

УДК 629.027

Карпенко Володимир Олександрович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [karpenko4dm@gmail.com](mailto:karpenko4dm@gmail.com)

Нескреба Едуард Євгенійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [eeneskreba12@ukr.net](mailto:eeneskreba12@ukr.net)

## **ЖОРСТКІСТЬ ЯК ПАРАМЕТР ОЦІНКИ СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ШИНИ В ПЕРІОД СТАРТОВОГО РУХУ**

Останнім часом, шина як один з основних вузлів автомобіля, який безпосередньо контактує з опорною поверхнею набула досить суттєвого розвитку, сучасні тенденції вказують і на подальші її вдосконалення. Втім, зазвичай виробники автомобільних шин надають рекомендації щодо оптимальних значень їх основних характеристик, які слід підтримувати для забезпечення ефективності їх використання та безпеки дорожнього руху. Втім, ці рекомендації є коректними при експлуатації шин тільки в деяких умовах навколишнього середовища та за певного стану опорної поверхні, тобто вони не є «універсальними». Звісно, переважно умови експлуатації є майже постійними та прогнозованими, але все ж існує ймовірність виникнення «несприятливих» умов навколишнього середовища (температура та вологість повітря) для експлуатації автомобільних шин. Також є певні регіони, де температура повітря навколишнього середовища може коливатися в досить широких діапазонах, від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Експлуатація шин в таких умовах потребує додаткової уваги, адже їх поведінка є дещо непрогнозованою.

Жорсткість є однією з основних експлуатаційних характеристик автомобільної шини. Від неї, в значній мірі залежить поведінка шини в процесі експлуатації. В свою чергу, на жорсткість суттєвий вплив мають такі основні характеристики шини як внутрішній тиск та температура, що можуть змінюватися в період експлуатації в достатньо широкому діапазоні, особливо при експлуатації автомобіля в стартовому режимі руху. Відповідно жорсткість також не буде постійною та може дещо відрізнятись від оптимальних значень для безпечної та ефективної експлуатації.

Аналіз основних експлуатаційних характеристик автомобільних шин представлений в роботах багатьох науковців. Варто відзначити, що в більшості з переглянутих робіт не досліджується стартовий період руху, тобто не враховуються особливості поведінки та стану шини. В попередніх наукових дослідженнях авторів [1-2] вперше введено поняття «стартовий період руху» та коротко представлені результати експериментальних досліджень деяких характеристик шини. Представлені залежності внутрішнього тиску та температури наповнювача в шині вказують на їх досить суттєву зміну в період експлуатації на початку руху. Також була виконана непряма оцінка опору коченню шини, в результаті якої встановлено, що коефіцієнт опору коченню може змінюватися на 20-25%, тобто може бути відмінним від нормативного значення. В даній роботі основним параметром оцінки стану шини буде її

жорсткість, а саме такі показники як коефіцієнт жорсткості та коефіцієнт демпфування.

Були проведені експериментальні дослідження з метою оцінки стану та поведінки автомобільних шин при експлуатації при умовах навколишнього середовища, що не є сприятливими для їх безпечної експлуатації. Метою експерименту було визначення показників основних експлуатаційних характеристик шини. Дослідження проводилися на автомобілі Toyota Hilux, що оснащений шинами 265/70R16. Перед проведенням експерименту внутрішній тиск наповнювача в шинах був встановлений на рівні 0,24 МПа, який відповідає діапазону нормативних значень. Температура повітря в приміщенні, де встановлювався тиск складала +20°C, вологість – 50%. Далі, автомобіль було залишено на вулиці при температурі -36°C, де він знаходився протягом 10 годин в нерухомому стані. Вранці, після тривалої стоянки були виміряні показники внутрішнього тиску та температури шин та досліджувалися особливості взаємодії автомобільних шин з опорною поверхнею.



а б  
Рисунок 1 – Досліджуване автомобільне колесо:  
а – в початковому стані; б – після початку руху.

При вимірюванні внутрішнього тиску вранці, після стоянки, було зафіксовано зменшення на 20%, що також можна помітити з рис. 1.

З рисунку можна побачити, що шина після стоянки при відносно низькій температурі «деформувалася», тобто в результаті зменшення внутрішнього тиску збільшилася площа зони контакту. При початку руху шина в цьому місці залишилася тієї ж форми (рис. 1,б), тобто має місце явище затвердіння шини, це пов'язано з умовами навколишнього середовища, адже матеріал шини при досить тривалому знаходженні при таких «несприятливих» умовах дещо втратив свої пружні властивості. Тож необхідно застосувати деякі додаткові міри для доведення шини до оптимального стану. В роботах [1-2] вже висвітлені деякі особливості поведінки шини в період стартового руху. Крім того, в роботі [2] досліджується поведінка надважливої експлуатаційної

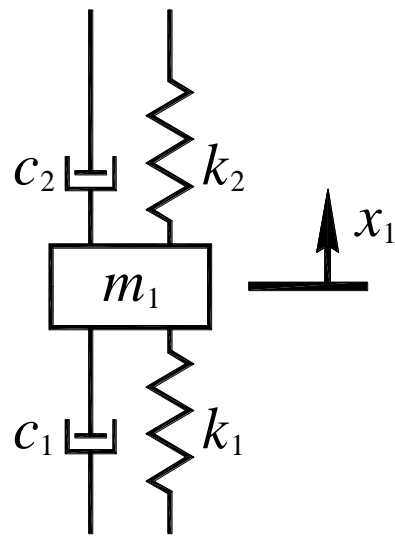
характеристики – опір коченню на початку руху. Представлені також результати експериментальної оцінки радіальної жорсткості шин.

