



УДК 629.113

- © В.П. Сахно, докт. техн. наук, професор,
- © О.В. Григорашенко, канд. техн. наук, доцент (НТУ)

## ДО ПОРІВНЯННЯ ПАРАМЕТРІВ КЕРОВАНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛІВ ІЗ 2WS ТА 4WS СХЕМАМИ КЕРУВАННЯ

**Анотація.** Встановлено, що у коловому русі автомобіля за швидкості 5 км/год радіус повороту у 4WS режимі досягає значення в 1,79 – 1,85 разів менше, ніж при схемі керування 2WS. При повороті на 90° у автомобіля із всеколісним керуванням показники керованості кращі за автомобіль із стандартною схемою керування. Відхилення траєкторії руху автомобіля із всеколісним керуванням від розрахункової не перевищує 7 %. Система всеколісного керування є дуже ефективною, та для максимального свого ефекту мусить працювати в тандемі з новітніми системами стеження за рухом автомобіля. Комплексно ці системи значно підвищують керованість та стійкість руху автомобіля на високих швидкостях, а так само і безпеку дорожнього руху.

**Ключові слова:** автомобіль, системи 4WS і 2WS керування, траєкторія, маневреність, стійкість, керованість, відхилення, поворот.

**Анотация.** Установлено, что в круговом движении автомобиля при скорости 5 км/ч радиус поворота в 4WS режиме достигает значения в 1,79 – 1,85 раз меньше, чем при схеме управления 2WS. При повороте на 90° у автомобиля со всеколёсным управлением показатели управляемости лучше автомобиля со стандартной схемой управления. Отклонение траектории движения автомобиля со всеколёсным управлением от расчетной не превышает 7 %. Система всеколёсного управления является очень эффективной, но для максимального своего эффекта должна работать параллельно с новейшими системами слежения за движением автомобиля. Комплексно эти системы значительно повысят управляемость и устойчивость движения автомобиля на высоких скоростях, а следовательно и безопасность дорожного движения.

**Ключевые слова:** автомобиль, системы 4WS и 2WS управления, траектория, маневренность, устойчивость, управляемость, отклонение, поворот.

**Annotation.** It is set that in circular motion of car at speed 5 km/h the radius of turn in the 4WS mode arrives at a value in 1,79 – 1,85 times less than, than at the chart of management of 2WS. At a turn on 90° car with the 4WS mode arrives indexes of dirigibility better than car with the standard chart of management. The rejection of trajectory of motion of car with the 4WS mode arrives from a calculation does not exceed 7 %. The system of the 4WS mode arrives is very effective, but for maximal the effect must work in a complex with the newest track after motion of car systems. Complex these systems considerably will promote dirigibility and stability of motion of car on high-rate, and consequently and safety of travelling motion.

**Keywords:** car, systems of 4WS and 2WS managements, trajectory, manoeuvrability, stability, dirigibility, rejection, turn.

### Вступ

Відомо, що більшість дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП) відбуваються через те, що водій втрачає контроль за управлінням транспортним засобом при гальмуванні у результаті блокування одного або декілька коліс. Коли колеса блокуються, транспортний засіб втрачає як стійкість, так і керованість [1]. Офіційна британська статистика пригод свідчить про те, що колеса були заблоковані приблизно у 14 % зареєстрованих ДТП з травматизмом. Блокування коліс на повороті призводить до того, що транспортний засіб буде управлятися тільки відцентровими силами, в результаті чого можуть виникнути ДТП – виїзд з проїжджої частини або лобове зіткнення.

При екстремому гальмуванні одне з коліс (або кілька коліс) будуть починати блокуватися раніше, ніж інші, оскільки тертя між шиною й дорожнім покриттям залежить від безлічі факторів і постійно змінюється.

При блокуванні одного з коліс настає 100 % його ковзання. При цьому заблоковане колесо ковзає по дорожньому покриттю, приблизно як ластик при стиранні ковзає по поверхні паперу. Зі зникненням між шиною й дорогою тертя зчеплення (тертя спокою) колеса втрачають можливість передавати бічні зусилля, що утримують автомобіль на курсі його руху. Автомобіль втрачає керованість, і найменше випадкове бічне зусилля призводить до його зносу [2].

