

Павлюк В.І.
Луцький національний технічний університет

ПОПЕРЕЧНІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАДНЬОЇ ПІДВІСКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ МАЛОГО КЛАСУ ПІД ЧАС БОКОВОГО КРЕНУ

Отримано вирази для визначення коефіцієнтів переміщення елементів підвіски автомобіля у поперечній площині від його бокового крену. Використано метод похідних підвіски для кінематичної схеми зі зв'язаними важелями задньої підвіски легкового автомобіля малого класу.

Ключові слова: підвіска, легковий автомобіль малого класу, крен, поперечні переміщення, коефіцієнти.

Постановка проблеми. Безпека дорожнього руху залежить від сукупності чинників: дорожніх умов і обстановки, майстерності водія, технічного стану автомобіля, конструкційних особливостей транспортного засобу. З точки зору забезпечення безпеки руху зі сторони автомобіля, необхідними умовами є відповідність транспортного засобу технічним вимогам щодо його експлуатації та досконалість конструкції механізмів і систем. Елементи ходової частини автомобіля є досить вагомими за впливом на безпеку його руху. Зокрема конструкція і стан підвіски визначають важливі експлуатаційні властивості транспортного засобу – стійкість і керованість. Для покращення таких властивостей на сучасних автомобілях обов'язковим є застосування допоміжних електронних систем конструкційної безпеки.

Конструкційне виконання тих чи інших систем і механізмів, за складністю, має свої переваги і недоліки. Як правило, ускладнення конструкції веде до збільшення вартості виготовлення та додаткових витрат на обслуговування. Потреба в отриманні відносно недорогого і доступного споживачу автомобіля зумовлює використання простих конструкційних рішень. Підвіски автомобілів виконані за простими кінематичними схеми мають значні поперечні лінійні та кутові переміщення.

Під час математичного моделювання криволінійного руху виникає потреба врахування впливу елементів підвіски на можливість здійснення безпечного керованого руху.

Аналіз досліджень і публікацій. У легкових автомобілів малих класів набули поширення передні підвіски виконані за схемою із направляючими пружинними стійками, а задні зі зв'язаними поздовжніми важелями [1]. Підвіски таких автомобілів мають подібну конструкцію і можуть відрізнятися низкою особливостей у виконанні. Наприклад поперечина балки, що з'єднує поздовжні важелі задньої підвіски, може розташовуватися між ними на різній відстані, паралельно осям коліс та кріплення важелів до кузова (рис. 1). Таким чином займаючи, за характеристиками, проміжне місце між залежними і підвісками на поздовжніх важелях [1].

Кінематичні залежності визначають величину поперечних переміщень у підвісці. Крім того частина переміщень може бути викликана недостатньою жорсткістю несучих елементів підвіски [1], а інколи і кузова [2]. У свою чергу, зміна положення коліс у результаті таких переміщень впливатиме на керованість і стійкість автомобіля [2, 3, 4]. У дослідженнях [5, 6] вказаний вплив кутів розвалу на характеристики шин за боковим відведенням та значний вплив від'ємного розвалу коліс задньої осі на керованість легкового автомобіля [3, 4]. Проведеними дослідженнями [4] підтверджено відхилення від початкового положення коліс, за креном і сходженням, у процесі переміщень у підвісці при вертикальній зміні положення кузова.

Для дослідження впливу характеристик пружних елементів на керованість легкового автомобіля малого класу під час математичного моделювання криволінійного руху є потреба в отриманні залежностей, що характеризують переміщення елементів підвіски автомобіля у поперечній площині від його поперечного крену.

Метою роботи є визначення переміщень елементів підвіски автомобіля у поперечній площині під час його бокового крену для вибраної кінематичної схеми підвіски.

Для цього у дослідженнях розглядається схема характерна для задньої підвіски легкового автомобіля малого класу. Для отримання залежностей поперечних переміщень елементів підвіски автомобіля від крену використовується метод похідних підвіски [7].

