

Поляков В.М., професор кафедри автомобілів, к.т.н., доцент
Разбойников О.О., доцент кафедри автомобілів, к.т.н.
Губарєв Д.Д., аспірант
Умінський Б.С., магістр групи АБМ-П-1 спеціальність 133
«Галузеве машинобудування», ОП «Автомобілі транспортні засоби»
Національний транспортний університет (м. Київ, Україна);

СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЬНОГО КОЛЕСА ТА ЙОГО ВЗАЄМОДІЇ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

На динаміку руху автомобіля впливає велика кількість параметрів та робочих процесів його систем та механізмів [1]. Разом з тим, суттєвої уваги заслуговують параметри автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею дороги. Це пояснюється тим, що саме пневматична шина автомобільного колеса є кінцевим елементом конструкції автомобіля, яка безпосередньо взаємодіє з опорною поверхнею і передає всі сили та моменти (що діють в плямі контакту з дорогою) на його підвіску та рульове керування. До основних параметрів автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею слід віднести радіальну та бічну жорсткості пневматичної шини, повздовжній та поперечний коефіцієнти зчеплення з дорогою, коефіцієнт опору бічному відведенню тощо. Для визначення цих параметрів проводяться відповідні стендові випробування. Так, для визначення радіальної жорсткості шини c_{rz} необхідно визначити її пружну характеристику, тобто залежність деформації шини s_T від вертикального навантаження F на неї (рис. 1).

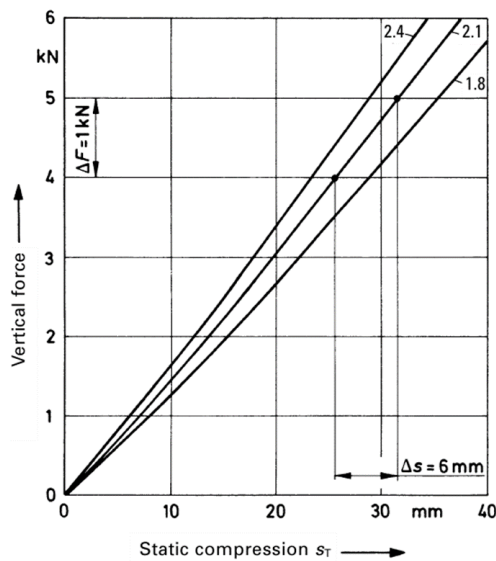


Рисунок 1 – Залежність деформації s_T шини 175/70 R 13 80 S від вертикального навантаження F на неї

при різних (1,8 bar; 2,1 bar; 2,4 bar) значеннях внутрішнього тиску [1]

Отримані параметри шин та їх взаємодії з дорогою можуть бути використанні при математичному моделюванні руху автомобіля. Крім того, такі дані можуть бути використанні з метою побудови універсальних розрахунково-експериментальних залежностей, наприклад, для визначення бічної c_{ry} (табл. 1) та радіальної c_{rz} (табл. 2) жорсткостей шин різних моделей, розмірів і типів шин в залежності від допустимого навантаження P_z [2].

Таблиця 1 – Універсальні залежності для розрахунку коефіцієнтів бічної жорсткості шини [2]

№	Вид отриманою залежності $c_{ry} = f(P_z)$	Значення постійних коефіцієнтів			Середня відносна похибка, %
		a	b	c	
1	$c_{ry} = a \cdot P_z^b$	1,12	0,73	–	4,50
2	$c_{ry} = \frac{1}{(a + b \cdot P_z^c)}$	0,08755	-0,0595	0,0448	10,2

Таблиця 2 – Апроксимуючі залежності результатів досліджень радіальної жорсткості шин [2]

