ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ДАТЧИКА ШВИДКОСТІ СИЛОВОГО СТЕНДА З ШИНОЮ

Головня М.Д., ст. гр. А-51-22,
golovna2001@gmail.com
Науковий консультант: Мармут І.А., доц., к.т.н.

Вступ. Контроль технічного стану колісних транспортних засобів (КТЗ) в умовах експлуатації виконується, як правило, на діагностичних стендах з біговими барабанами. Стенди дозволяють усувати негативний впливав на якість обстеження КТЗ зовнішніх чинників, таких як погода, опади, вітер і т.п. Крім того, вони мають унікальну властивість – досліджувати системи і агрегати нерухомого КТЗ, що прийнято називати «принципом оборотності руху» [1, 2].

Результати дослідження. При всіх очевидних перевагах діагностуючі стенди мають ряд недоліків. Так, наприклад, майданчикові стенди в силу низьких метрологічних і діагностичних характеристик, пов'язаних з наявністю в їх конструкції системних факторів, заборонені до застосування при проведенні технічного огляду КТЗ в цілому ряді країн світу. Отримавши масове поширення діагностичні стенди з біговими барабанами теж не бездоганні. Вони мають хоч і не системні, але, тим не менш, чутливі для точності контролю технічного стану КТЗ недоліки. Одним з них є низька частота обертання коліс при контролі гальмівних систем, відповідна початковій швидкості КТЗ 2…4 км/год. З одного боку, для підвищення цієї швидкості на силових гальмівних стендах з біговими барабанами необхідно значно збільшувати потужність електродвигунів. Але, з іншого боку, для вирішення задачі підвищення швидкості можна успішно застосовувати інерційний метод контролю гальмівних систем.

Підвищення початкової швидкості КТЗ на стендах ставить нове завдання – збільшення точності контролю частоти $\omega_к$ коліс КТЗ. Від її рішення залежить достовірність визначення режиму, в якому знаходиться колесо КТЗ. У свою чергу, режим (тяговий, гальмівний, ведений, вільний і ін.) визначається величиною прослизання плями контакту шини щодо опорної поверхні опорних роликів стенда:

$$S = \frac{\omega_к \cdot R_{к_0}}{\omega_р \cdot r_р}, \quad (1)$$

де $\omega_к$ – кутова швидкість колеса;

$R_{к_0}$ – радіус кочення колеса в підпорядкованому режимі;

$\omega_р$ – кутова швидкість опорного ролика стенду;

$r_р$ – радіус опорного ролика стенду.

І якщо із забезпеченням необхідної точності вимірювання кутової

швидкості $\omega_р$ опорних роликів стенду зазвичай проблем не виникає, то з точністю вимірювання кутової швидкості колеса $\omega_к$ все інакше. Причому, чим вище кутова швидкість колеса $\omega_к$, тим більше похибка її вимірювання.

В даний час контроль частоти обертання коліс КТЗ на діагностичних роликових стендах здійснюють слідкувальні системи. Датчиками цих систем є ролики 2, які слідкують за обертанням коліс (рис. 1).

Ролики слідкувальної системи 2 кінематично не пов'язані з опорними роликами 1 стенду.

Рис. 1 – Платформа діагностичного роликового стенда

Для аналізу системи вимірювання кутової швидкості коліс автомобіля на роликовому стенді розглянемо схему, представлену на рис. 2. Ми бачимо схему сил і моментів, що діють на колесо КТЗ. Колесо 1 встановлено на опорні ролики 2 діагностичного стенда і навантажено частиною ваги автомобіля $G_к$, що припадає на це колесо. В результаті в плямах контакту шини з опорними роликами виникають реакції R_{z1} і R_{z2}. Колесо обертається з кутовою швидкістю $\omega_к$. Колесо обертається з кутовою швидкістю $\omega_к$. Слідкувальний ролик 3 притиснутий до коліс діагностуємого КТЗ зусиллям F_N, яке розвивається пружинно-важільним механізмом, що складається з натискного важеля 6, опори 4 і пружини 5.

