

УДК 629.423
UDC 629.423

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНО-МОДЕЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГАЛЬМІВНИХ НАКЛАДОК БАРАБАННОГО ГАЛЬМА ДОРОЖНІХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Кисельов В.Б., доктор технічних наук, Академія муніципального управління, Київ, Україна.

METHODOLOGY OF LABORATORY-MODEL TESTS OF BRAKE PROTECTIVE STRAPS OF DRUM BRAKE OF TRAVELLING TRANSPORT VEHICLES

Kyselov V.B., Doctor of technical science, Academy of municipal administration, Kyiv, Ukraine.

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНО-МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК БАРАБАННОГО ТОРМОЗА ДОРОЖНИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кисельов В.Б., доктор технических наук, Академия муниципального управления, Киев, Украина.

Вступ В Києві експлуатується близько 500 тролейбусів, 1300 автобусів. Забезпечення безпеки перевезення пасажирів – першочергове завдання експлуатаційних підприємств міського транспорту м. Києва. Україна у 2002р. прийняла стандарт ДСТУ UN/ECE R 90-01:2005 ідентичний Правилам ЕЭК ООН № 90 «Єдині технічні приписи, що до офіційного підтвердження змінних гальмівних накладок складених і гальмівних накладок барабанного гальмівного механізму для транспортних засобів та їхніх причепів».

Технічні вимоги ДСТУ UN/ECE R 90-01:2005 п.5.1. «b», приписують, що «змінна гальмівна накладка складена або змінна гальмівна накладка барабанного гальмівного механізму повинна мати динамічні фрикційні характеристики подібні характеристикам початкової гальмівної накладки складеної або початкової гальмівної накладки барабанного гальмівного механізму, для заміни якої вона призначена», а також в частині екологічних вимог п. 5.1. «d» визначає, що «гальмівні накладки не повинні містити азбесту».

У ремонтно-експлуатаційних господарствах м. Києва експлуатуються гальмівні накладки барабанного гальма, які виготовляються Білоцерківським ВАТ «Трібо». Вони не відповідають ДСТУ UN/ECE R 90-01:2005 ні в частині спів падання їх фрикційних властивостей гальмівним накладкам заводу-виробника, ні в частині відсутності азбесту в складі фрикційної суміші.

В останні роки в м. Києві з'явилися тролейбуси і автобуси виробництва заводу ЛАЗ. Гальмівні механізми тролейбусів і автобусів виробництва заводу ЛАЗ оснащені змінними гальмівними накладками в зборі (дисковими) і гальмівними накладками барабанного гальма.

Змінні гальмівні накладки в зборі (дискові колодки) підприємствами України не випускаються, для придбання їх у Німеччині необхідні значні валютні кошти.

Метою роботи є створення і поставка на виробництво екологічно чистих змінних гальмівних накладок складених і гальмівних накладок барабанного гальмівного механізму для дорожніх транспортних засобів категорії М3 Впровадження екологічно-чистих гальмівних фрикційних накладок, крім забезпечення безпеки перевезень пасажирів і забезпечення екологічної безпеки, дозволить в 2-2,5 рази зменшити витрати на експлуатацію і ремонт гальмівних механізмів дорожніх транспортних засобів категорії М3 за рахунок оптимально підібраних характеристик зносу пари тертя: фрикційна накладка, – гальмівний барабан або фрикційна накладка – гальмівний диск.

Для постановки на виробництво екологічно чистих гальмівних накладок для гальмівних механізмів дорожніх транспортних засобів категорії М3 необхідно провести в першу чергу порівняльні лабораторно – модельні випробування за розробленою методикою. Розробка методики і є метою даної наукової статті .

Основна частина .

Основними завданнями лабораторно-модельних випробувань є:

- Визначення коефіцієнта тертя в залежності від тиску, швидкості, температури нагріву, температури при охолодженні після нагрівання.
- Визначення ефективності гальмування за коефіцієнтом тертя.

- Визначення втрати ефективності гальмування у відсотках при нагріванні фрикційної пари тертя.
- Визначення відновлюваності ефективності гальмування у відсотках при нагріванні.
- Визначення зносостійкості матеріалу і контрольного тіла за результатами стендових випробувань.