Небагато водіїв у змозі належним чином скористатися гальмами в аварійних ситуаціях. Звичайна реакція – натискання гальмівної педалі до упору, що найчастіше призводить до блокування коліс. Неблокуючі гальма або гальма, устатковані антиблокувальним пристроєм (далі – ABS), призначені для запобігання проблем, що виникають при блокуванні коліс. Метою застосування неблокуючих гальм є позбавлення водія від складного завдання – оптимізувати тиск під час



гальмування й запобігти блокуванню коліс так, щоб у критичній ситуації можна було зберегти стійкість і керованість транспортного засобу. Для цього поряд із відомими системами ABS застосовують системи всеколісного управління, які значно менше поширені, ніж інші електронні системи управління автомобілем.

*Огляд літературних джерел.* За наявної кількості різних додаткових систем із безпеки та підтримки роботи водія складно запропонувати одну послідовну і логічну систему їхньої класифікації [3]. Деякі системи жорстко пов'язані між собою в "ієрархії" керування, другі – це власне різні шаблі розвитку однієї системи, а треті базуються на вузлах і компонентах або програмному забезпеченні один одного чи є розширеннями наявних в інших системах функцій [4].

Одна з можливих класифікацій – це розподіл додаткових систем за принципом того, у якому режимі руху вони включаються в керування автомобілем: "початок руху", "рух" і "гальмування".

Інша, й більш точна, можливість класифікації – це розподіл всіх додаткових систем на дві групи. В одну групу ввійдуть додаткові системи, що управляють тільки роботою гальм, через гідравліку гальмівної системи, а в другу – додаткові системи, які, крім цього, використовують для керування роботою двигуна й/або коробки передач.

Усі системи контролю зчеплення коліс із дорогою розвинулися з антиблокувальної системи ABS, що є системою гальмування з керуванням тільки гальмами. Системи EBV, EDS, CBC, ABSplus і GMB є розширеннями системи ABS або на рівні програмного забезпечення, або з додаванням додаткових компонентів [5].

Система ASR – це подальший розвиток системи ABS, крім активного керування гальмами вона дає змогу також управляти роботою двигуна. До систем гальмування, які працюють тільки за рахунок керування двигуном, належать M-ABS і MSR.

Як вже пояснювалося, системи контролю зчеплення з дорогою поділяються на два типи: такі, що працюють тільки завдяки втручанню в гідравліку гальмівної системи, і такі, які можуть, крім цього, управляти і роботою двигуна, а на машинах з АКП – і автоматичною коробкою передач.

До першої групи належать:

- антиблокувальна система ABS;
- система електронного перерозподілу гальмівних зусиль EBV;
- розширена система стабілізації гальмування ESBS (Corner Brake Control CBC);
- електронне блокування диференціала EDS;
- розширена антиблокувальна система ABSplus;
- система впливу на розвертаючий момент GMA (GMB).

До другої групи належать:

- антиковзальна система ASR;
- асистент гальмування двигуном MSR;
- антиблокувальна функція, реалізована через керування двигуном M-ABS (розширена ABS).

Усі системи контролю зчеплення коліс із дорогою з'явилися як подальший розвиток системи ABS. Багато з розглянутих тут систем – це програмне розширення

первісних функцій ABS, зокрема системи першої групи повністю працездатні на будь-якому автомобілі, обладнаному системою ABS, і не вимагають наявності ESP як обов'язкової умови.

Для роботи функції EDS необхідний розширений гідравлічний блок. Система підтримки курсової стійкості ESP самостійно вносить корективи в динаміку автомобіля за допомогою гальмівної системи, коли її електроніка фіксує відхилення фактичної траєкторії руху автомобіля від бажаної водієм. ESP можна розглядати як систему більш високого "ієрархічного" статусу.

