

УДК 629.113

В.Р. Карпенко, Р.М. Кузнецов, В.І. Павлюк, П.П. Костюк
ВПЛИВ ЗМІНИ ТИСКУ В ШИНАХ І ЗАВАНТАЖЕННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ
МАЛОГО КЛАСУ НА ЙОГО ПОВОРОТКІСТЬ

Наведено методику визначення кутів відведення осей автомобіля як характеристик повороткості транспортного засобу. Проведено експериментальні дослідження, отримано рівняння регресії для визначення кутів відведення осей автомобіля з врахуванням завантаження його осей та тиску в шинах.

Ключові слова: поворотність, відведення осей, експеримент, завантаження автомобіля, тиск повітря в шинах.
Форм. 4. Рис. 2. Літ. 6.

В.Р. Карпенко, Р.М. Кузнецов, В.И. Павлюк, П.П. Костюк
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ И ЗАГРУЗКИ ЛЕГКОВОГО
АВТОМОБИЛЯ МАЛОГО КЛАССА НА ЕГО ПОВОРАЧИВАЕМОСТЬ

Приведена методика определения углов увода осей автомобиля как характеристик поворачиваемости транспортного средства. Проведены экспериментальные исследования, получено уравнение регрессии для определения углов увода оси автомобиля с учетом загрузки его осей и давления в шинах.

Ключевые слова: поворачиваемость, увод осей, эксперимент, загрузка автомобиля, давление воздуха в шине.

V. Karpenko, R. Kuznetsov, V. Pavljuk, P. Kostiuk
EFFECT OF PRESSURE TIRE AND LOAD SMALL CAR ON ITS UNDERSTEER

The technique of determining the angles of slip axle of the vehicle as the vehicle understeer characteristics. Experimental studies, the equation of regression to determine the direction of the vehicle slip angle with the loading of its axes, and the tire pressure.

Keywords: understeer, slip axle of the vehicle, vehicle load, the air pressure in the tire.

Постановка проблеми. Керованість і стійкість автомобіля важливі експлуатаційні показники, які впливають на безпеку дорожнього руху. Незначні відхилення від заданої траєкторії на значних швидкостях може вивести транспортний засіб за межі відведеної йому смуги руху. Керованість як і стійкість автомобіля залежать від характеристик його статичної та динамічної повороткості. Властивості повороткості визначаються жорсткісними характеристиками шин за боковим відведенням. В свою чергу на характеристики автомобільних шин впливають багато чинників. За умови технічної справності шин найбільш вагомими з них: конструкційне виконання, тиск повітря в шинах, величина нормального навантаження на колеса, режим кочення коліс автомобіля.

Для автомобіля малих класів спостерігається значний перерозподіл навантаження між його осями під час завантаження, а також на колесах різних бортів під час криволінійного руху транспортного засобу. Відхилення тиску в шинах, відносно нормативного значення, може коливатися в досить широких межах. При цьому водій під час руху не має змоги без використання спеціального обладнання оцінити такого падіння тиску.

Вплив зміни навантаження і тиску в шинах, що відбувається в умовах експлуатації транспортного засобу на жорсткісні характеристики шин необхідно врахувати при дослідженні експлуатаційних властивостей автомобіля. Результати досліджень можуть бути використані для коректувань алгоритму роботи електронних систем конструкційної безпеки автомобіля, адаптуючи їх для функціонування в умовах зміни тиску в шинах в процесі руху транспортного засобу чи зміни завантаження в експлуатаційних умовах.

Аналіз досліджень і публікацій. Співвідношення кутів відведення осей автомобіля визначають властивості його повороткості. В дослідженнях експлуатаційних властивостей автомобіля поворотність розглядають в комплексі з стійкістю і керованістю [1,2]. Поворотність автомобіля залежить від багатьох чинників: компоновки транспортного засобу, кінематики підвіски та рульового керування, жорсткості шин та інших елементів ходової частини.

