

УДК 629.113

*МАКІЙОВ М.М., аспірант,
Донецька академія автомобільного транспорту*

ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ ВІДВЕДЕННЯ ШИН ЩОДО ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Проведений аналіз підходів до дослідження відведення еластичного пневматичного колеса за даними наукових публікацій. Вибрана модель кочення колеса найбільш раціональна для застосування її у подальшому дослідженні і прогнозуванні курсової стійкості руху автомобіля.

Ключові слова: курсова стійкість руху, прогнозування, колесо еластичне, відведення, шина, кочення

Постановка проблеми

Серед найбільш важливих експлуатаційних властивостей, що забезпечують безпеку переміщення автомобіля, необхідно відзначити курсову стійкість руху (КСР), втрата якої найчастіше супроводжується виникненням ДТП. На КСР мають значний вплив шини, оскільки вони є з'єднувальною ланкою між дорогою та автомобілем. Один і той же автомобіль з однаковими елементами підвіски і рульового керування, в залежності від різних характеристик шин, може мати незадовільні або відповідні технічним умовам показники КСР. Для конструювання шин і прогнозування характеристик їхнього кочення необхідно розробити математичну модель, що дозволить більш повно описати динамічну взаємодію колеса з опорною поверхнею. Варто звернути увагу на кочення несиметричних, неоднорідних за жорсткістю шин, як значущих елементів, що дозволяють при монтажі на певній вісі та борту автомобіля, забезпечити необхідну КСР. Серед характеристик шин, що впливають на КСР автомобіля, найбільш значущими є бічне відведення, стабілізуючий момент, бічна та кутова жорсткість шин, що залежать від навантаження на колесо й тиску повітря в шині. Серед перелічених характеристик шин найбільшої уваги заслуговує бічне відведення колеса.

Мета статті

Аналіз існуючих моделей відведення пневматичного колеса раціональних щодо можливості використання при прогнозуванні курсової стійкості руху автомобіля.

Основний розділ

Величина бічного відведення залежить від наступних факторів: розмірів та конструкції колеса; тиску повітря у шині; величин сил, що діють на колесо; швидкості руху автомобіля; типу та стану дорожнього покриття; траєкторії руху центра колеса; характеру прикладання сил та швидкості зміни цих сил.

Розміри колеса характеризуються висотою та шириною профіля шини, її зовнішнім діаметром, діаметром посадкової частини ободу та шириною його. Найбільш впливають на коефіцієнт опору відведення розміри профіля шини та його форма, що характеризуються відношенням його висоти до ширини [10]. Також значно впливає на коефіцієнт відведення конструкція шин, особливо радіальних.

Відомо, що відношення висоти профіля шини до ширини профіля Н/В впливає на коефіцієнт опору руху. В подальших дослідженнях планується також проаналізувати вплив Н/В на курсову стійкість руху автомобіля.

Конструкція та особливості роботи шини визначають таку специфічну властивість, як жорсткісна неоднорідність. У деяких країнах причинами жорсткісної неоднорідності є недостатній рівень технології виробництва шин і низька якість застосовуваних матеріалів. Все це приводить до того, що на стадії виробництва нерівномірно розподіляються матеріали в шині. Причому, розкид характеристик нових шин, що вироблялись раніше міг досягати 20% [5]. Натепер діє ГОСТ 4754-97, який зазначає, що коливання радіальної та бічної сил за рахунок неоднорідності радіальної шини з металокордним брекером не повинні бути більшими ніж 2,5% від максимально припустимого навантаження на шину, для інших – не більше 3,5% [17].

Крім того, шина може мати наперед задану жорсткісну неоднорідність, що пояснюється прагненням сучасних шинобудівників урахувати суперечливість вимог до шини. Характерною рисою зазначених шин є те, що при проектуванні закладається асиметричний рисунок протектору. Наприклад, шина ContiPremiumContact має біонічний контур “лапа кішки”, що дозволяє при гальмуванні розширяти пляму контакту та більш рівномірно розподіляти навантаження на опорну поверхню. Протектор має асиметричний рисунок та складається з трьох зон: перша (зовнішня) – набрана з великих рівних блоків та відповідає за керованість; друга (середня) – порізана стрілкоподібними канавками та забезпечує високі гальмівні властивості на сухому та мокрому асфальті; третя (внутрішня) – має дві широкі повздовжні канавки для усунення аквапланування (рис 1).