Більшість досліджень впливу гальм з ABS на кількість ДТП виконано в США, вони ґрунтуються на об'ємному матеріалі про ДТП. Результати, представлені нижче, ґрунтуються на низці досліджень. Розрізняють вплив на легкові автомобілі, вплив на пікапи, невеликі вантажні та універсальні автомобілі. У випадку легкових автомобілів застосування гальм ABS дає відносно невелике, але статистично надійне скорочення кількості пригод, якщо всі ступені травматизму та типи ДТП розглядати сукупно. Кількість ДТП з травмами людей зменшуються, в той час як кількість дорожньо-транспортних пригод зі смертельним результатом зростає. Якщо розглядати окремі типи пригод, картина буде ще більш суперечливою. Спостерігається статистично надійне зростання пригод із перекиданням, поодинокими пригод і зіткнень із нерухомими об'єктами. Також спостерігається статистично надійне скорочення зіткнень з пішоходами (велосипедистами), тваринами і зіткнень при повороті транспортного засобу. Дослідження показує, що застосування гальм з ABS скорочує ризик наїзду на транспортний засіб на 32,8 %, але збільшує ризик наїзду ззаду іншого транспортного засобу на 30,14 %. Таким чином, вплив у чистому вигляді на події, пов'язані з наїздом ззаду, дорівнює 0.

Існує підозра щодо того, що гальма ABS/ESP можуть відмовити або втратити гальмуючий ефект в критичних ситуаціях, коли водієві доводиться об'їжджати об'єкт, аби уникнути наїзду і ДТП. Це стурбувало американську дорожню поліцію, і вона провела спеціальні дослідження з цієї проблеми.

Ситуація, що стала об'єктом дослідження, є ймовірною для водіїв, але з нею частіше доводиться стикатися поліцейським патрулям під час виїздів за викликом, погонь тощо. Підозра у американської дорожньої поліції була настільки великою, що вирішено було провести випробування з виконання маневрів із метою уникнення зіткнення з одночасними вимірами гальмівного шляху. У випробуваннях використовувалися чотири американські моделі автомобілів, устаткованих гальмами з ABS. Підозри підтвердилися. Гальмівний шлях збільшувався в ситуаціях, коли виконувалися маневри з метою уникнення зіткнення при одночасному гальмуванні. Пояснення цьому є. Проблема полягає в тому, що при виконанні маневру з метою уникнення зіткнення з різким поворотом керма і гальмуванням, за високої швидкості не відчувається, що автомобіль активно втрачає швидкість так само, як це відбувається при застосуванні традиційних гальм, і це назвали "гальмівною вагою". При застосуванні традиційних гальм

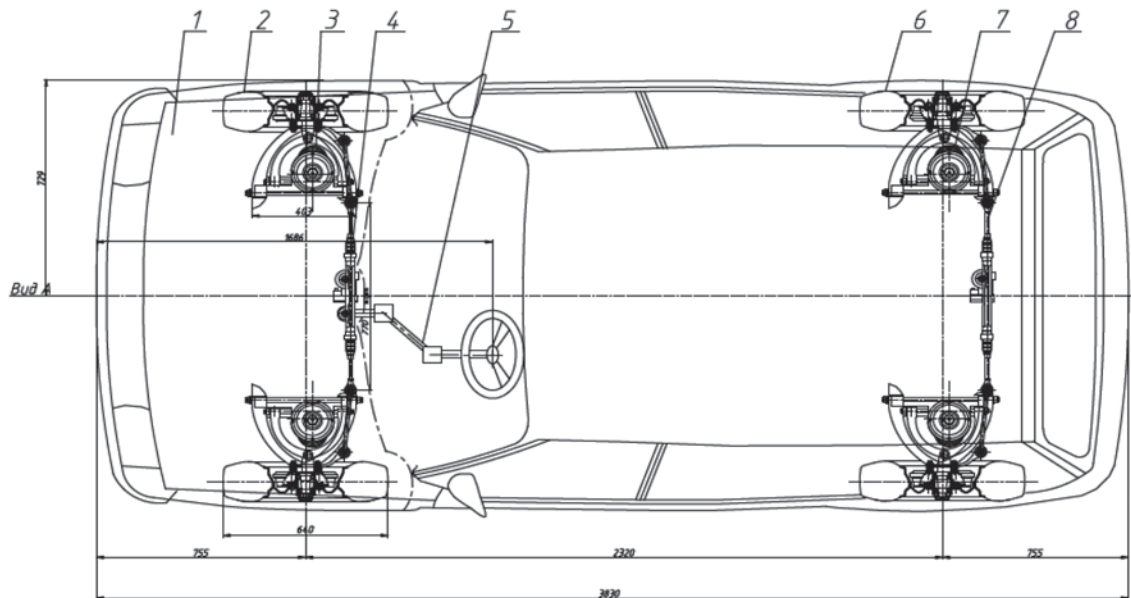


Рис. 1. Автомобіль ЗАЗ-1105 з переобладнаною задньою підвіскою: 1 – кузов, 2 – переднє колесо, 3 – передня підвіска, 4 – передня рульова рейка, 5 – рульовий привід, 6 – заднє колесо, 7 – задня підвіска, 8 – задня рульова рейка