Методика проведення випробувань для визначення показників оцінювання повороткості за кутами відведення передньої δ_{12} та задньої δ_{34} осей, а також їх різниці $\Delta\delta = \delta_{12} - \delta_{34}$ як функцій відцентрового прискорення a_y , наведена в роботі [1]. Дана методика передбачає експериментальне визначення кута відведення задньої осі автомобіля і динамічного радіуса траєкторії руху середини задньої осі, за умови сталості швидкості руху і фіксованого кута повороту керованих коліс. Кут відведення передньої осі визначається аналітично. На основі існуючої методики та рекомендацій наведених в літературних джерелах [1,2], слід розробити методику

визначення характеристик за відведенням осей автомобіля, з врахуванням розподілу маси автомобіля M_a на його передню m_{12} та задню m_{34} осі, та тиску повітря в шинах коліс осей $p_{12}, p_{34} - \delta_{ij} = f(m_{ij}, V_a, R_a, p_{ij})$. Результати досліджень в подальшому використати для вивчення керованості криволінійного руху автомобіля [3].

Ціль статті (постановка завдання). Метою роботи є визначення характеристик осей за відведенням з врахуванням зміни тиску в шинах і різних умов завантаження транспортного засобу. Для цього необхідно вибрати спосіб визначення кутів відведення і здійснити планування експерименту та провести експериментальні дослідження. Також скласти та перевірити на адекватність рівняння регресії для визначення кутів відведення осей автомобіля.

Матеріали і результати дослідження. В роботі запропоновано використати спосіб визначення кутів відведення осі автомобіля за допомогою відеозйомки дорожнього полотна в області проекції середини задньої осі. Камера закріплюється на кузові транспортного засобу над серединою задньої осі і вмикається оператором дистанційно (рис. 1).

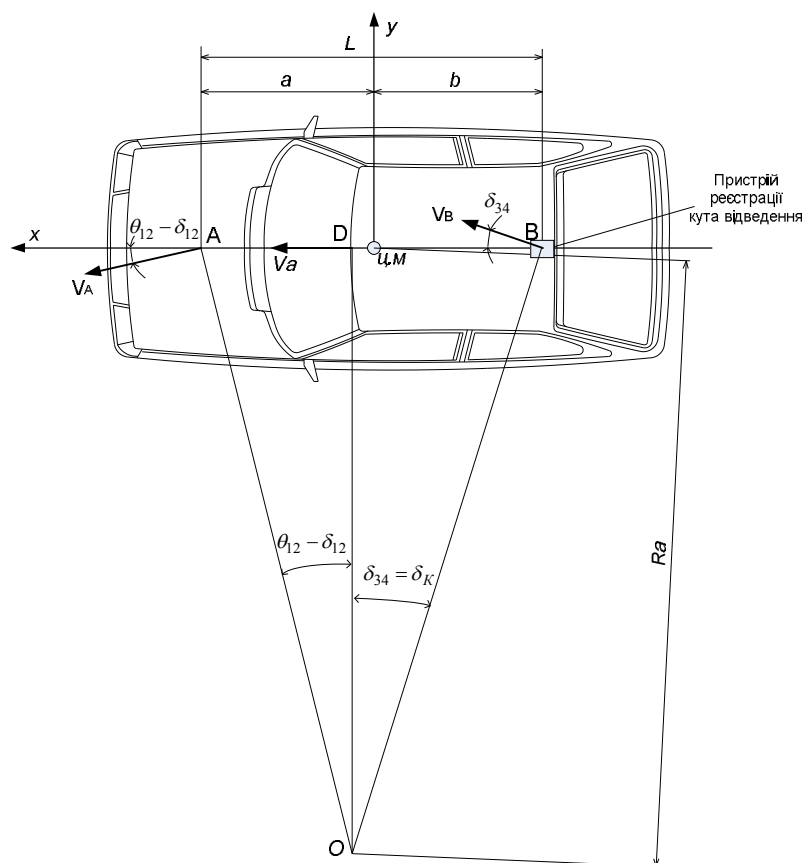


Рис. 1. Схема до визначення кутів відведення осей автомобіля

Безпосередньо за напрямком смуг на кадрі визначається вектор швидкості руху середини осі. Цей спосіб відображає суть визначення поняття кута відведення точки автомобіля в місці закріплення камери.