Рис. 1. Фрагмент шини ContiPremiumContact з різними функціональними зонами

Можна зробити висновок, що шинам властива жорсткісна неоднорідність, яка, безперечно, впливає на курсову стійкість руху. Величина неоднорідності та характер її впливу на показники КСР залежать від міста розташування шин на автомобілі та експлуатаційних факторів, наприклад, тиску повітря в шині та вертикального навантаження. Отже, є можливість покращити курсову стійкість за рахунок певного розташування шин, з урахуванням тих експлуатаційних факторів, величину яких водій може змінювати.

До важливих жорсткісних показників шини відносяться бічна та кутова жорсткості шини. Але ці показники характеризують статичне випробування шин, і, тому, не дивлячись на їх важливість, більш цікавим та значимим є дослідження динаміки руху шини, тобто кочення еластичного колеса. Безсумнівно, найважливішою характеристикою шини, яка, власне кажучи, поєднує в собі бічну і кутову жорсткості, є бічне відведення колеса. Воно найбільш впливає на КСР автомобіля. Явище відведення відкрив у 1925 р І. Брульє і з того часу йому приділялося та приділяється багато уваги. Бічне відведення колеса порушує однозначність зв'язку між змінами напрямку руху автомобіля та траєкторією його точок.

Взагалі, зустрічається два способи пояснення явища відведення. В роботах [1], [2], [3] явищем відведення називається відхилення траєкторії еластичного колеса від середньої площини кочення колеса на кут δ (рис. 2).

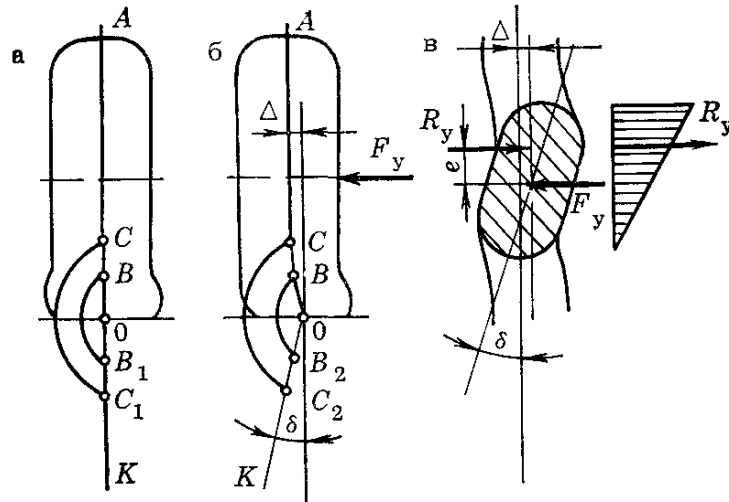


Рис. 2. Схема бічного відведення колеса:

- а) кочення колеса без дії бічної сили; б) кочення колеса під дією бічної сили;*
- в) розподіл реакцій та стабілізуючий момент; B, C – точки, розташовані на лінії OA посередині протектору; B₁, C₁ – точки дотику точок B і C дороги при коченні без дії бічної сили;*
- B₂, C₂ – точки дотику точок B і C дороги при коченні під час дії бічної сили;*
- R_y – результуюча бічних елементарних поперечних реакцій (R_y=F_y);*
- M_{cm}=R_ye – стабілізуючий момент.*

У роботах [4], [5] відведенням еластичного колеса називається відхилення вектора швидкості V_x від його повздовжньої площини на кут δ при коченні без ковзання під час дії бічних сил (рис. 3).

