

Перелік посилань

1. 67% of transport companies plan to invest in business development in 2025. https://eba.com.ua/en/67-transportnyh-kompanij-investuvatymut-u-rozvytok-biznesu-u-2025/?utm_source=chatgpt.com
2. Ukraine continues to actively integrate digital technologies into logistics processes to enhance efficiency and reduce costs for businesses, even in challenging circumstances. https://navisgroup.com.ua/en/2025/01/06/digitalization-in-ukrainian-logistics-a-step-into-the-future/?utm_source=chatgpt.com.

Колеснік Іван Васильович, канд. техн. наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, ivankolesnik@nubip.edu.ua
Дротов Дмитро Вячеславович, студент групи АІ 2404м, Національний університет біоресурсів і природокористування України

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ОПОРУ ВІДВЕДЕННЯ ШИН ОПОРНИХ КОТКІВ

При лабораторно-дорожніх випробуваннях керованого руху та створення роботизованих комплексів на базі швидкохідних гусеничних машин. Необхідно з високою точністю визначати момент опору повороту, який залежить від параметрів конструкції машини (моменту інерції навколо вертикальної осі, поздовжніх координат опорних котків вісей щодо центру мас), кінематичних параметрів руху (кутового прискорення, кривизни траєкторії, поздовжнього зміщення центру повороту, кутів уведення шин опорних котків), а також від значення коефіцієнта опору бокового відведення. Основна складність полягає у визначенні коефіцієнта опору бічному виводу шин опорних котків з великою точністю. Величина цього коефіцієнта визначається за функцією значення приватної похідної бічної сили, що діє на опорну ковзанку при повороті машини за значенням кута бокового відведення. Ця функція є випадковою, нелінійною і залежить від вертикального навантаження та температури шин, які не стабільні внаслідок інтенсивного нагріву в процесі руху та багатьох інших параметрів. Аналітичне визначення коефіцієнта опору відведення через складний характер малоймовірне. У зв'язку з цим значення коефіцієнта опору шин бічному виводу визначається експериментально. Загалом рух гусеничної машини з великою швидкістю по дорогах з інтенсивною зміною кривизни траєкторії супроводжується поздовжнім зміщенням полюса повороту машини. При цьому кути відведення шин опорних котків окремих осей відрізняється до 10 разів, що призводять до варіації бічних сил, значення коефіцієнта опору відведення і моменту опору повороту. У зв'язку з цим для синтезу програми управління рухом роботизованих комплексів, розрахунку необхідного значення моменту, що повертає при повороті гусеничної машини, для компенсації відхилення траєкторії,

забезпечення стійкості руху, необхідно вимірювати значення коефіцієнта опору відведення шин опорних котків кожної осі.

Відома система визначення коефіцієнта опору шин опорних котків гусеничних машин [1]. Система включає 2 мірні колеса (типу п'ятих коліс), поворотні вилки яких встановлюються у вертикальних втулках штанг, закріплених у носовій та кормовій частинах корпусу машини. При русі гусеничної машини в повороті мірні колеса та їх поворотні вилки повертаються на кути уводу відповідно передніх і задніх коліс. Розмір цих кутів вимірюється реохордними датчиками, з'єднаних з реєструючим пристроєм. Вимірювання моменту, що повертає машину, здійснюється наклеєними тензодатчиками на вали, що з'єднують трансмісію з бортовими редукторами. Виходи тензодатчиків з'єднані з реєструючим пристроєм через ртутний струмознімач. При рівномірному повороті машини, що рухається з невеликою швидкістю по колу певного радіусу, момент, що обертає, дорівнює моменту опору повороту формованим ґрунтом. За цих умов проведення випробування середнє значення кутів відведення шин опорних котків обмежене, а середнє значення коефіцієнта опору відведення визначається приватним від поділу повертаючого моменту на кривизну траєкторії та суму квадратів поздовжніх координат осей опорних котків щодо центру мас.

