

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук Горбая Ореста Зеноновича
 на дисертаційну роботу Щербини Андрія Васильовича
«Вибір та обґрунтування кутів сходження керованих коліс
передньоприводного автомобіля категорії М1»,
 представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
 спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Під час написання відгуку розглянуто дисертаційну роботу, автореферат дисертації та копії опублікованих автором дисертації праць. Дисертаційна робота обсягом 200 сторінок містить 81 рисунок, 2 таблиці, 3 додатки (5 окремих сторінок), список використаних джерел із 137 назв.

Автореферат обсягом 20 сторінок містить 18 рисунків, а у список опублікованих автором праць за темою дисертації включено 21 назву.

Актуальність теми

Стійкість руху і керованість – важливі експлуатаційні характеристики, від яких залежать в першу чергу безпека руху. Вони перебувають у центрі уваги вчених і експериментаторів, внаслідок чого появляються нові аналітичні підходи та методи випробувань, що допомагає проектувальникам створювати або вибирати оптимальні конструкції вузлів і агрегатів.

На стійкість і керованість впливає багато конструктивних, дорожніх, метеорологічних та інших факторів. Негативний вплив на стійкість посилюється під час сильного бокового вітру, поперечного нахилу дороги, різкої зміни режимів руху, кінематичної неузгодженості кермового приводу й колісного вузла з еластичною шиною. Кути встановлення коліс та шворнів призвані забезпечити необхідні показники стабілізації та стійкості коліс, однак, їх наявність призводить до збільшення опору коченню та моменту опору повороту коліс.

На даний час є суттєва розбіжність у загальноприйнятих методиках розрахунку кутів встановлення колісного вузла, а їх значення при створенні нових зразків автомобілів визначаються за вдалими аналогами, які добре себе зарекомендували і пройшли довгий шлях експериментальних досліджень. Проведення останніх вимагає істотних матеріальних і часових витрат. Тому визначення оптимальних значень кутів встановлення колісного вузла, а також оцінка їх впливу на параметри руху автомобіля як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації є актуальною науковою задачею і має важливе теоретичне і практичне значення.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення та висновки, випливають з її змісту і повноцінно відображають отримані здобувачем нові результати завершеного наукового пошуку. Достовірність та обґрунтованість

КАНЦЕЛЯРІЯ НТУ
Вх. № 01/1208
«13» 10. 2017 р.

наукових результатів підтверджена узгодженістю теоретичних та експериментальних досліджень.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації достатньо обґрунтовані теоретичними та експериментальними дослідженнями, які були проведені на високому науковому та методологічному рівнях, і повністю висвітлюють теоретичний та практичний характер роботи. Практичне використання отриманих результатів досліджень підтверджено актом про їх впровадження на НТЦ ПАТ «ЗАЗ» для поліпшення експлуатаційних показників нових моделей автомобілів.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Вперше для прямолінійної і криволінійної траєкторії руху передньоприводного автомобіля розроблено математичну модель, яка дозволяє проводити корекцію зміни кута сходження керуючого колісного модуля у залежності від швидкості руху.

Для дослідження кінематики керуючого модуля уточнено функціональні залежності кутів розвалу, сходження коліс та поздовжнього і поперечного нахилу осі повороту колеса як для прямолінійної, так і для криволінійної траєкторії руху. На підставі отриманих координат характерних точок були визначені моменти від поздовжніх, поперечних та вертикальних сил, що діють на колесо автомобіля.

Практичне значення результатів складається:

- методи визначення кінематичних характеристик керуючого колісного модуля, вони можуть бути застосовані під час розробки нових передньоприводних моделей транспортних засобів;
- комплекс апаратури, який встановлено у мобільну науково дослідну лабораторію (на базі автомобіля DAEWOO-FSO LANOS TF48Y), що дозволяє фіксувати кінематику колісного керуючого модуля та визначати моменти від поздовжніх, поперечних та вертикальних сил при дорожніх випробуваннях;
- для різних режимів руху передньоприводного автомобіля категорії М1 на основі теоретичних та експериментальних досліджень визначені оптимальні початкові кути сходження коліс;
- результати роботи впроваджені в навчальний процес кафедри «Автомобілі» Запорізького національного технічного університету при підготовці фахівців зі спеціальності «Колісні та гусеничні транспортні засоби».

Структура, зміст, методологія та оформлення дисертації

Дисертаційна робота Щербіни А.В. має пошукову, теоретичну, експериментальну і практичну складові, які є достатньо повними і збалансованими між собою. Методологічно дисертація включає в себе використання різних математичних методів, експериментальну перевірку основних положень.

Дана робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, додатків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 200 сторінок, включаючи 160 сторінок основного тексту, 2 таблиці, 81 рисунок, 3 додатки та список використаних джерел зі 137 найменувань.