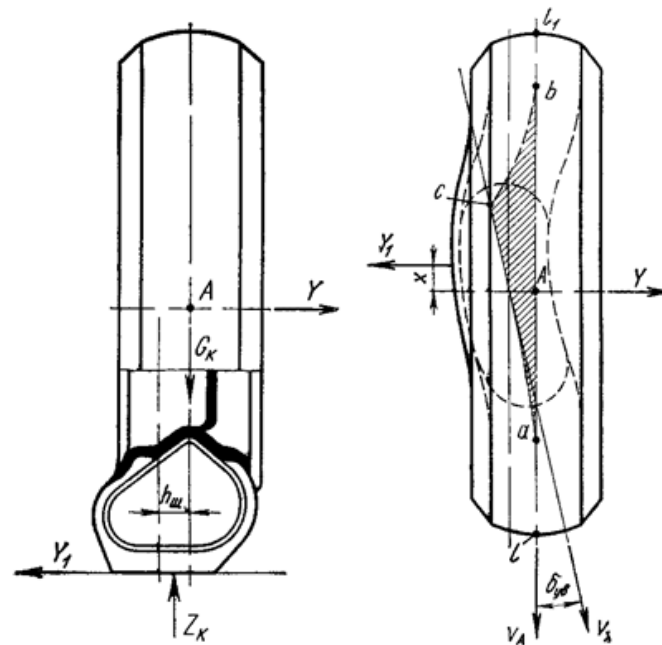


Рис. 3. Бічне відведення колеса

У результаті проведення великої кількості теоретичних і експериментальних досліджень, створено декілька теорій кочення пневматичного колеса з відведенням, причому усі вони розрізняються ступенем урахування особливостей процесу відведення [6].

Умовно всі існуючі теорії можна розділити на три основні напрямки: засновані на рівняннях кінематичних зв'язків; деформаційні; ті, що використовують гіпотезу нелінійного відведення.

Кожний напрям має свої переваги і недоліки і немає підстав для надання беззастережної переваги тій або іншій теорії.

Вибір напрямку залежить від мети, що ставить перед собою дослідник. Однак, усі перелічені напрями теорій кочення колеса з відведенням мають значні недоліки, що (якщо не розглядати спеціальних випадків руху) у більшості випадків зводять нанівець усі їх переваги. Основні недоліки теорій є те, що вони [6]:

- виходять із передумови малих кутів повороту колеса і кутів відведення;
- засновані на відсутності елементарного ковзання в контактні колеса з опорною поверхнею;
- використовують коефіцієнти і деякі характеристики руху шини, отримані для статичного колеса;
- вважають, що кривизна середньої лінії шини в зоні контакту збігається з кривизною траєкторії руху колеса.

Отже, описані теорії є лінійними, що не дає можливості відобразити все різноманіття нелінійних форм взаємозв'язків для колеса, що котиться по не абсолютно твердій поверхні.

Виявлене постійне елементарне ковзання частини зон контакту шини настільки істотно ускладнює уявлення про бічне відведення еластичного колеса, що незважаючи на численні дослідження, ще не розроблено прийнятної з усіх поглядів теорії, яка дозволила б виразити явище відведення аналітично й одночасно якісно описати фізичні процеси, що відбуваються при коченні колеса з відведенням. Проте результати великого числа експериментів, проведених у різних країнах, дозволяють зробити наступні висновки [7-13]:

- залежність кута відведення від бічної сили у загальному випадку нелінійна;
- при малих кутах відведення зміна відношення $\frac{Y}{\delta}$ порівняно невелика і може вважатися

постійною $\left(\frac{Y_{\delta}}{\delta} = K_y = const \right)$, а отже залежність $Y_{\delta} = f(\delta)$ – лінійною;

- відношення $\frac{Y_{\delta}}{\delta}$ одержало назву коефіцієнта опору відведення K_y , що залежить від великого числа чинників, основними з них є: розміри і конструкція колеса; тиск повітря в шині; сили, що діють на колеса; швидкість руху; тип і стан дорожнього покриття; форма траєкторії руху центру колеса (прямолінійна, криволінійна) і швидкість її зміни за часом або простором; характер додаткових сил, що діють на колеса, і швидкість зміни цих сил.