За визначеним за допомогою зйомки кутом відведення задньої осі δ_{34} , аналітично (1) з властивості трикутників (рис.1) визначається кут відведення передньої осі автомобіля δ_{12} . Оскільки радіус траєкторії руху автомобіля на порядок більший від колісної бази транспортного засобу L , тому було прийнято, що $R_a = OD$.

$$\delta_{12} = \theta_{12} - \arctan\left(\frac{AD}{OD}\right) = \theta_{12} - \arctan\left(\frac{L}{R_a} - \tan \delta_{34}\right), \text{ рад} \quad (1)$$

де θ_{12} – кут повороту керованих коліс, рад.

Кут повороту керованих коліс транспортного засобу визначається як середнє значення кутів повороту окремих коліс передньої осі θ_1, θ_2 отриманих експериментально за допомогою потенціометричних датчиків – $\theta_{12} = 0,5 \times (\theta_1 + \theta_2)$.

Відцентрове прискорення руху автомобіля визначиться з виразу,

$$a_y = \frac{V_a^2}{R_a}, \text{ м/с}^2 \quad (2)$$

Для експериментальних досліджень взято легковий автомобіль малого класу, виконаний за класичною передньоприводною компоновкою з поперечним розміщенням двигуна. Досліджуваний автомобіль ЗАЗ-11022 «Таврія» технічно справний і відповідає вимогам технічної документації на транспортний засіб. На автомобілі встановлені шини 155/70R13, нормативне значення тиску в шинах $p=0,2\text{МПа}$, спрацювання протектора шин досліджуваного автомобіля не перевищує 30%.

Відповідно до прийнятих умов симетричного розташування пасажирів і вантажу масові та геометричні параметри автомобіля визначалися для трьох випадків завантаження:

А – водій, чотири пасажирів і вантаж в багажному відсіку ($M_a=1175\text{кг}$; $m_{12}=590\text{кг}$; $m_{34}=585\text{кг}$; $a=1,158\text{м}$; $b=1,167\text{м}$);

В – водій, три пасажирів без вантажу ($M_a=1057\text{кг}$; $m_{12}=584\text{кг}$; $m_{34}=473\text{кг}$; $a=1,041\text{м}$; $b=1,284\text{м}$);

С – водій і пасажир на передньому сидінні без вантажу ($M_a=921\text{кг}$; $m_{12}=560\text{кг}$; $m_{34}=361\text{кг}$; $a=0,911\text{м}$; $b=1,414\text{м}$). Де m_{12} , m_{34} – розподіл маси на передню та задню осі автомобіля; a , b – відстані від передньої a та задньої b осей до центру мас автомобіля.

Величини приведені у відповідність технічній характеристиці на даний транспортний засіб, шляхом завантаження автомобіля баластним вантажем відповідно до вимог стандарту.

Радіус розмітки кола траєкторії руху вибрався за рекомендаціями наведеними в роботі [1] і становить $R=20\text{м}$. Обмеження у виборі швидкості руху визначалися з умов реалізації відповідних бокових прискорень та зчеплення коліс з дорогою. Інтервал вибору швидкостей для даного радіусу кола та сухого асфальтобетонного покриття становив 6-11 м/с. Зміна тиску в шинах осей автомобіля проводиться в межах 0,15–0,25 МПа, відхилення тиску від нормативного значення $p_{ij}=0,2\text{МПа}$ становить $\pm 25\%$.