Тип шин	Залежність	Середня відносна похибка, %
Легкові радіальні шини	$c_{tz} \left(\frac{H}{\text{мм}} \right) = 1,6221 \cdot P_z^{0,54438} (H)$	7
Легкові діагональні шини	$c_{tz} \left(\frac{H}{\text{мм}} \right) = 0,3311 \cdot P_z^{0,7531} (H)$	14,2
Вантажні радіальні шини	$c_{tz} \left(\frac{H}{\text{мм}} \right) = 0,3240 \cdot P_z^{0,7731} (H)$	6,4
Вантажні діагональні шини	$c_{tz} \left(\frac{H}{\text{мм}} \right) = 52,06 \cdot P_z (\kappa H) - 0,84 \cdot P_z^2 (\kappa H)$	4,9
Всі шини	$c_{tz} \left(\frac{H}{\text{мм}} \right) = 0,1244 \cdot P_z^{0,8616} (H)$	12,1

Разом з тим, найбільш точний підхід до визначення параметрів автомобільного колеса та його взаємодії з опорною поверхнею є стендові випробування для конкретної шини з конкретним внутрішнім тиском в ній. В лабораторії кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету є стенд для дослідження кочення коліс з бічним відведенням (далі за текстом –«Стенд») (рис. 2, а). Стенд складається з рами 4 (рис. 2,б), вантажної платформи 8, колеса 7, рухомої осі колеса 5, яка має можливість переміщуватися в поперечному напрямку, сталевих канатів 13, блоків 12, 14, 15, вантажу 11, що створюють бічну силу на колесо, і вантажу 10, що створюють вертикальне навантаження. Варто зазначити, що Стенд має можливість вертикального переміщення вантажної платформи 8 по вертикальним напрямним 9, а також переміщення вздовж опорної поверхні 1 на роликах 3 по швелерах 2. Рухома вісь 5 колеса 7 має можливість переміщення разом із колесом в поперечному напрямку по рухомим напрямним Стенду [3].

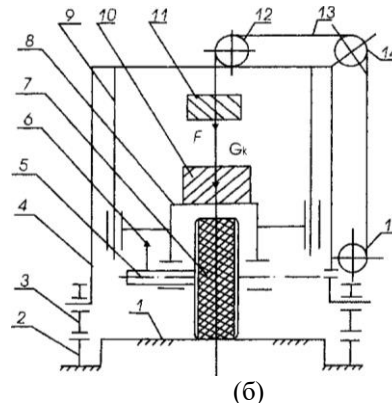


Рисунок 2 – Загальний вигляд Стенду (а) та його кінематична схема (б)

На Стенді проведено експериментальні дослідження щодо визначення радіальної жорсткості c_{tz} шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) та розмірів плями її контакту з опорною поверхнею (рис. 3). Вертикальне переміщення вантажної платформи для відриву автомобільного колеса від опорної поверхні (рис. 3, а) та поновлення його контакту (рис. 3, б) відбувалось з залученням тельферу. Для визначення розмірів плями контакту між шиною та опорною поверхнею (рис. 3, в) на шину нанесено крейду (рис. 3, а).

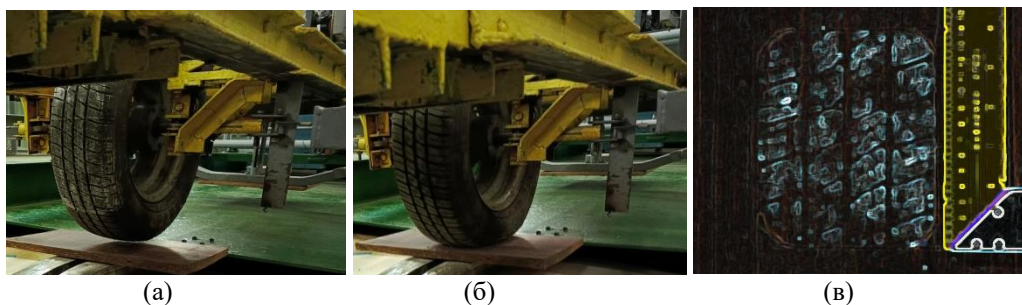


Рисунок 3 – Експериментальні дослідження щодо визначення радіальної жорсткості c_{tz} шини 175/70 R 13 82 T і розмірів плями її контакту з опорною поверхнею

За результатами експериментальних досліджень визначено, що радіальна жорсткість s_T шини 175/70 R 13 82 T становить 164 Н/мм. За результатами отриманих експериментальних даних було нанесено точки на поле графіка щодо залежності деформації шини s_T від вертикального навантаження F на неї, а потім було побудовано апроксимуючу зазначеної графічної залежності (рис. 4). Вертикальне навантаження F забезпечувалось масою самої платформи (110 кг) і вісьма зйомними вантажами по 30 кг кожний (рис. 2, а).