Недолік цієї системи полягає у низькій точності визначення коефіцієнта опору відведення. Це пов'язано з тим, що при русі гусеничної машини з великою швидкістю по дорогах з інтенсивною зміною кривизни траєкторії, момент опору формується не тільки опором ґрунту, але й додатковими складовими інерційного та бічного руху. Як показано вище при поздовжньому зміщенні центру повороту кути відведення шин опорних котків окремих осей відрізняється до 10 разів, що призводять до варіації бічних сил значення коефіцієнта опору відведення. Крім того, при русі машини з великою швидкістю спостерігається шуми вимірюваних коліс, що додатково знижує точність виміру.

В автомобільній галузі проводилися роботи вчених, і в даний час проводяться роботи наших та зарубіжних вчених з дослідження взаємодії автомобільних шин з опорною поверхнею з метою підвищення керованості, стійкості та, отже, підвищення безпеки автомобіля. Серед них Gurkan Erdogan, Sanghyun Hong, Francesco Borrelli, Karl Hedrick та ін. [2, 3, 4].

Нині постійно вдосконалюються методи визначення параметрів шини у її роботі із застосуванням нових типів датчиків. Сучасні технології дозволяють оцінювати зчеплення колеса з дорогою в реальних умовах руху машини, а не на стенді, де приймається велика кількість припущень і не точностей, що визначаються параметри взаємодії автомобільної шини з дорогою в реальному часі, застосовуються в системах активної безпеки автомобіля.

Перелік посилань

1. Fan Z., Borenstein, J., Wehe, D., and Koren, Y. 1995. Experimental evaluation of an encoder trailer for dead-reckoning in tracked mobile robots.

Proceedings of the IEEE International Symposium on Intelligent Control, Monterey, CA, pp. 571–576.

2. Ferretti, G. and Girelli, R. 1999. Modeling and simulation of an agricultural tracked vehicle. *Journal of Terramechanics* 36:139–158.

3. Fischer R *The Automotive Transmission Book* / Fischer, R., Küçükay, F., Jürgens, G., Najork, R., Pollak, B. // ISBN 978-3-319-05262-5, ISBN 978-3-319-05263-2 (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-05263-2, © Springer International Publishing Switzerland 2015, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, © 2015.

4. Hao Lu, Guangming Xiong, and Konghui Guo Hindawi Publishing Corporation *Mathematical Problems in Engineering* Volume 2016, Article ID 6375652, 13 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/6375652>

Лемішко Дар'я Сергіївна, асистент, Національний Університет Біоресурсів і Природокористування України, lemishko.dasha@nubip.edu.ua

ВПЛИВ НЕРІВНОМІРНОЇ ЖОРСТКОСТІ ШИН НА КОЛИВАННЯ АВТОМОБІЛЯ

Жорсткість шини визначається її здатністю чинити опір деформації під впливом зовнішніх сил. В ідеалі шина повинна мати рівномірну жорсткість по всьому колу і ширині, щоб забезпечувати стабільну поведінку автомобіля на дорозі. Однак у реальних умовах це завжди досягається. Нерівномірна жорсткість означає, що різні ділянки шини мають різні пружні властивості, що призводить до зміни характеристик контакту з дорожнім покриттям.

Причини виникнення нерівномірної жорсткості

1. Виробничі дефекти: помилки при виготовленні шин можуть призвести до неоднорідного розподілу матеріалів (наприклад, гумової суміші або корду); порушення технології вулканізації може спричинити локальні зміни жорсткості; невідповідність стандартам якості може призвести до появи зон із підвищеною або зниженою жорсткістю.

2. Зношування протектора: нерівномірне знос протектора (наприклад, через неправильне розвал-сходження) призводить до зміни жорсткості окремих ділянок шини; локальне зношування також може бути викликане частим гальмуванням або рухом по нерівних дорогах.

3. Помилки монтажу: неправильне встановлення шини на обід може викликати її деформацію; використання невідповідних дисків (наприклад, занадто вузьких або широких) також впливає на розподіл навантаження всередині шини.

4. Деформація каркаса: пошкодження корда або боковин шини внаслідок ударів про перешкоди (ями, бордюри) призводять до локальних змін жорсткості.