За розробленою методикою відповідно завантажений автомобіль, що відповідає умовам на проведення випробувань [1,4,5], рухається розміщеною коловою траєкторією визначеного радіуса, з певною постійною швидкістю руху V_a , та встановленим тиском в шинах осей. Вибір швидкості, розподіл маси на осі транспортного засобу m_{ij} та значення тиску в шинах осей p_{ij} визначається плануванням експерименту. Факторами в експерименті є, швидкість руху автомобіля V_a , тиск повітря в шинах p_{ij} та маса транспортного засобу M_a , з розподілом її на осі m_{12} , m_{34} . Вони відповідають встановленим вимогам до незалежних змінних (безпосередньо діють на об'єкт, незалежні, вимірювані, керовані), крім того сукупність факторів є сумісна [6]. Функціями відгуку є кути відведення осей δ_{ij} та кут повороту керованих коліс θ_{12} .

За результатами експериментальних досліджень отримано та перевірено на адекватність рівняння регресії для визначення кутів відведення осей автомобіля. Кути відведення задньої та передньої осей з урахуванням значущих коефіцієнтів в функції натуральних величин [m_{ij} (кг); p_{ij} (атм); V_a (м/с)]:

$$\delta_{34} = -5,35 \times 10^{-2} + 0,24 \times 10^{-4} m_{34} + 6,84 \times 10^{-2} p_{34} - 5,45 \times 10^{-3} V_a - 5,76 \times 10^{-5} m_{34} p_{34} + 1,0 \times 10^{-5} m_{34} V_a - 4,95 \times 10^{-3} p_{34} V_a + 1,08 \times 10^{-3} V_a^2 \quad (3)$$

$$\delta_{12} = 0,38 - 1,23 \times 10^{-2} m_{12} + 12,06 \times 10^{-2} p_{12} - 3,85 \times 10^{-2} V_a - 1,78 \times 10^{-4} m_{12} p_{12} + 0,59 \times 10^{-4} m_{12} V_a - 7,12 \times 10^{-3} p_{12} V_a + 0,10 \times 10^{-5} m_{12}^2 + 0,55 \times 10^{-2} p_{12}^2 + 1,76 \times 10^{-3} V_a^2 \quad (4)$$

Користуючися отриманими виразами для кутів відведення осей автомобіля (3), (4) та відцентрового прискорення (2) побудовані залежності кутів відведення від відцентрового прискорення для різних випадків завантаження та тиску повітря в шинах (рис. 2.).

