

Поляков Віктор Михайлович, к.т.н., доцент, професор кафедри «Автомобілі»,  
Національний транспортний університет, [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)  
Разбойніков Олександр Олександрович, інженер кафедри «Автомобілі»,  
Національний транспортний університет, [razboyn1k@ukr.net](mailto:razboyn1k@ukr.net)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ З ПАСИВНОЮ ТА АКТИВНОЮ ПІДВІСКАМИ ПРИ РУСІ ПО НЕРІВНІЙ ДОРОЗІ**

Рух автомобіля по нерівній дорозі супроводжується динамічними навантаженнями, що діють в контакті автомобільного колеса з нерівною поверхнею дороги. При цьому еластична шина деформується в різних напрямках, що супроводжується силами і моментами, які діють через жорсткий обід, диск та маточину на підвіску автомобіля та його систему рульового керування. Зазначені процеси можуть призвести до втрати курсової стійкості автомобіля. Актуальність цього питання на сьогодні зростає у зв'язку з використанням на автомобілях системи автопілоту.

Разом з тим, в автомобілебудуванні все частіше використовуються активні підвіски, робочі процеси яких, перш за все, спрямовані на поліпшення комфортабельності руху. Тому існує потреба в розробці алгоритму роботи активної підвіски, що спрямований на поліпшення курсової стійкості автомобіля при русі по нерівній дорозі, та в досліджуванні впливу її робочих процесів на показники зазначеної експлуатаційної властивості.

Під курсовою стійкістю автомобіля в даній роботі прийнято його властивість рухатись без коригуючих дій з боку водія під дією збурюючих сил в межах коридору безпеки. Курсова стійкість автомобіля вважається втраченою, якщо його габарити вийшли за межі коридору безпеки. За основний критерій оцінювання курсової стійкості автомобіля прийнято час від початку дії збурення на автомобіль до його виходу за межі коридору безпеки. Чим довше після початку дії збурення на автомобіль останній залишається в межах коридору безпеки, тим рівень його курсової стійкості вищий, і навпаки. У випадку, якщо автомобіль протягом 1,5 с (час реакції водія) після початку дії збурення залишається в межах коридору безпеки – його курсова стійкість задовільна, інакше – незадовільна. Значення курсового кута автомобіля та поперечного відхиленням його центру мас через 1,5 с після початку дії збурення прийняті за додаткові критерії оцінювання курсової стійкості автомобіля.

В теоретичних дослідженнях курсової стійкості автомобіля передбачено його рівномірний прямолінійний рух з максимально допустимою швидкістю в населених пунктах України 13,9 м/с (50 км/год), з вільним рульовим колесом, по нерівній дорозі, що на шляху коліс лівого борту має одиничну нерівність гармонічного профілю (висота нерівності обмежена амплітудою косинусоїди 0,07 м, а довжина – її періодом 1,00 м).

Для проведення теоретичних досліджень курсової стійкості автомобіля при русі по нерівній дорозі розроблено розрахункову схему і математичну модель. За результатами дослідження курсової стійкості автомобіля з пасивною підвіскою при русі по нерівній дорозі визначено час виходу габаритів автомобіля за межі коридору безпеки 1.293 с та поперечне відхилення (вліво) центру мас автомобіля 0,251 м і його курсовий кут 1,170 град через 1,5 с (час реакції водія). Курсова стійкість автомобіля з пасивною підвіскою незадовільна.

Аналіз результатів досліджень свідчить про те, що основною причиною втрати курсової стійкості автомобіля при русі по нерівній дорозі є відхилення його керованих коліс від заданого положення. При чому, в наслідок недоходження повороту керованих коліс до нейтрального положення (стабілізація кута повороту керованих коліс автомобіля з пасивною підвіскою відбулась з кутом недоходження 0,083 град) поперечне відхилення автомобіля з часом зростає.

Відхилення керованих коліс від заданого положення в зазначених умовах, в першу чергу, відбувається під дією моментів від нормальних і тангенціальних реакцій опорної поверхні на керовані колеса автомобіля, а також моментів, що виникають внаслідок вертикальних прискорень керованих коліс.

З урахуванням зазначеного розроблено алгоритм роботи активної підвіски автомобіля, критерієм якості роботи якої обрано зміну значення середнього кута повороту керованих коліс після долання дорожньої нерівності (чим менше відхилення керованих коліс від заданого положення після долання збурення, тим якість роботи активної підвіски вище).

При проведенні теоретичних досліджень курсової стійкості автомобіля з активною підвіскою по нерівній дорозі в математичній моделі враховано особливості її робочого процесу. Вихід габаритів автомобіля з активною підвіскою (що працює за розробленим алгоритмом) за межі коридору безпеки в часових рамках моделювання (3,5 с після наїзду на дорожню нерівність) не зафіксовано. Через 1,5 с (час реакції водія) поперечне відхилення (вліво) центру мас автомобіля становить 0,015 м, а його курсовий кут – 0,059 град. Курсова стійкість автомобіля задовільна. При цьому, стабілізація кута повороту керованих коліс відбулась з кутом недоходження до нейтрального положення рівним -0,001 град.