У вступі дисертаційної роботи на основі обґрунтованої тематичної актуальності визначено мету та задачі дослідження, вибрано об'єкт та предмет дослідження, викладено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Аналіз 7 одноосібних та 11 публікації у співавторстві, 3 патентів на корисну модель дозволяють відзначити значний особистий вклад здобувача, що підтверджується також участю у конференціях під час апробаційного періоду 2010-2017 років.

У першому розділі автором розглянуті основні положення теорії керуючого колісного модуля з урахуванням того, що його необхідно розглядати в загальній системі «дорога – шина – автомобіль – водій», з властивою йому функціональною метою – перетворення моменту керування, який створюється на кермі, у момент зовнішніх сил, що скеровує автомобіль для забезпечення його руху по заданій траєкторії.

У цьому розділі розглянуто питання щодо вимог до керованих коліс автомобіля з кутами розвалу та сходження, також інформативно наведені факти та наробіток з необхідності встановлення коліс з цими кутами.

Проводячи аналіз впливу кутів установки коліс на експлуатаційні показники автомобіля автор розглядає вплив кутів установки коліс на сили, що діють у площині контакту колеса з дорогою та аналізує вплив кутів установки коліс на їх автоколивання і на зношуваність шин.

В кінці першого розділу обґрунтовано актуальність проведених досліджень, сформульовані мета і задачі досліджень.

Другий розділ присвячено теоретичному дослідження керуючого колісного модуля легкового автомобіля з урахуванням кутів сходження коліс. Розглянута кінематична характеристика колісного вузла автомобіля, для чого визначені координати центру колеса автомобіля, координати точки контакту колеса та горизонтальної опорної поверхні, а також координати точки перетину осі повороту колеса з горизонтальною опорною поверхнею. Представлена розрахункова схема для визначення координат колісного вузла при повороті колеса.

Опрацьована математична модель дозволяє визначити оптимальні початкові кути сходження коліс в залежності від конструктивних параметрів автомобіля та його швидкості руху, як при прямолінійному, так і при криволінійному русі автомобіля.

У третьому розділі представлені результати теоретичних досліджень зміни кута розвалу та моментів сил, які діють на колесо автомобіля під час його повороту. Відомо, що більшу частину часу автомобіль рухається по криволінійній траєкторії з малими або великими кутами повороту коліс, тому при дослідженні кінематики автомобіля значний інтерес представляє зміна конструкційних та експлуатаційних параметрів колісного вузла під час повороту колеса.

Варіюючи такі параметри як кути розвалу та сходження колеса, а також поперечний та поздовжній кути нахилу осі повороту колеса, були розглянуті зміна кута розвалу та моментів на колесах під час їх повороту. Отримані дані дозволили наочно відобразити вплив кожного з кутів встановлення колеса та його осі повороту на досліджувані параметри, які мають велике значення не тільки для стабілізації керованих коліс, але і впливають на різні експлуатаційні показники автомобіля.

У четвертому розділі розглянуто методика та обладнання для проведення експериментальних досліджень за темою дисертаційної роботи. Дорожні випробування прийняті у якості основного методу експериментальних досліджень передньоприводного автомобіля категорії М1. Вони передбачали накопичення дослідних даних не тільки для перевірки аналітичних і емпіричних залежностей, а і для урахування факторів, що мають місце в реальних умовах експлуатації.

Метою експериментальних досліджень була перевірка адекватності розробленої математичної моделі і вихідних положень, покладених в основу вибору оптимальних конструктивних параметрів керованого колісного модуля за умови покращення експлуатаційних показників автомобіля.

В дисертаційній роботі виконані наступні задачі експериментальних досліджень:

- визначення величини зміни кутів сходження коліс на різних режимах руху автомобіля;
- визначення величини бокової сили в точці контакту колеса з опорною поверхнею;
- визначення впливу кутів сходження коліс на експлуатаційні показники автомобіля.

Вирішення задач експерименту було досягнуто використанням комплексу обладнання з комплектом сучасної вимірюальної апаратури для автоматичної обробки і реєстрації результатів вимірювань; розробкою програм і плану експерименту; проведенням експериментальних заїздів і аналізом результатів вимірювань.

У п'ятому розділі відображені результати теоретичних і експериментальних досліджень зміни кутів сходження коліс під час руху автомобіля. Порівняльний аналіз результатів експериментальних дорожніх випробувань з результатами теоретичних розрахункових даних показав, що вони якісно подібні та кількісно відрізняються одна від іншої в середньому на 9-11%. Таким чином, можна стверджувати, що аналітичний вираз розрахунку зміни кута сходження коліс при русі із постійною швидкістю узгоджується з результатами експерименту.

При русі автомобіля із прискоренням найбільша зміна кутів сходження відбувається під час рушання автомобіля з місця, коли прискорення найбільше, при цьому зміна кутів сходження досягає 60 хвилин. При екстреному гальмуванні кути сходження змінюються на величину до 90 хвилин.