Випробування проводять на інерційній машині МІФІ (Допускається використання інерційної машини іншого типу при забезпеченні необхідних умов проведення випробувань та неперервної реєстрації параметрів, які вимагаються). Машина забезпечує:

- взаємне притискання рухомого і нерухомого кільцевих зразків в осьовому напрямку силами 196 – 7840 Н (20 – 800 кгс) з межами допустимого середнього квадратичного відхилення при оцінці випадкової складової приведеної похибки вимірювача сили не більше 2,5 % від встановлююмого зусилля при зусиллях більше 392 Н (40 кгс);
- частоту обертання рухомого зразка від 300 до 6000 хв⁻¹ з приведеною похибкою не більше 5 %;
- установку на робочому валу махових мас із похибкою динамічного моменту інерції не більше 0,01 кг м² ;
- можливість відключення приводного валу в процесі випробувань.

Вимірювальна система машини тертя забезпечує безперервну реєстрацію параметрів:

- температури в діапазоні від температури навколишнього середовища до 600 °С за допомогою термоелектричних перетворювачів (термопар) по ГОСТ 6616-94 із похибкою не більше 10 °С у діапазоні (20 – 200) °С і не більше 30 °С у діапазоні (200 – 600) °С;
- моменту сил тертя в діапазоні 0,98-29,4 Нм (10-300 кгс*см) із середнім квадратичним відхиленням при оцінці випадкової складової приведеної похибки вимірювача моменту не більше 2,5 % сумарної кількості обертів рухомого зразка за час гальмування з похибкою не більше 1 оберту;
- тривалості гальмування з абсолютною похибкою не більше 0,1 с. Комплект пар зразків досліджуваного сполучення матеріалів складається з дискових зразків та сегментних зразків.

Три симетрично розташованих сегменти на сегментному зразку виконують таким чином, щоб центральний кут кожного сегмента складав 120° Квз,

де $K_{вз} = A_{a1}/A_{a2}$ – коефіцієнт взаємного перекриття фрикційного пристрою;

A_{a1} та A_{a2} – номінальні площі поверхні тертя відповідно меншого і більшого елементів третього зчленування фрикційного пристрою.

Рухомими і нерухомими зразками комплекту є зразки матеріалів, із яких виготовлені відповідно рухомі і нерухомі третьові елементи пар тертя натурального фрикційного пристрою.

Сегментний зразок виконують із того ж матеріалу, що і третьовий елемент моделюемого натурального фрикційного пристрою з меншою поверхнею тертя. Під термоелектричні перетворювачі на нерухомому зразку виконують отвір діаметром 1,5 мм для установки термопари на середньому діаметрі зразка (4 мм) і на відстані від поверхні тертя $1,7 \pm 0,2$ мм для виміру об'ємної температури.

Для асбофрикційних, волокнистих і порошкових матеріалів допускається застосовувати зразки з характеристиками шорсткості робочих поверхонь (поверхонь тертя), що відповідають технології виготовлення деталей.

Промивочні рідини: бензин по ГОСТ 5.2200-74 , ацетон по ГОСТ 2603-79.

Вимірювальний прилад, що забезпечує вимір зношування зразка по відстані від робочої поверхні до незмінної базової поверхні зразка з похибкою не більше 0,002 мм.

Підготування до випробувань.

З накладки випробовуемого матеріалу вирізають три сегменти (площа кожного 4 см²) і прикріплюють до сталевій підложки. Зразок шліфують із двох сторін і намічають фіксовані місця для виміру лінійного зношування.

Нерухомий зразок (контртіло) із чавуна або стали шліфують із двох сторін і намічають фіксовані місця для виміру лінійного зношування.

Для виміру об'ємної температури в отвір нерухомого зразка встановлюють термоелектричний перетворювач таким чином, щоб його голівка торкалася дна отвору.

Рухомий і нерухомий зразки встановлюють у машині тертя.

Приробка.

Перед випробуванням пара тертя повинна бути прироблена. Приробку здійснюють окремими гальмуваннями. Режим приробки:

- динамічний момент інерції, кг м² _____ 0,24
- тиск, МПа _____ 1,5

- частота обертання, хв^{-1} 3000
- температура початку гальмування, $^{\circ}\text{C}$ _____ до 100

Приробка рахується закінченою, якщо по всій номінальній поверхні зразків є сліди зношування на площі не менше 90 %. Площа, яку займають сліди тертя, контролюють періодично візуальним оглядом без знімання зразків із машини тертя.

Проведення випробування. Визначення залежності коефіцієнта тертя від тиску. Виконують по три гальмування при тиску 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 МПа, динамічному моменті інерції рівному 0,24 кг м^2 , початковій частоті обертання 3000 хв^{-1} .

Температура на початку гальмування 100 $^{\circ}\text{C}$. Реєструється поточний момент тертя. Наприкінці кожного гальмування реєструють число обертів махових мас за час гальмування.

Визначення залежності коефіцієнта тертя від швидкості ковзання. Виконують по три гальмування при частоті обертання 1500, 3000, 4500 хв^{-1} .