З метою підтвердження адекватності розробленої математичної моделі та достовірності отриманих результатів теоретичних досліджень проведено експериментальні дослідження курсової стійкості автомобіля (з пасивною та активною підвісками). В якості об'єкта експериментальних досліджень прийнято фізичну модель автомобіля (масштаб 1:4 по вільному радіусу колеса автомобіля).

Експериментальні дослідження проводились в три етапи. На першому етапі проведені роботи по налаштуванню фізичної моделі автомобіля, розроблено і виготовлено механізм її активної підвіски та встановлено на моделі вимірювальне обладнання. На другому етапі визначено параметри

фізичної моделі автомобіля, що необхідні для математичного моделювання. На третьому етапі в лабораторії кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету створено випробувальну трасу, яку було обладнано трьома контрольно-реєструючими приладами-відеокамерами (рис. 1).

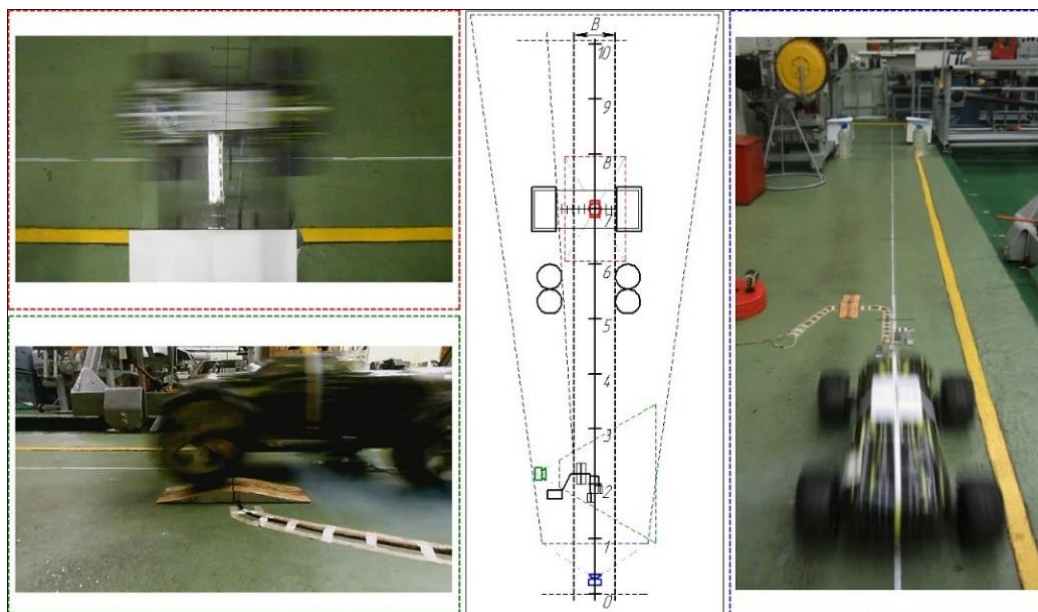


Рисунок 1 – Структура траси для дослідження курсової стійкості та положення фізичної моделі автомобіля в характерних точках її руху

Програмою експериментальних досліджень передбачено прямолінійний рух фізичної моделі автомобіля, колеса лівого борта якої долають гармонічну нерівність висотою 17,5 мм та довжиною 250 мм. На момент наїзду переднього колеса фізичної моделі автомобіля на дорожнє збурення її швидкість станове 3,5 м/с. Зазначені параметри відповідають за теорією подібності аналогічним параметрам, що використовуються при математичному моделюванні курсової стійкості автомобіля під час руху по нерівній дорозі.

Результати експериментальних досліджень підтверджують характер зміни теоретично розрахованих параметрів руху фізичної моделі автомобіля. При цьому поперечне відхилення центру мас фізичної моделі автомобіля через 1.115 с після долання початку дорожньої нерівності її переднім лівим колесом з пасивною підвіскою за даними експериментальних досліджень становить 123 мм, з активною – 45 мм, а за теоретичними – відповідно 111 мм і 49 мм. Величина відносної похибки визначення поперечного відхилення центру мас фізичної моделі автомобіля з пасивною підвіскою становить 9,8 %, з активною – 8,9 %, що підтверджує адекватність математичної моделі та достовірність отриманих результатів теоретичних досліджень.

Висновок: шляхом керування (за розробленим алгоритмом) робочими процесами активної підвіски автомобіля поліпшується його курсова стійкість при русі по нерівній дорозі, що підтверджується результатами теоретичних та експериментальних досліджень.