і заблокованих коліс все тертя спрямовано на зменшення швидкості, але при цьому водій втрачає контроль за керуванням автомобіля. Ймовірним поясненням збільшення гальмівного шляху при застосуванні гальм з ABS є те, що більша частина наявного зчеплення між шиною і дорожнім покриттям витрачається на виконання поворотів, таким чином, залишається невелике зчеплення для зменшення швидкості транспортного засобу.

Виходячи із усього сказаного вище дуже перспективною стає робота із системою всеколісного керування 4WS (Fog-wheel-steered – автомобіль керований 4-ма колесами). Ця система призначена для керування колесами задньої осі за визначеним законом, залежно від керуючого впливу водія на передні керовані колеса. Нині завдяки простоті та надійності сучасної автомобільної електроніки, найбільше застосування для корекції повороту задніх коліс у системах всеколісного керування одержав електронний спосіб. Метою роботи є порівняння показників керованості та стійкості легкових автомобілів із системами 2WS і 4WS схемами керування.

#### Основна частина

Аналіз українських і закордонних публікацій [6] дав змогу розкрити стан питання щодо перспектив розвитку та використання автомобілів із всеколісним керуванням [7]. Проведений аналіз конструкцій автомобілів із всеколісним керуванням за період з 1912 до 2010 року дав змогу визначити показники, за якими оцінюється керованість і стійкість автомобілів із всеколісним керуванням.

Визначено, що автомобілі зі всеколісним керуванням у порівнянні з автомобілями зі звичайними системами керування мають суттєві переваги у маневреності, керованості та стійкості руху (підвищення показників у межах  $\approx 20\%$ ) та гальмівній динаміці (зменшення на  $\approx 10\%$  гальмівного шляху). Встановлено також, що у легкових автомобілів із передніми і задніми керованими

колесами поворот задніх коліс залежить від кута повороту передніх і швидкості руху [8]. При маневруванні з малою швидкістю задні колеса повертаються у бік, протилежний повороту передніх, причому кут повороту задніх коліс менше, ніж кут повороту передніх; при русі ж з великою швидкістю задні колеса повертаються у бік повороту передніх на кут до  $2...4^\circ$ . Проте чому обраний саме такий закон зміни передаточного числа, відповісти без всебічного аналізу складно, хоча деякі причини очевидні. Перша: поворот задніх коліс у бік, протилежний повороту передніх коліс, зменшує радіус повороту автомобіля, але перешкоджає рушанню з місця і паркуванню автомобіля біля тротуару. Друга: поворот задніх коліс у бік передніх полегшує зміну смуги руху і “рушання від тротуару”, однак зменшує чутливість до керування напрямком поздовжньої осі автомобіля (зокрема, при однакових кутах повороту передніх і задніх коліс повернути поздовжню вісь автомобіля неможливо). Та це при русі з малою швидкістю, коли кутами відведення осей можна знехотити. Однак сказати заздалегідь, як поворот задніх коліс вплине на керованість і стійкість автомобіля при русі з великою швидкістю, коли кути відведення осей мають істотне значення, не виконавши відповідних досліджень, неможливо.