Номінальний тиск на зразки 1,5 МПа, динамічний момент інерції – 0,24 кг м^2 . Температура на початку гальмування -100 $^{\circ}\text{C}$.

Реєструється поточний момент тертя і наприкінці кожного гальмування число обертів махових мас за час гальмування.

Визначення залежності коефіцієнта тертя від температури при нагріванні (втрата ефективності). При кожній із початкових температур 100, 150, 200, 250, 300, 350 і 400 $^{\circ}\text{C}$ проводять по три гальмування з реєстрацією поточного моменту тертя, наприкінці кожного гальмування – температури і числа обертів махових мас за час гальмування.

Номінальний тиск на зразки 1,5 МПа, динамічний момент інерції – 0,24 кг м^2 , частота обертання – 3000 хв^{-1} .

Визначення залежності коефіцієнта тертя від температури при охолодженні після нагрівання (відновлюваність).

Виконують по три гальмування при кожній із початкових температур: 400, 350, 300, 250, 200, 150 і 100 $^{\circ}\text{C}$ із реєстрацією поточного моменту тертя, наприкінці гальмування – кінцевої температури і числа обертів махових мас за час гальмування.

Номінальний тиск на зразки 1,5 МПа, динамічний момент інерції 0,24 кг м^2 , частота обертання – 3000 хв^{-1} .

Визначення приведенного лінійного і вагового зношування, інтенсивності зношування.

Виконують 50 гальмувань при наступному режимі випробувань:

- динамічний момент інерції, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ 0,24
- номінальний тиск на зразки, МПа 1,5
- початкова частота обертання, хв^{-1} 3000
- температура початку гальмування, $^{\circ}\text{C}$ _____ 100

Товщину зразків вимірюють у такий спосіб: зразок із фрикційного матеріалу – у 3-х фіксованих точках; контргіло (сталь, чавун) – у 8-ми фіксованих точках.

Для виміру товщин зразків використовують скобу важельну по ГОСТ 4734-69 із ціною поділки 0,002 мм, кінцеві міри довжини I (II) класу по ГОСТ 9038-90 і мікрометр типу МК-25-1 по ГОСТ 6507-90 із ціною поділки 0,01 мм. Обробка результатів випробувань.

Коефіцієнт тертя f визначають як середній коефіцієнт тертя при розшифруванні діаграм моменту тертя, звідки розраховується середня ордината, а потім за графіком тарировки – середній момент тертя $M_{тр}^{cp}$.

Коефіцієнт тертя визначають по формулі:

$$f = \frac{2M_{тр}^{cp}}{D_{cp} P_{уд} A_{обр}^a},$$

де $M_{тр}^{cp}$ – момент тертя середній;

D_{cp} – середній діаметр зразка 0,064 м;

$P_{уд}$ – питомий тиск на зразки – 0,5; 1,0; 1,5 й 2,0 МПа

$A_{обр}^a$ – площа зразка з 3-х сегментів, 12 см^2 .

Коефіцієнт тертя f може бути також обчислений і по наступній формулі:

$$f = \frac{I \cdot \omega^2 \cdot K}{10^6 \cdot 4\Pi \cdot P_a \cdot A_{обр}^a \cdot R_{тр} \cdot n_T},$$

де I – момент інерції махових мас, кг·см²;

w – частота обертання махових мас, с⁻¹;

P_a – номінальне тиску на зразки, МПа;

$A_{обр}^a$ – номінальна площа тертя зразків, м²;

R_{mp} – середній радіус тертя – 0,032 м;

n_T – число обертів махових мас за час гальмування;

K – коефіцієнт опору:

$$K = I - \frac{P_T}{P_g},$$

де P_g – число обертів махових мас за час вибігу.

За результат випробувань на кожному етапі приймають середнє арифметичне трьох обчислень коефіцієнта тертя при кожному тиску, швидкості і температурі і вичерчують по одній кривій.

Інтенсивність зношування I_w в 10⁻¹² (м³/дж) обчислюють по формулі:

$$I_w = \frac{10^3 \cdot 2 \cdot \Delta h \cdot A_a}{I \cdot 10^2 \cdot K \cdot Z},$$

Z – загальна кількість гальмувань за етап визначення інтенсивності зношування.

Δh – середнє зношування зразка, як середнє арифметичне за результатами виміру в контрольованих крапках ($\Delta h = h_n - h_k$, де h_n і h_k – відстань від робочої поверхні до базової, до й після завершення випробувань).

Значення об'ємної температури визначають по показниках приладу. Час гальмування визначають по електросекундовимірвачу або по мітках часу на діаграмі.