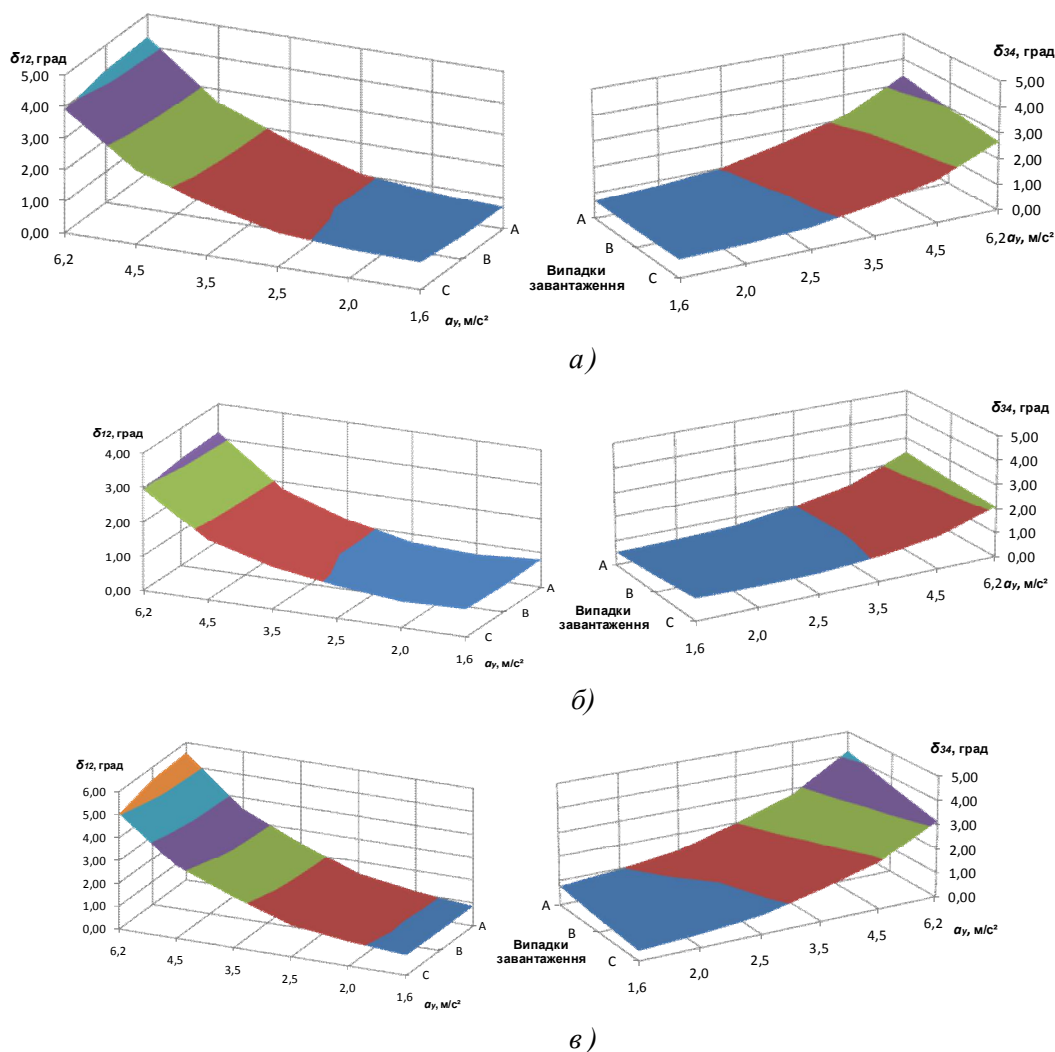


Рис. 2. Залежність кутів відведення осей автомобіля від відцентрового прискорення a_y для випадків різного завантаження (А,В,С) за тиску в шинах передньої δ_{12} та задньої δ_{34} осей: а) 2,0 атм; б) 2,5 атм; в) 1,5 атм

Висновки. Характеристики опору відведенню суттєво погіршуються за пониженого тиску в шинах. Пониження тиску в шинах задньої осі чи суттєве її перевантаження підвищують схильність автомобіля до надлишкової повороткості. Надмірне збільшення тиску недоцільне через порівняно малий вплив на опір боковому відведенню і погіршення плавності ходу.

Експериментально встановлену залежність кутів відведення осей автомобіля від експлуатаційних параметрів та параметрів його криволінійного руху – $\delta_{ij} = f(R_a, V_a, m_{ij}, p_{ij})$, у подальшому використати для визначення характеристик відведення осей автомобіля $K_{Yij} = f(R_a, V_a, m_{ij}, p_{ij}) = f(P_y, \delta_{ij})$.

1. Автомобили грузовые, легковые и автобусы. Методы определения и оценки параметров управляемости. Проект отраслевой нормы ОН 025–68 (Первая редакция).
2. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств / Д. Вонг. – М.: Машиностроение, 1982. – 189 с.
3. Павлюк В.І. Керування автомобілем в умовах неусталеного криволінійного руху / В.І.Павлюк // Вісник. СХУ ім. Володимира Дала. №6 [160] – Луганськ. – 2011. – С. 162-165.
4. ДСТУ 3310-96. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи визначення основних параметрів випробуваннями. – Введено вперше. 01.01.1997. – К.: Держстандарт України, 1996. – 11 с.
5. ГОСТ Р 52302–2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – Введено 01.01.2006. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 28 с.
6. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2013.

© В.Р. Карпенко, Р.М. Кузнєцов, В.І. Павлюк, П.П. Костюк