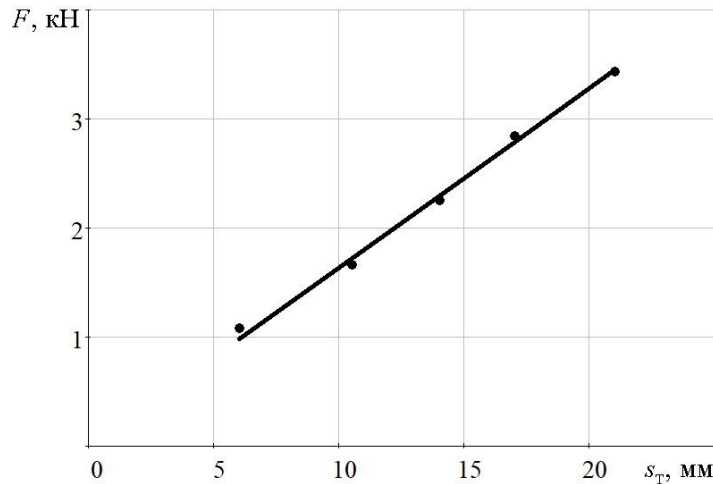


Рисунок 4 – Залежність деформації s_T шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) від вертикального навантаження F

Проведено порівняння отриманих на Стенді експериментальних даних (рис. 4) з даними визначеними на основі відомостей наведених в роботах [1, 2]. Так, в роботі [1] для шини 175/70 R 13 80 S з внутрішнім тиском 0,21 МПа (рис. 1) її радіальна жорсткість s_T становить 167 Н/мм. Відносна розбіжність менше 2%. За результатами розрахунку по апроксимуючій залежності для радіальної шини (табл. 2) [2] отримане значення радіальної жорсткості становить 155 Н/мм. Відносна розбіжність 5,5%.

Висновки.

В лабораторії кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету проведено стендові дослідження щодо визначення радіальної жорсткості шини автомобільного колеса та розмірів плями її контакту з опорною поверхнею. За результатами експериментальних досліджень визначено, що радіальна жорсткість шини 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа) становить 164 Н/мм. Проведено порівняння отриманих на Стенді експериментальних даних з даними для шини 175/70 R 13 80 S з внутрішнім тиском 0,21 МПа, де її радіальна жорсткість становить 167 Н/мм. Відносна розбіжність між даними менше 2%. Також проведено порівняння з результатами розрахунку по апроксимуючій залежності для радіальної шини легкового автомобіля. Розрахункове значення радіальної жорсткості становить 155 Н/мм. Відносна розбіжність 5,5%. Результати стендових випробувань можуть бути використанні при математичному моделюванні руху автомобіля з шинами 175/70 R 13 82 T (внутрішній тиск 0,2 МПа).

Література

1. Jörnßen Reimpell. The automotive chassis: engineering principles / Reimpell Jörnßen, Stoll Helmut, W. Betzler Jürgen. – [2nd edition]. – Oxford : Butterworth-Heinemann Elsevier Science, 2001. – 460 p. – ISBN 0-7506-5054-0.
2. Розробка та реалізація методу визначення розрахункових залежностей для радіальної та бічної жорсткостей автомобільних шин / Балакіна К. В. та ін. Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування : Наук. пр. Міжнар. науково-практ. конф. присвяч. 90-річчю Харків. автомоб.-дорож. ун-ту та 90-річчю автомоб. ф-ту, м. Харків, 16 верес. 2024 р. – 18 верес. 2020 р. Харків, 2020. С. 229–231. URL: https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/Конференції/2020/_тези20п.pdf (дата звернення: 12.10.2024).
3. Костенко А. В. Прогнозування показників курсової стійкості легкового автомобіля з урахуванням розкиду жорсткісних характеристик шин : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02 / Нац. трансп. ун-т. Київ, 2007. 168 с.