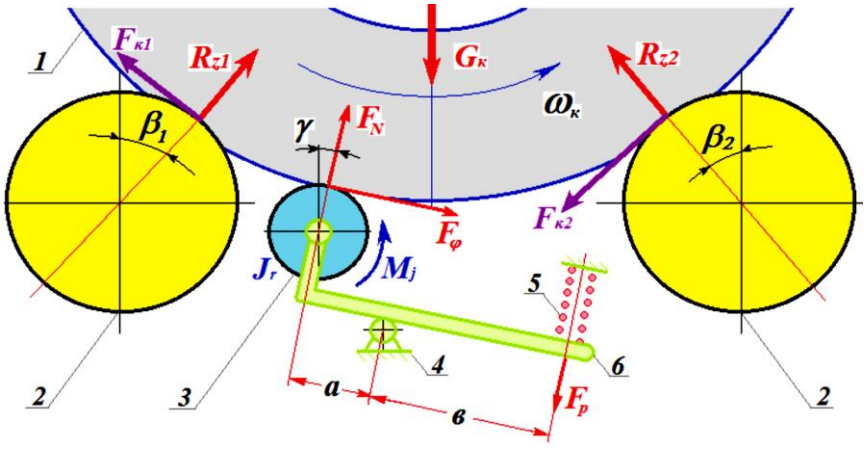


Рис. 2 – Схема сил і моментів, що діють на колесо КТЗ на роликовому стенді

Ролик слідкувальної системи 3 кінематично жорстко не пов'язаний з колесом 1 і приводиться в обертання тільки силою тертя:

$$F_\varphi = F_N \cdot \varphi. \quad (2)$$

При збільшенні або зниженні кутової швидкості обертання колеса 1 сила тертя F_φ забезпечує розгін або сповільнення ролика слідкувальної системи 3, але тільки в тому випадку, якщо інерційний момент M_j ролика не перевищить моменту його зчеплення M_φ з біговою доріжкою шини:

$$M_j \leq M_\varphi. \quad (3)$$

Величина діючого на ролик слідкувальної системи інерційного моменту M_j визначається за формулою

$$M_j = J_r \cdot \frac{d_{\omega r}}{dt}, \quad (4)$$

де J_r – момент інерції слідкувального ролика системи.

Момент зчеплення слідкувального ролика з біговою доріжкою шини знайдемо з виразу:

$$M_\varphi = F_\varphi \cdot r_r, \quad (4)$$

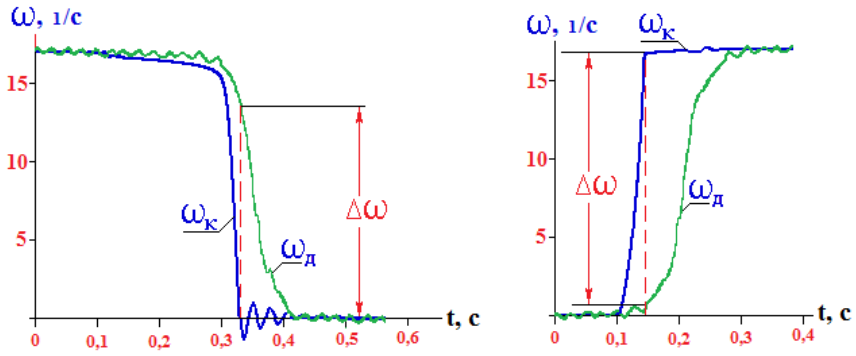
де F_φ – сила зчеплення слідкувального ролика з біговою доріжкою шини;

r_r - радіус слідкувального ролика стенду.

Як показує експлуатація стендового обладнання, при малих швидкостях діагностування КТЗ (2…4 км/год) на роликових стендах формула (3) виконується цілком задовільно. Але ось зі збільшенням швидкості діагностування на стендах як в гальмівному, так і в тяговому режимах виникають похибки вимірювання кутової швидкості, викликані прослизанням ролика слідкувальної системи щодо бігової доріжки шини.

