо механічно стабільні мастила (деякі низькомолекулярні літєві) можуть розріджатися та витікати. Використання легких олів, в якості дисперсійного середовища, робить мастила непрацездатними при температурах 100-120°C, навіть на загущувачах з високою температурою каплепадіння.

Висновки.

1) Враховуючі доповнені вимоги до мастил в сучасних умовах експлуатації вагонів можливо виділити морально застарілі мастила, які явно не відповідають встановленим вимогам та мають низькі експлуатаційні властивості.

2) Вибір правильного типу мастила, яке володіє гарними експлуатаційними властивостями, може значно підвищити довговічність роботи буксових вузлів вагонів, тим самим, привести до отримання позитивного економічного ефекту.

Список використаних джерел

1. Інструкція з експлуатації та ремонту буксових вузлів колісних пар вантажних вагонів [Текст] : ЦВ-0143 : ВНД УЗ 32.2.03.042-2014 : затв. М-вом інфраструктури України 16.01.2014. – К. : ТОВ «Девалта», 2014. – 200 с.
2. Исследование консистентных смазок для роликовых подшипников букс подвижного состава [Текст] / В. С. Шадикян, И. Д. Корэ, М. С. Коган, И. Г. Цуркан // Тр. ВНИИЖТ. – М. : Трансжелдориздат, 1959. Вып. 180. – С. 4-42.
3. Мартинов, І. Е. Визначення довговічності конічних підшипників для рухомого складу [Текст] / І. Е. Мартинов : зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2007. – Вип. 86. – С. 56-61.
4. Нарышкина, В. Н. Подшипники качения [Текст] : справочник-каталог / В. Н. Нарышкина, Р. В. Корсташевский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.

5. Особенности поведения противозадирной присадки в смазке для буксовых роликовых подшипников [Текст] / И. Г. Цуркан, М. С. Коган, В. А. Самошин, А. Н. Мирза, З. М. Милосердова // Тр. ЦНИИ МПС. – М. : Транспорт, 1973. - Вып. 490. –С. 38-48.
6. Перель, Л. Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор [Текст] : справочник / Л. Я. Перель. – М. : Машиностроение, 1983. – 543 с.
7. Розробка програми-методики та проведення порівняльних стендових випробувань циліндричних буксових підшипників, обладнаних різними типами мастил [Текст] : звіт про НДР (заключ.) : 10/2-13 / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. ; кер. Мартинов І. Е. ; викон.: Равлюк В. Г. [та ін.] – Х., 2013. – 31 с. – Бібліогр.: с. 29–31. – № ДР 0113U001806. – Інв. № 0713U007540.
8. Синицин, В. В. Пластичные смазки за рубежом [Текст] : справочник / В. В. Синицин. – М. : Химия, 1983. – 328 с.
9. Синицин, В. В. Подбор и применение пластичных смазок [Текст] / В. В. Синицин. – М. : Химия, 1969. – 376 с
10. Цуркан, И. Г. Обобщение опыта эксплуатации смазки 1-ЛЗ в буксах с роликовыми подшипниками [Текст] / И. Г. Цуркан, И. Д. Корэ // Тр. ЦНИИ МПС. – М. : Транспорт, 1967. - Вып. 335. – С. 5-21.
11. Цюренко, В. Н. Надежность роликовых подшипников вагонов [Текст] / В. Н. Цюренко, В. П. Петров. – М. : Транспорт, 1982. – 96 с.
12. Чебаненко, В. М. Результаты испытаний для букс подвижного состава с роликовыми подшипниками [Текст] / В. М. Чебаненко, С. В. Перов : межвуз. сб. науч. трудов / МИИТ. – М. : МИИТ, 1984. - Вып. 746. –С. 85-104.

Мартинов Ігор Ернстович д-р техн. наук, професор кафедра вагонів Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@rambler.ru

Перешивайлов Сергій Віталійович асистент кафедра вагонів Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-35. E-mail: pereshyvajlov@rambler.ru

Шовкун Вадим Олександрович аспірант кафедра вагонів Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-35. E-mail: vadim_shovkun@mail.ru

Martinov Igor Ernstovich d-r science, professor department of wagons Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@rambler.ru

Pereshyvajlov Sergiy Vitaliyovich assistant department of wagons Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: pereshyvajlov@rambler.ru

Shovkun Vadim Oleksandrovich postgraduate department of wagons Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: vadim_shovkun@mail.ru