Отримані оптимальні кути сходження за витратою палива та вибігом автомобіля співставні з даними, отриманими із математичної моделі. При

визначені оптимальних кутів сходження на різних швидкостях руху розбіжність складає від 4 до 12%, що підтверджує узгодженість розрахункових та експериментальних результатів.

Висновки належним чином відображають основні результати дисертаційної роботи, логічно випливають з результатів проведених досліджень і достатньо обґрунтовані ними.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи

Оцінюючи в цілому достатній рівень розробки теоретико-методологічних і методичних положень, практичних рекомендацій, обґрунтованість наукових висновків та пропозицій необхідно відмітити, що деякі положення є дискусійними і пов'язані з необхідністю більш коректного використання загальноприйнятої термінології:

- вираз front-drive vehicle перекладається, як автомобіль, що рухається уперед, а слід використовувати front-wheel-drive vehicle, що означає передньоприводний автомобіль;

- замість виразу toe angles of steering wheels доречніше вжити toe-in angles of steering system, оскільки toe-in angle відноситься саме до кута сходження; це стосується і до терміну convergence angles of the wheels;

- вираз «кут повороту рульового колеса» слід замінити на «кут повороту керма», а «кут уклона дороги» на «кут нахилу дороги чи дорожнього покриття»;

- у другому та третьому розділі автор часто використовує терміни «шворінь» і «ось повороту колеса»; для автомобілів категорії M1 з підвіскою McPherson більш правильно використовувати термін «ось повороту колеса»;

- у пункті 1.1 описані складові колісного модуля, а на рис. 1.1 де зображена його принципова схема вони не позначені;

- на стор. 96 та 105 йде мова про кути бічного відведення, і що вони отримані відповідно з розрахунковими схемами на рис. 2.11 та 2.16, але на самих рисунках кути бічного відведення не відображені, що би було варто зробити для більш повного сприйняття;

- таблиця 4.2 є формою для занесення параметрів обладнання для проведення вимірювань і її більш доцільно назвати не «Характеристики дослідного обладнання та засобів вимірювальної техніки», а «Дослідницьке обладнання та засоби вимірювальної техніки»;

- у четвертому розділі в пункті 4.5 присвяченому опису вимірювально-реєструючої апаратури зазначено, що при дослідах використовували гіроскоп ЦГВ – 5, датчик кутових прискорень ДУСУ – 45 АС, акселерометр МП – 95 і разом з ними використовується багатодатчиковий модуль Steval - mki062v1. Даний модуль виконує ті ж функції, що і вище зазначені пристрої, тому не зрозуміло, навіщо використовувати дві системи для виміру одних і тих самих параметрів;

- у поясненні до рис 4.8 «Пристрій для виміру кутів сходження та повороту коліс», є позиція 2, яка теж називається «вимірювальний пристрій», тобто, маємо пристрій для виміру кутів сходження, в якому є вимірювальний пристрій. Вважаю, що більш коректно її назвати «вимірювальна частина» або «потенціометр з важелями»;

- при описі методики та обладнання для проведення експериментальних досліджень бажано було би вказати технічні параметри та стан шин, які були встановлені на автомобілі під час експериментальних досліджень;

- всі експериментальні випробування проводилися при «частковій загрузці автомобіля» (стор.133), однак, відсутнє пояснення вибору лише одного і саме цього завантаження дослідної лабораторії на базі автомобіля DAEWOO-FSO LANOS TF48Y.

Загальна оцінка дисертації

1. Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі, пов'язаної з покращенням експлуатаційних показників передньоприводних легкових автомобілів категорії М1.

2. Дисертація є завершеною науковою працею. При виконанні її використані сучасні методи досліджень, а в результаті отримані нові науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати та технічні рішення.

3. Розділи роботи є логічно пов'язаними між собою, надають цілісне уявлення щодо методів дослідження та отриманих результатів.

4. Результати дисертації можуть бути використані при розробці та сертифікаційних випробуваннях передньоприводних легкових автомобілів.

5. Зміст та основні результати дисертації достатньо повно відображені в публікаціях.

6. Зміст автореферату й основних положень дисертації ідентичні.

7. Наведені зауваження по роботі не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та результати дослідження, які апробовані та впроваджені.

Висновки

1. Дисертаційна робота Щербіни Андрія Васильовича «Вибір та обґрунтування кутів сходження керованих коліс передньоприводного автомобіля категорії М1» є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності є суттєвими для розвитку новітніх систем автоматичних керувань в автомобілебудуванні.

2. Дисертаційна робота Щербіни Андрія Васильовича відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори, а також вимогам МОН України щодо робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

3. Здобувач Щербина Андрій Васильович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент -

доктор технічних наук,

завідувач кафедри

«Автомобілебудування»,

Національного університету

«Львівська політехніка»

О.З. Горбай