На рис. 3 показані осцилограми зміни кутової швидкості $\omega_к$ колеса і сигналу $\omega_д$ від системи вимірювання цієї кутової швидкості зі слідкувальним роликом на роликовому стенді при початковій швидкості 15,5 км/год. Аналіз представлених на рис. 3 осциллограмм переконливо показує, що сигнал $\omega_д$ системи вимірювання кутової швидкості колеса сильно відстає від реальної швидкості обертання колеса $\omega_к$ як при його гальмуванні (рис. 3, а), так і при послабленні гальм (рис. 3, б). Найбільше значення зведеної похибки вимірювання кутової швидкості Δ_ω досягає 80% і вище. Це пов'язано, в першу чергу, з тим, що не забезпечується умова (3) і ролик слідкувальної системи прослизає відносно бігової доріжки шини.

Тобто ролик не встигає за динамічно змінюючим свою кутову швидкість колесом. Збільшення початкової швидкості, а отже, і кутової швидкості колеса $\omega_к$ призводить до ще більших похибок Δ_ω вимірювання кутової швидкості колеса.



а – в режимі гальмування колеса; б – в режимі послаблення гальм

Рис. 3 – Осцилограми зміни кутової швидкості $\omega_к$ колеса і сигналу $\omega_д$

Для усунення прослизання ролика слідкувальної системи щодо бігової доріжки шини необхідно проаналізувати умову (3). Тут можливі два варіанти: або знижувати величину моменту інерції J_r ролика слідкувальної системи, або підвищувати момент зчеплення M_φ стежачого ролика з біговою дорожкою шини.

Зменшення величини моменту інерції J_r не ефективно. По-перше, це зменшує його міцність і твердість. По-друге, зменшення діаметра ролика призводить до збільшення його кутової швидкості при одночасному скороченні площі плями контакту. Підвищення моменту зчеплення M_φ ролика з біговою доріжкою шини можливо на основі аналізу виразу (4). Аналіз показує, що підвищення моменту зчеплення M_φ ролика можливо за рахунок:

- збільшення коефіцієнта φ зчеплення слідкувального ролика з біговою доріжкою шини;
- збільшення радіусу r_r слідкувального ролика;
- збільшення нормальної сили F_N.

Збільшення коефіцієнта φ зчеплення слідкувального ролика з біговою доріжкою шини виконується за допомогою нанесення на його зовнішню поверхню абразивного шару. Таке покриття дозволяє отримати максимально можливу величину коефіцієнта зчеплення φ слідкувального ролика з шиною до значення 1,1. Збільшення радіусу ролика технічно недоцільно, оскільки веде до збільшення моменту інерції J_r ролика.

Висновки. 1. Існуючі системи вимірювання кутової швидкості коліс КТЗ на роликових стендах, що мають притискні слідкувальні ролики, задовільно виконують свої функції тільки при малих (до 6 км/год) швидкостях.

2. Збільшення початкової швидкості вище 6 км/год призводить до великих погрішностей вимірювання кутової швидкості, величина яких може

досягати 80% і вище. Похибки ці викликані прослизанням слідкувального ролика щодо бігової доріжки шини.

3. Спроби зниження прослизання слідкувального ролика щодо відповідності бігової доріжки шини і тим самим зменшення похибки вимірювання кутової швидкості коліс малоефективні і можуть призводити до недостатньої точності вимірювання гальмівної сили внаслідок зниження ваги $G_{\text{к}}$, що припадає на колесо. Крім того, як окремий випадок можливо з'єднання слідкувального ролика з бічною поверхнею шини. Це дозволить позбутися від впливу сили притиснення слідкувального ролика на величину ваги $G_{\text{к}}$, але тоді виникнуть проблеми точності його розташування на всіляких формах бічного профілю шин.

Найбільш перспективним напрямком вирішення завдання підвищення точності вимірювання кутової швидкості коліс КТЗ на стендах з біговими барабанами слід вважати застосування безконтактних (в тому числі лазерних) методів вимірів.

Література

1. Роликові стенди для перевірки гальмівних та тягових якостей автомобілів: наукове видання / [Говорущенко М.Я., Волков В.П., Рабінович Е.Х., Мармут І.А., Зуєв В.О.]. Х.: ХНАДУ, 2009. – 344 с. 2. Говорущенко М.Я. Системотехника автомобільного транспорту (розрахункові методи досліджень): монографія / М.Я. Говорущенко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 292 с.