Для визначення змінення маси у рідинах (п.1.7, таблиця 1.1, п.4), з накладок вирізають зразки розміром не менше (22 ч 27) мм, товщиною, яка дорівнює товщині накладки.

Зразки зважують на лабораторних вагах ГОСТ 24104-88 (третій клас точності, ціна поділки 2 мг) і розміщують при температурі (20 ± 5)°С на (4 ± 0,25) години у воду ГОСТ 6709-72.

По закінченню зазначеного часу зразки виймають, прибирають з їх поверхні залишки води та мастила фільтрувальним папером, та знову зважують.

Зміну маси у воді у відсотках, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \%$$

де m – маса зразка до випробування, г;

m_1 – маса зразка після випробування, г.

За результат випробування партії приймають середнє арифметичне значення результатів випробувань трьох накладок. Точність обчислення до 0,001, ступінь округлення до 0,01.

Забезпечення фрикційних властивостей накладок відповідно ефективності робочої, стоянкової і запасної гальмівних систем тролейбуса, а також вимоги діючих стандартів, перевіряються методами за ГОСТ 22895-77 (для нового рухомого складу) і ДСТУ 3649:2010 (для рухомого складу, який знаходиться в експлуатації). Рипіння або вібрація гальмівних механізмів, обумовлених зруйнуванням та розтріскуванням накладок, а також «намазуванням» матеріалу накладок, перевіряється візуально.

Висновки.

Запропонована методика лабораторно-модельних випробувань пройшла апробацію у Інституті проблем матеріалознавства АН України на машині тертя МІФІ-1. В результаті лабораторно-модельних випробувань отримані попередні результати по динамічним фрикційним характеристикам гальмівних накладок угорського і чеського заднього мосту дорожніх транспортних засобів категорії М3. Отримані результати можуть бути використані в якості технічних вимог для розробки перспективної гальмівної накладки для дорожніх транспортних засобів (автобусів, тролейбусів) на Україні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ UN/ECE R 90-01:2005 – Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження змінних гальмових накладок у зборі і гальмових накладок барабанних гальмових механізмів для механічних колісних транспортних засобів та їхніх причепів (UN/ECE R 90-01:2002, IDT).
2. ГОСТ 6616-94 – «Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия».
3. ГОСТ 5.2200-74 Бензин-растворитель для резиновой промышленности марки БР-2. Требования к качеству аттестованной продукции.
4. ГОСТ 2603-79 Реактивы. Ацетон. Технические условия.
5. ГОСТ 4734-69 Прихваты поворотные. Конструкция.
6. ГОСТ 9038-90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.
7. ГОСТ 6507-90 Микрометры. Технические условия.
8. ГОСТ 24104-88 Весы лабораторные общего назначения и образцовые.
9. ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия.
10. ГОСТ 22895-77 Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Нормативы эффективности. Общие технические требования.
11. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби.

REFERENCES

1. DSTU UN/ECE R 90-01:2005 – Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження змінних гальмових накладок у зборі і гальмових накладок барабанних гальмових механізмів для механічних колісних транспортних засобів та їхніх причепів (UN/ECE R 90-01:2002, IDT). (Ukr)
2. GOST 6616-94 – «Preobrazovateli termoe'lektricheskie. Obshhie texnicheskie usloviya». (Rus)
3. GOST 5.2200-74 Benzin-rastvoritel' dlya rezinovoj promyshlennosti marki BR-2. Trebovaniya k kachestvu attestovannoj produkcii. (Rus)
4. GOST 2603-79 Reaktivy. Aceton. Texnicheskie usloviya. (Rus)
5. GOST 4734-69 Prixvaty povorotnye. Konstrukciya. (Rus)
6. GOST 9038-90 Mery dliny koncevye ploskoparallel'nye. Texnicheskie usloviya. (Rus)
7. GOST 6507-90 Mikrometry. Texnicheskie usloviya. (Rus)
8. GOST 24104-88 Vesy laboratornye obshhego naznacheniya i obrazcovye. (Rus)
9. GOST 6709-72 Voda distillirovannaya. Texnicheskie usloviya. (Rus)
10. GOST 22895-77 Tormoznye sistemy i tormoznye svoystva avtotransportnykh sredstv. Normativy e'ffektivnosti. Obshhie texnicheskie trebovaniya. (Rus)
11. DSTU 3649:2010 Kolisni transportni zasobi. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Кисельов В.Б. Методика лабораторно-модельних випробувань гальмівних накладок барабанного гальма дорожніх транспортних засобів / В.Б. Кисельов // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 1: Серія «Технічні науки». – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

У статті запропоновано методику лабораторно-модельних випробувань гальмівних накладок барабанного гальма дорожніх транспортних засобів на інерційній машині тертя.