Теорія нелінійного відведення $Y = k_y \delta$ припускає використання залежності з урахуванням функції корекції нелінійного відведення. У цьому випадку залежність бічної сили від кута відведення набуває вигляду [12]:

$$Y = qk_{y03} \delta, \quad (1)$$

де: q – загальна функція корекції, що описує всі нелінійні характеристики процесу відведення;

k_{y03} – екстремальне значення коефіцієнту опору бічному відведенню в залежності

$$k_{y03} = f(R_z).$$

Крім того, величина коефіцієнта опору відведення залежить від методики його визначення. Значення коефіцієнта k_y , отримані при дослідженнях на площині і на циліндричній поверхні барабана, при однакових умовах різні для однієї й тієї ж шини. При дослідженнях шин на стендах з біговими барабанами встановлено, що коефіцієнт опору відведенню залежить від співвідношення між розмірами шини і барабана.

Виконаними дотепер дослідженнями встановлено, що з використанням спрощеної математичної моделі автомобіля і нелінійної теорії відведення результати ближчі до експериментальних, ніж при застосуванні складної математичної моделі автомобіля з істотно меншим числом допущень і лінійної теорії відведення. Саме тому вибрані нелінійні залежності і враховано ковзання в контактні коліс при прогнозуванні КСР автомобіля в залежності від конструктивних особливостей шин (рис.4).

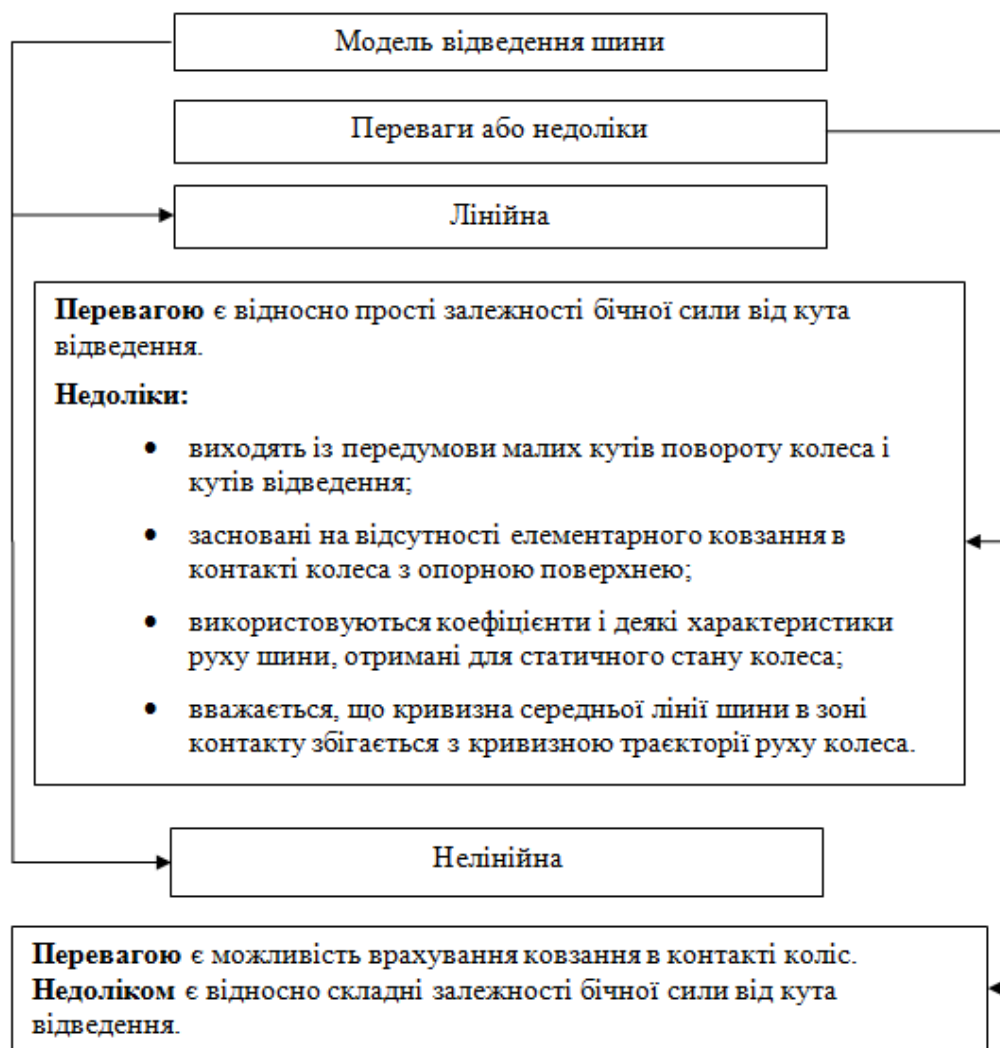


Рис. 4 Мнемосхема щодо візуалізації вибору моделі відведення шини

Висновок

Після проведення аналізу існуючих підходів до дослідження відведення пневматичного колеса виокремлена нелінійна теорія, яка буде використана у подальшому дослідженні прогнозування курсової стійкості руху автомобіля.