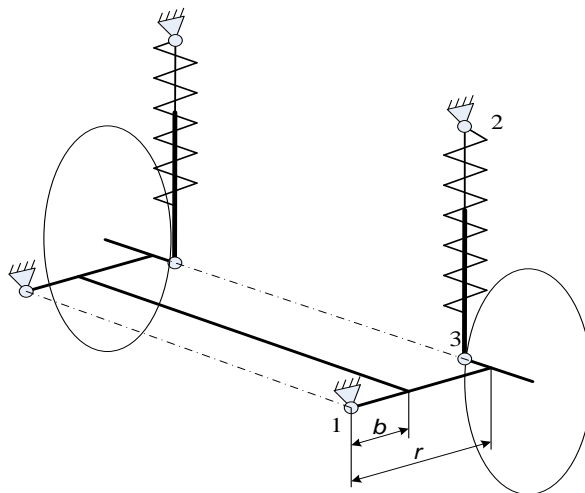


Рисунок 1 – Схема задньої підвіски виконаної на зв'язаних поздовжніх важелях

Результати досліджень. Для проведення досліджень було прийнято ряд припущень. Так кузов автомобіля вважається абсолютно жорстким, а переміщення у підвісці різних бортів однакові за величиною. Присутній постійний контакт колеса з опорною поверхнею, деформації шини не розглядаються. Амортизатори з пружинами (точки 2, 3) розміщені у вертикальній площині наближеній до осі задніх коліс, для врахування кутового переміщення (розвалу λ') колеса внаслідок пружної піддатливості важелів підвіски (рис. 2, 3). Задня балка (точки 1, 3) лежить у площині близькій до горизонтальної. Деформації задньої балки у горизонтальному напрямку не відбувається.

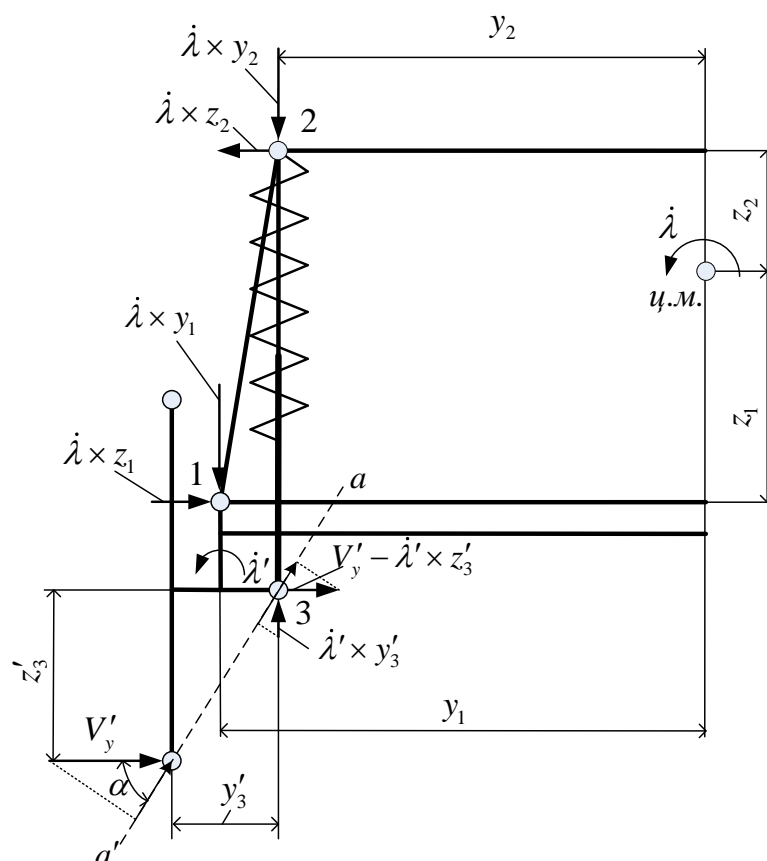


Рисунок 2 – Схема задньої підвіски на зв'язаних важелях лівого борту легкового автомобіля

У підвісках зі зв'язаними поздовжніми важелями відбувається зміна розвалу колеса від крену підресорених мас зумовлена пружною деформацією важелів балки задньої осі коліс. Величина цієї зміни визначатиметься розміщенням поперечини відносно осі коливання важелів і осі коліс рис 1. Так

для $b=0$ зміна розвалу від крену аналогічна зміні в підвісці на поздовжніх важелях $k=1,08$, а за умови $b=r$ відповідно $k=0$, як для залежної підвіски [1].