Основними завданнями лабораторно – модельних випробувань є:

Визначення коефіцієнта тертя в залежності від тиску, швидкості, температури нагріву , температури при охолодженні після нагрівання.

Визначення ефективності гальмування за коефіцієнтом тертя.

Визначення втрати ефективності гальмування у відсотках при нагріванні фрикційної пари тертя.

Визначення відновлюваності ефективності гальмування у відсотках при нагріванні.

Визначення зносостійкості матеріалу і контрольного тіла за результатами стендових випробувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЛАБОРАТОРНО-МОДЕЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГАЛЬМІВНИХ НАКЛАДОК, БАРАБАНИ ГАЛЬМА, ДИСКОВІ ГАЛЬМА, ДОРОЖНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ, КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛЬМУВАННЯ, ВТРАТИ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ.

ABSTRACT

Kyselov V.B. Methodology of laboratory-model tests of brake protective straps of drum brake of travelling transport vehicles. Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 1: Series «Technical sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 29.

In the article methodology of laboratory-model tests of brake protective straps of drum brake of travelling transport vehicles is offered on inertia to the machine of friction.

By basic tasks laboratory – model tests is:

Determination of coefficient of friction depending on pressure, speed, temperatures of heating, temperature at cooling after heating.

Determination of braking efficiency is after the coefficient of friction.

Determination of loss of braking efficiency is in percents at heating of friction pair of friction.

Determination of refurbishableness of braking efficiency is in percents at heating.

Determination of wearproofness of material and control body is on results stand tests.

KEY WORDS: LABORATORY-MODEL TESTS OF BRAKE PROTECTIVE STRAPS, DRUM BRAKES, DISK BRAKES, TRAVELLING TRANSPORT VEHICLES, COEFFICIENT OF FRICTION, EFFICIENCY OF BRAKING, LOSS OF BRAKING EFFICIENCY.

РЕФЕРАТ

Кисельов В.Б. Методика лабораторно-модельних испытаній тормозних накладок барабанного тормоза дорожніх транспортних средств / В.Б. Кисельов // Вестник Национального транспортного университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 1: Серия «Технические науки». – К. : НТУ, 2014. – Вып. 29.

В статье предложена методика лабораторно-модельних испытаній тормозних накладок барабанного тормоза дорожніх транспортних средств на инерционной машине трения.

Основными заданиями лабораторно – модельних испытаній есть:

Определение коэффициента трения в зависимости от давления, скорости, температуры нагрева, температуры при охлаждении после нагревания.

Определение эффективности торможения за коэффициентом трения.

Определение потери эффективности торможения в процентах при нагревании фрикционной пары трения.

Определение восстанавливаемости эффективности торможения в процентах при нагревании.

Определение износостойкости материала и контрольного тела по результатам стендовых испытаній.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЛАБОРАТОРНО-МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК, БАРАБАНЫЕ ТОРМОЗА, ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗА, ДОРОЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ, ПОТЕРИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ.

АВТОР:

Кисельов Володимир Борисович, доктор технічних наук, Академія муніципального управління, Київ, Україна, декан факультету управління міським господарством, e-mail: kvbglush@mail.ru тел. +3800676592608, Україна, 04210, м. Київ, пр. Героїв Сталінграду, 22, кв. 138.

AUTHOR:

Kyselov Volodymyr Borisovich, doctor of engineering sciences, Academy of municipal management, Kyiv, Ukraine, dean of faculty of management a municipal economy, e-mail: kvbglush@mail.ru tel. +3800676592608, Ukraine, 04210, Kyiv, pr. Heroes of Stalingrad, 22, apt. 138.

АВТОР:

Киселев Владимир Борисович, доктор технических наук, Академия муниципального управления, Киев, Украина, декан факультета управления городским хозяйством, e-mail: kvbglush@mail.ru тел. +3800676592608, Украина, 04210, г. Киев, пр. Героев Сталинграда, 22, кв. 138.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Чибириков В.К., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри вищої математики, Київ, Україна.

Поліщук В. П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідуючий кафедрою «Транспортні системи та безпека дорожнього руху», Київ, Україна.

REVIEWERS:

Chybyryakov V.K., PhD, Engineering (Dr.) professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Head of Department of Mathematics, Kyiv, Ukraine.

Polishchuk V.P., Ph.D., Engineering (Dr.) professor, National Transport University, head of the department of Transport systems and traffic safety, Kyiv, Ukraine.