Жорсткість шини, її основні характеристики та методи їх визначення описуються в роботі [3]. Автори [4] представили результати досліджень впливу жорсткості шин на систему підвіски автомобіля. Крім того виконаний аналіз впливу тиску в шинах, кута розвалу та швидкості руху автомобіля на жорсткість та коефіцієнт демпфування шини.

Виконаємо дослідження з визначення жорсткості автомобільної шини та її залежності від умов експлуатації та навколишнього середовища. Автомобільне колесо на початковому етапі можна спрощено представити у вигляді одномасової системи «маса-пружина-демпфер» (рис. 2).



а



б

Рисунок 2 – Автомобільне колесо (а) та його модель «маса-пружина-демпфер» (б)

Рівняння руху системи можна записати в наступному вигляді:

$$m_1 \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2) \dot{x}_1 + (k_1 + k_2) x_1 = 0. \quad (1)$$

Використовуючи результати експериментальних досліджень, отриманих в роботі [2] в якості вихідних даних, можна розв'язати рівняння (1) відносно коефіцієнтів жорсткості та демпфування, тобто виконати оцінку характеристик жорсткості шини. Та при цьому варто задавати початкові умови.

Застосування описаного аналітичного методу дозволяє з високою точністю визначати значення параметрів жорсткості шини « $c$ » та « $k$ » в залежності від умов експлуатації та навколишнього середовища. Тобто можна виконувати оцінку жорсткості та відповідно поведінки та стану шини в стартовий період руху. Результати оцінки для конкретного випадку експлуатації будуть представлені в подальших роботах авторів.

## Література

1. Karpenko V.O, Voropay O.V., Neskreba E. Ye. (2022). Indirect assessment of the rolling resistance of a car tire in the starting mode of motion. *Avtomobil'nyy transport*. (50) P. 5-13. <https://doi.org/10.1115/1.2936925>
2. Karpenko V.O., Neskreba E. Ye. (2022). Refined assessment of tire rolling resistance in the starting mode. *Avtomobil'nyy transport*, (51), 5-13. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.01>
3. Колесников, К. С. (1955). Автоколебания управляемых колес автомобиля.
4. Rostami, H. T., Najafabadi, M. F., Ganji, D. D. (2023). Investigation of tire stiffness and damping coefficients effects on automobile suspension system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 1–8. [DOI: 10.1177/09544070231151860](https://doi.org/10.1177/09544070231151860)

УДК 531.8

Коряк Олександр Олексійович, к.т.н., доц., ХНАДУ,  
alexanderalexkor@gmail.com

## ОСОБЛИВОСТІ СФЕРИЧНОГО РУХУ ХРЕСТОВИНИ ШАРНІРА НЕРІВНИХ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ

### Вступ

Шарнір нерівних кутових швидкостей (універсальний шарнір Гука) отримав широке розповсюдження завдяки простоті конструкції, надійності та високих експлуатаційних показників. Він дозволяє передавати обертальний рух у випадках, коли осі валів перетинаються під деяким кутом  $\alpha$ , який може змінюватися в процесі роботи передачі.

### Актуальність, мета і задачі дослідження

Сферичний рух хрестовини зі змінним, відносно миттєвої осі обертання, моментом інерції позначається на нерівномірності обертання валів карданної передачі. Проте цей вплив досить незначний і ним зазвичай нехтують.

Потреба врахування масово-геометричних параметрів хрестовини та всебічного аналізу її руху може виникнути при точних розрахунках високошвидкісних карданних передач. В цьому разі рух хрестовини зручно розглядати, згідно теореми Л. Пуансо, як обкочування без ковзання рухомого аксоїда по нерухомому аксоїду [1-3]. Це дасть наочне уявлення про орієнтацію її миттєвої осі обертання в нерухомій і рухомій системах координат.

В [3] відзначається, що миттєва вісь обертання хрестовини, яка утворює її рухомий аксоїд, здійснює коливання всередині конуса з кутом розчину, який дорівнює подвоєному міжосьовому куту передачі, і вершиною в центрі хрестовини. Також сказано, що нерухомим аксоїдом є деяка конічна поверхня, яка знаходиться всередині рухомого аксоїда. Але при цьому відсутні