На основі досліджень [8] отримано графік для орієнтовного визначення коефіцієнта розвалу колеса від крену підресорених мас (рис. 3).

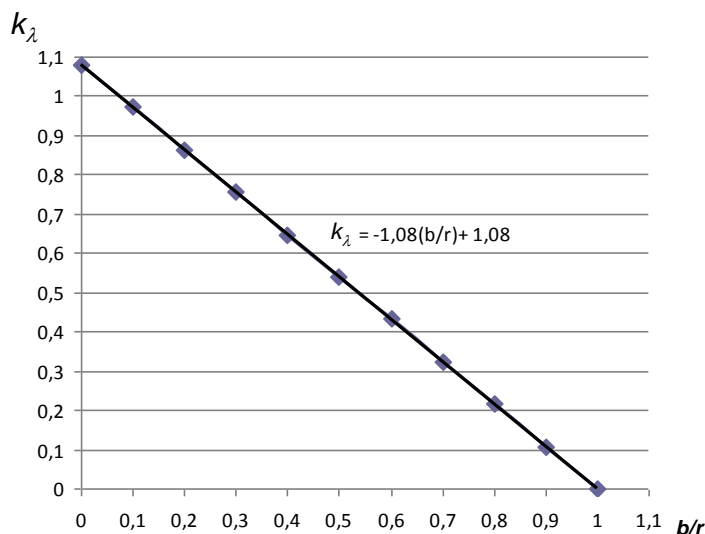


Рисунок 3 – До визначення коефіцієнта розвалу колеса від крену підресорених мас за відношенням b/r

Коефіцієнт поперечного нахилу – розвалу колеса від крену:

$$k_\lambda = \frac{\partial \lambda'}{\partial \lambda} = \frac{\partial \dot{\lambda}'}{\partial \dot{\lambda}} \approx -1,08 \times (b/r) + 1,08, \text{ рад/рад}. \quad (1)$$

Коефіцієнт переміщення колеса у точці контакту з опорною поверхнею у поперечній площині від крену, визначається з рівності проекцій миттєвих швидкостей точок жорсткого важеля на лінію $a'-a$, яка їх сполучає (рис. 2):

$$V'_y \times \cos \alpha = \dot{\lambda}' \times y'_3 \times \sin \alpha + (V'_y - \dot{\lambda}' \times z'_3) \times \cos \alpha. \quad (2)$$

Для руху балки задньої осі у горизонтальному напрямку, враховуючи прийняті припущення:

$$V'_y - \dot{\lambda}' \times z'_3 = \dot{\lambda} \times z_1. \quad (3)$$

Після підстановки виразу (2) в (1), та відповідних перетворень, отримано взаємозв'язок між швидкостями лінійного переміщення колеса в точці контакту його з опорною поверхнею від крену:

$$V'_y \times \cos \alpha = \dot{\lambda}' \times y'_3 \times \sin \alpha + \dot{\lambda} \times z_1 \times \cos \alpha;$$

$$V'_y \times \cos \alpha = k_\lambda \times \dot{\lambda}' \times y'_3 \times \sin \alpha + \dot{\lambda} \times z_1 \times \cos \alpha;$$

$$V'_y = \dot{\lambda} (k_\lambda \times y'_3 \times \tan \alpha + z_1) = \dot{\lambda} (k_\lambda \times z'_3 + z_1). \quad (4)$$

Тобто швидкість колеса V'_y є сумою поперечної швидкості балки (полюса т.3) та швидкості повороту колеса відносно полюса т.3.

Отже коефіцієнт поперечного переміщення колеса в точці контакту з опорною поверхнею від крену:

$$n_y = \frac{\partial y'}{\partial \lambda} = \frac{\partial V'_y}{\partial \dot{\lambda}} = k_\lambda \times z'_3 + z_1, \text{ мм/рад.} \quad (5)$$

Коефіцієнт зміни довжини амортизатора з пружиною від крену:

$$n_z = \frac{\partial l}{\partial \lambda} = \frac{\partial l}{\partial t} \times \frac{1}{\dot{\lambda}} = y_2 + k_\lambda \times y'_3, \text{ мм/рад,} \quad (6)$$

де

$$\frac{\partial l}{\partial t} = \dot{\lambda} \times y_2 + \dot{\lambda}' \times y'_3 = \dot{\lambda} (y_2 + k_\lambda \times y'_3), \text{ мм/с.}$$

Аналогічно, використовуючи метод похідних підвіски, можна отримати відповідні коефіцієнти для передньої підвіски.

