

УДК 620.178.4

## МЕХАНІЗМ ВТОМНОГО ЗНОСУ ПРОТЕКТОРА ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН

### THE FATIGUE WEAR MECHANISM OF PNEUMATIC TIRE TREAD

**Балака Максим, Паламарчук Дмитро, Новохацький Петро**

*Київський національний університет будівництва і архітектури,  
просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037*

Кочення колеса з пневматичною шиною по опорній поверхні за різних режимів роботи обов'язково супроводжується явищем проковзування протектора шини відносно опорної поверхні, що суттєво впливає на тягово-зчіпні властивості рушія, знос та довговічність протектора шини. Однак знос протектора є більш складним процесом за зовнішню тертя і є результатом впливу фізико-хімічних та механічних процесів, що відбуваються в контакті пневматичної шини з опорною поверхнею. Завдання попередження передчасного зносу і руйнування шин є складним та пов'язано з умінням визначити їх види [1], безпомилково виявити причину кожного руйнування шини.

Для пневматичних шин, встановлених на транспортних засобах, найбільш характерним є втомний знос протектора. Він здійснюється при відносно невеликій силі тертя між гумою і опорною поверхнею та невисоких контактних напруженнях на нерівностях твердої поверхні. Руйнування поверхневого шару гуми в контакті відбувається в результаті багаторазових деформацій. Кількість циклів до руйнування є функцією втомної витривалості гуми та напруженого стану, що залежить від тиску, швидкості, геометрії поверхні [2]:

$$n = \left( \frac{f_z}{f_1} \right)^b, \quad (1)$$

де  $f_z$  – опір розриву;  $f_1$  – амплітуда динамічного напруження;  $b$  – коефіцієнт витривалості.

Коефіцієнт  $b$ , що характеризує стійкість гуми до повторних навантажень, практично не залежить від температури, концентрації і частоти напружень. Тому цим коефіцієнтом зручно користуватися для оцінки втомних властивостей протекторних гум.

Елементарним стиранням гуми є втомне руйнування її поверхневого шару в результаті багаторазово повторюваних деформацій стиску, розтягу та зсуву, обумовлених взаємодією гуми з шорсткою поверхнею твердого тіла, по якій відбувається проковзування. Якщо поверхня має однакові нерівності, що розташовані на однаковій відстані один від одного, то об'єм стирання пропорційний деформованому об'єму гуми, товщина шару стирання – глибині занурення виступів, а амплітудне значення напруження – найбільшому тиску.

Виходячи з цих умов, зносостійкість можна визначити за виразом [3]:

$$\beta = k_1 \mu \left( \frac{f_z}{k_2} \right)^b E^{2/3(1-b)} \cdot p^{1/3(1-b)} \left( \frac{1}{r} \right)^{1/3(5-2b)}, \quad (2)$$

де  $k_1, k_2$  – безрозмірні константи, що не залежать від умов випробувань і властивостей гуми;  $\mu$  – коефіцієнт тертя;  $E$  – модуль пружності;  $p$  – тиск в шині;  $r$  – кривизна поверхні.

Рівняння (2) надає наближено кількісну залежність між зносостійкістю та основними параметрами, які характеризують властивості пари тертя і умови випробування. Властивості протекторної гуми визначаються її міцністю на розрив, модулем пружності, коефіцієнтом динамічної витривалості та коефіцієнтом тертя. З параметрів, що характеризують умови випробування, до рівняння (2) входить тільки тиск в шині. Швидкість і температура можуть

бути введені через відповідні залежності для міцностних, пружних, втомних і фрикційних властивостей протекторних гум.

Незважаючи на наближеність, рівняння (2) дає можливість встановлювати раціональні режими роботи елементів тертя і вибирати протекторні гуми з оптимальним комплексом механічних властивостей, причому всі вхідні в нього величини мають ясний фізичний зміст і можуть бути визначені експериментальним шляхом.

Залежність інтенсивності стирання протекторної гуми від її механічних властивостей може бути описана рівнянням [4], в якому враховані параметри шорсткості опорної поверхні, в тому числі і реальних дорожніх покриттів:

$$I = k \left( \frac{\mu \cdot E}{f_z} \right)^b \cdot \left( \frac{p}{E} \right)^{1+b\gamma}, \quad (3)$$

де  $\gamma$  – параметр шорсткості,  $\gamma = 1/(2\nu + 1)$  (тут  $\nu$  – показник ступеня в рівнянні кривої опорної поверхні);  $k$  – константа.

Для капітальних доріг групи А (асфальто- і цементобетонні покриття) параметри шорсткості мають наступні середні значення:  $\gamma = 0,14$  і  $\nu = 3,0$ .

З рівнянь (2) та (3) випливає, що втомний знос протектора пневматичних шин збільшується з підвищенням модуля пружності гуми, тиску, зменшенням опору розриву і погіршенням втомних властивостей гуми. При реалізації втомного зносу гум на стертії поверхні не виявляється будь-який рисунок стирання. Теоретичні уявлення про втомний знос протектора носять досить загальний характер і експериментально підтверджені при стиранні гум, пластмас, металів та інших матеріалів.

При експлуатації пневматичних шин на капітальних дорогах групи А за прийнятих швидкостей 70...120 км/год головним чином спостерігається втомний знос при відносно невеликій силі тертя між гумою і опорною поверхнею, невисоких контактних напруженнях на нерівностях твердої опорної поверхні. Це підтверджується тим, що протектор при візуальному огляді має гладку поверхню, а лінійна інтенсивність зносу невелика і складає 0,12...0,17 мм/1 000 км. Інтенсивність зносу зростає зі збільшенням коефіцієнта тертя та модуля пружності, а також зменшується з підвищенням міцності матеріалів. Навантаження при цьому впливає на інтенсивність зносу значно сильніше, ніж за прямої пропорційності.

Варто підкреслити, що два інших механізми зносу протекторних гум (абразивний і «скочуванням») є високоінтенсивними видами зносу. За їх реалізації шина виявляється недовговічною. В реальних умовах експлуатації стирання протекторних гум відбувається за змішаним механізмом зносу. Інтенсивність зношування визначається співвідношенням окремих видів зносу до моменту настання граничного стану шини і виходу її з ладу.

При зміні умов експлуатації шин співвідношення окремих видів зносу і сумарна інтенсивність зношування можуть суттєво змінюватися. Оскільки машинобудівна галузь не може безпосередньо впливати на умови роботи транспортних засобів, тому при експлуатації пневматичних шин необхідно враховувати вплив радіального навантаження на шину, швидкісного режиму руху, тиску повітря в шині, температури навколишнього середовища та дорожніх умов на довговічність шин.

1. Балака М. Н., Антонков М. А. Проявление различных видов износа при эксплуатации пневматических шин. Нефть и газ Западной Сибири: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 17–18 окт. 2013 г. Тюмень: Тюмен. гос. нефтегазовый ун-т, 2013. Т. 4. С. 14–16.

2. Бартедьев Г. М., Зуев Ю. С. Прочность и разрушение высокоэластичных материалов. М.: Химия, 1984. 387 с.

3. Бродский Г. И., Евстратов В. Ф., Сахновский Н. Л., Слюдиков Л. Д. Истирание резин. М.: Химия, 1975. 540 с.

4. Резниковский Б. И., Лукомская А. И. Механические испытания каучука и резины. 2-е изд. М.: Химия, 1968. 499 с.