Список літератури

1. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 208с.
2. Зимелев Г.В. Теория автомобиля. – М.: Воениздат, 1957. – 455 с.

3. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 478 с.
4. Нарбут А.Н., Егоров Ю.И. Автомобили: Основные термины. Толковый словарь. – М.: ООО “Изд-во Астрель”: ООО “Изд-во АСТ”, 2002. – 416с.
5. Литвинов Л.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1971. –416с.
6. Pacejka H.V., Bakker T. The magic formula tyre model / H.V. Pacejka, T. Bakker // Prog. IstCollog. Modells for Vehiclle Dynamics Analysis. – Amsterdam: Swits and Zeitlinger, 1993. – P. 1-18.
7. Сахно В.П. Нелінійна стійкість і біфуркації в динаміці автомобіля / В.П. Сахно, В.П. Матейчик, В.Г. Вербицький, В.А. Макаров, В.М. Дугельний // Автошляховик України. Окремий випуск. Проблеми автомобільного транспорту. Збірник наукових праць. – К.: 2005. – С. 82-87.
8. Сахно В.П. Про вимірювання та аналіз параметрів, що характеризують стійкість руху автомобілів категорії М1. / В.П. Сахно, В.А. Макаров, А.В. Куплінов, О.С. Волохов. Автошляховик України № 3 2011 К.: 2011. – С. 19–21.
9. Сахно В.П. Розробка математичної моделі автомобіля для дослідження курсової стійкості руху з урахуванням жорсткісної неоднорідності шин / В.П. Сахно, В.Г. Вербицький, А.В. Костенко та ін. // Автошляховик України: Вісник Центрального наукового центру ТАУ. – 2007. – Вип. 10. – С. 138-141.
10. Сахно В.П. Стійкість триланкового сидельно-причіпного автопоїзда з керованим напівпричепом у криволінійному русі / В.П. Сахно, В.Г. Вербицький, О.А. Енглезі, А.Є. Бондаренко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Науковий журнал. – 2008. – Випуск № 7(125). – Частина 2. – С. 10-13.
11. Сахно В.П. Щодо поліпшення системи вимірювання параметрів, які характеризують стійкість руху автомобілів категорії М1 / В.П. Сахно, В.А. Макаров, А.В. Куплінов, О.С. Волохов // Автомобільний транспорт. Сборник научных трудов. Выпуск 29. ХНАДУ Харьков: 2011. – С. 195-198.
12. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. / Г.А. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
13. Солтус А.П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Учебное пособие для вузов. / А.П. Солтус. – К.: Аристей, 2004. – 188 с.

Макиїв Н.Н. К вопросу использования существующих моделей увода шин касательно прогнозирования курсовой устойчивости движения автомобиля

Аннотация. Проведено аналітичне дослідження моделей увода шин по інформації наукових джерел. Розглянуті переваги та недоліки різних моделей увода шин. Вибрана нелінійна теорія увода шин для подальшого дослідження прогнозування курсової устойчивости движения автомобиля.

Ключевые слова: курсовая устойчивость движения, прогнозирование, эластичное колесо, увод, шина, кочение

Makiyov M.M. To the question of the using of existing tyre withdrawal models concerning the prediction of the automobile motion course stability

Abstract. Analytical study of tyre withdrawal models according to scientific information sources is made. The advantages and disadvantages of the different tyre withdrawal models are considered. It is selected nonlinear theory of tyre withdrawal for further study of the prediction of the automobile motion course stability.

Keywords: course stability of automobile motion, prediction, flexible wheel, withdrawal, tyre, moving

Стаття надійшла до редакції 22.11.2013 р.