Використовуючи визначені коефіцієнти у рівнянні динаміки крену автомобіля можливо дослідити вплив характеристик пружних елементів та амортизаторів на параметри крену, а так і на керованість та стійкість автомобіля у криволінійному русі. Крім того врахувати зміну характеристик відведення автомобільного колеса від зміни розвалу.

Висновки. Використовуючи метод похідних підвіски, отримано залежності для визначення коефіцієнтів переміщення елементів підвіски автомобіля у поперечній площині від його поперечного крену для кінематичної схеми зі зв'язаними важелями задньої підвіски легкового автомобіля малого класу.

Запропоновані рішення, з прийнятими припущеннями, можуть бути використані для попередніх кінематичних та динамічних розрахунків процесу крену автомобіля у криволінійному русі, оскільки прийняті спрощення щодо жорсткості кузова, шин та інших елементів підвіски, для більш точних розрахунків, потребують обґрунтування.

1. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Конструкция подвесок / Й. Раймпель. Пер. с нем. В.П. Агапова. — М.: Машиностроение, 1989. — 328 с.
2. Торьяник С. А. Экспериментальное подтверждение влияния неустойчивости геометрических параметров кузова на управляемость легкового автомобиля / С. А. Торьяник, Д. М. Клец, В. Н. Павленко, А. И. Коробка, А. Ю. Ставицкий // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - 2012. - Вип. 12, т. 3. - С. 84-90.
3. Яценко Н.Н. Отрицательный развал задних колес и управляемость легкового автомобиля / Н.Н. Яценко, Э.Н. Никульников и др. // Автомобильная промышленность. Научно-технический журнал. — 2008. — №10. — М.: Машиностроение. — С. 22-23.
4. Козлов Ю.Н. Влияние углов установки задних колес на управляемость легкового автомобиля: Автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.05.03 / НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ». — Москва, 2012. — 16 с.
5. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса / Й. Раймпель. Пер. с нем. В.П. Агапова. Под ред. О.Д. Златовратского. — М.: Машиностроение, 1986. — 320 с.
6. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. М.: Машиностроение, 1971. — 416 с.
7. Элис Д.Р. Управляемость автомобиля / Д.Р. Элис. Пер с англ. Г.К. Мирзоева. — М.: Машиностроение, 1975. — 216 с.: ил.
8. Карпенко В.Р., Визначення коефіцієнтів поперечного нахилу коліс від крену автомобіля / В.Р. Карпенко, В.І. Павлюк // Наукові нотатки, вип. 20. ч.2 — Луцьк. — 2007. — С.66-68.

REFERENCES

1. Raympel, Y. (1989). *Car Chassis: Suspension Design [Shassi avtomobilya: Konstruktsiya podvesok]*. Moscow, Publ. Mashinostroenie. 328 p.
2. Toryanik, S., Klets, D., Pavlenko, V., Korobka, A. & Stavitskiy, A. (2012). Experimental demonstration of the influence of a car body geometrics instability on a car steerability [Eksperimentalnoe podtverzhdienie vliyaniya nestabilnosti geometricheskikh parametrov kuzova na upravlyaemost legkovogo avtomobilya.]. *Works of Tavria State Agrotechnological University [Pratsi Tavriyskogo derzhavnogo agrotekhnologichnogo universitetu]*. Vol. 12(3), pp. 84-90.
3. Yatsenko N.N., Nikulnikov i dr. (2008). Negative camber of the rear wheels and steerability of the car [Otritsatelnyy razval zadnikh koles i upravlyaemost legkovogo avtomobilya]. *Automotive industry [Avtomobilnaya promyshlennost]*. Moscow, Publ. Mashinostroenie. Vol. 10. pp. 22-23.
4. Kozlov, Yu. (2012). *Influence of the angular of rear axle on steerability of the car*. Synopsis of PhD. Diss. [Vliyanie uglov ustanovki zadnikh koles na upravlyaemost legkovogo avtomobilya. Avtoref. PhD. Diss.]. Moscow. 16 p.
5. Raympel, Y. (1986). *The chassis of a vehicle: Shock absorbers, tires and wheels [Shassi avtomobilya: Amortizatory, shyny i kolesa]*. Moscow, Publ. Mashinostroenie, 320 p.
6. Litvinov, A. (1971). *Vehicle handling and stability [Upravlyaemost i ustoychivost avtomobilya]*. Moscow, Publ. Mashinostroenie, 416 p.
7. Elis, D. (1975). *Vehicle handling [Upravlyaemost avtomobilya]*. Moscow, Publ. Mashinostroenie, 216 p.
8. Karpenko, V. & Pavliuk, V. (2007). Determining coefficients of transverse wheels slope from the car roll [Vyznachennja koefitsijentiv poperechnogo nakhylu kolis vid krenu avtomobilja]. *Scientific Notes [Naukovi notatky]*. Lutsk, Publ. Lutsk NTU. Vol. 20, issue 2, pp. 66-68.

Павлюк В.І. Поперечные перемещения элементов задней подвески легковых автомобилей малого класса при боковом крене

Получены выражения для определения коэффициентов перемещения элементов подвески автомобиля в поперечной плоскости при боковом крене. Использован метод производных подвески для кинематической схемы со связанными рычагами задней подвески легкового автомобиля малого класса.

Ключевые слова: подвеска, легковой автомобиль малого класса, крен, поперечные перемещения, коэффициенты.

V. Pavliuk. Transverse movement of the rear suspension elements of the small class passenger car during lateral roll.

The safety of the car depends on many factors. The ability (skill) of the driver, the technical condition of the vehicle, the design of the car affect the safety. Design features of the suspension have a significant impact on the handling and stability of vehicle. Passenger cars of small class have simple suspension design. The design of suspensions of small cars was made under a simple kinematic scheme. Such kinematic scheme provides significant linear and angular movement. Characteristics of movement suspension elements depend on the design features and geometric dimensions of the kinematic links of the suspension. The rear suspension consists of longitudinal levers interconnected by a transverse beam. The magnitude of the rear axle is determined by the placement of the beam relative to the axis of the wheels and the attachment points of the arms to the bodywork. The study of the kinematics of movement in the rear suspension of a passenger vehicle small class was conducted. The method of derivatives of the suspension was used in the studies. The conditions for exercising cross-roll of the car were accepted. The symmetry of the suspension both sides of the vehicle was accepted. The dependencies between the angular movements of the bodywork and movements of the rear suspension elements were given. The coefficients of the movements in the suspension depending on the angle of the transverse body roll of the car were defined. Some characteristics of values of the transverse movements during roll of the car from the separate geometric parameters of the kinematic links of the rear suspension were obtained. The dependencies of linear movements in the suspension of the vehicle on the magnitude of the roll angle of the car were defined. This allows to investigate the effect of elastic elements and characteristics of the shock absorbers on a car operating properties and the safety of curvilinear motion of the vehicle. The research results can be used in the mathematical modeling of curvilinear motion of the car.

Keywords: suspension, passenger vehicle small class, side roll of the car, transverse movement, coefficients.

АВТОР:

ПАВЛЮК Василь Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: vasilijpi@mail.ru.

АВТОР:

ПАВЛЮК Василь Іванович, к.т.н., доцент кафедри автомобілей і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: vasilijpi@mail.ru.

AUTHOR:

Vasyl PAVLIUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: vasilijpi@mail.ru.

РЕЦЕНЗЕНТ:

МАКСИМОВИЧ О.В., доктор технічних наук, професор, Луцький національний технічний університет, завідувач кафедри технічної механіки, Луцьк, Україна.

РЕЦЕНЗЕНТ:

МАКСИМОВИЧ О.В., доктор технических наук, профессор, Луцкий национальный технический университет, заведующий кафедрой технической механики, Луцк, Украина.

REVIEWER:

О. МАКСИМОВИЧ, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Technical Mechanics Department, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine.

Стаття надійшла в редакцію 03.05.2015р.