Аналітично доведено, що процес руху автомобіля залежить від багатьох факторів. Для того, щоб найбільш повно вивчити процеси, які відбуваються при русі автомобіля із всеколісним керуванням у реальних дорожніх умовах, необхідно здійснити велику кількість спостережень і вимірів. Кожне спостереження і вимір може фіксувати лише деякі окремі фактори. Виявити головне і потім глибоко досліджувати процеси і явища за допомогою великої кількості несистематизованої інформації складно. Тому інформація про рух автомобіля була представлена у вигляді математичної моделі [9]. Будь-яка математична модель вимагає перевірки її адекватності на реальному фізичному об'єкті. Зробити таку



перевірку можна шляхом порівняння результатів отриманих за допомогою математичної моделі та при проведенні експериментальних досліджень [10]. Такі дослідження були проведені на переобладнаному автомобілі ЗАЗ 1105 “Дана” категорії М1 [11]. Переобладнання автомобіля полягало в такому. На місце стандартної задньої підвіски було встановлено всі елементи передньої підвіски з урахуванням геометрії установки коліс передньої підвіски (кутів розвалу та сходження, поздовжнього та поперечного кутів нахилу шворня, плечей виносу тощо (рис. 1).

**Завданням експериментального дослідження** було:

- перевірка адекватності математичної моделі [9], яка описує рух автомобіля із всеколісним керуванням;
- перевірка адекватності отриманих залежностей швидкісних діапазонів, напрямків і кутів повороту задніх керованих коліс автомобіля із всеколісним керуванням;
- оцінка впливу конструктивних параметрів автомобіля на показники керованості та стійкості при круговому русі, повороті на  $90^\circ$  і русі з “переставкою” за різних режимів руху автомобіля;
- визначення показників курсової стійкості автомобіля зі всеколісним керуванням при русі по прямолінійних траєкторіях у тяговому режимі.

У результаті експериментальних досліджень руху автомобіля були отримані осцилограми з записами кутів повороту керованих коліс автомобіля, бокових сил під час виконання заїздів, дані про відхилення траєкторій центру мас автомобіля та швидкість руху за різних кутів та напрямків повороту керованих коліс задньої осі автомобіля [12].

Значення усіх параметрів визначалися за величинами відхилень ліній на осцилограмі від відповідних базових ліній з урахуванням масштабних коефіцієнтів, отриманих за тарувальними графіками датчиків відповідних параметрів, а саме значення кута повороту рульового колеса та бокового прискорення центру мас автомобіля. Для зручності досліджень осцилограми були дискретизовані та зведені до табличного формату даних, на основі яких були отримані графічні залеж-

ності у часі. Визначення траєкторії центру мас автомобіля при круговому русі (рис. 2), проводилось на двох режимах з 2WS та 4WS схемами керування [13].

Після проведення аналізу кругового руху автомобіля в режимах 2WS та 4WS було визначено, що на швидкостях до 5 км/год при всеколісній схемі керування можливий поворот задніх керованих коліс у сторону протилежну повороту передніх на максимальний кут без шкоди для безпеки руху. У цьому випадку радіуси поворотів у 4WS режимі досягають значення (1,14 – 1,32) L, тобто у 1,79 – 1,85 разів менше ніж при схемі керування 2WS (рис. 2-1, 2)).

На швидкостях руху більше 15 км/год кут повороту задніх коліс не повинен перевищувати  $5^\circ$ . Радіус повороту в такому випадку зменшиться усього на 10,7 % (на 0,343 м) порівняно зі стандартною схемою керування (рис. 2-3), але завдяки цьому буде виключено явище надлишкової повороткості, а рівень маневреності, порівняно зі стандартною схемою керування, значно покращиться.

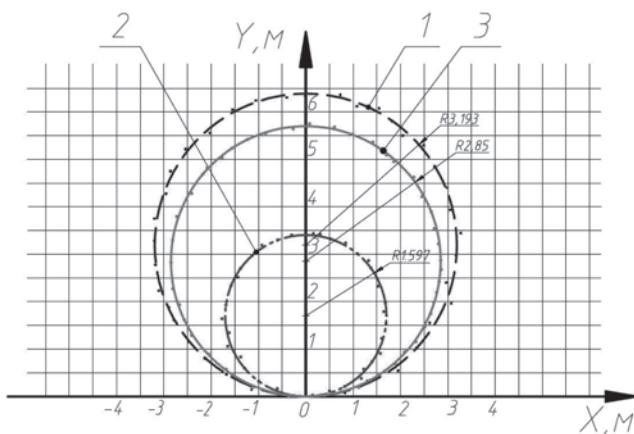
При русі автомобіля в реальних дорожніх умовах на нього зі сторони зовнішнього середовища діють зовнішні сили (збурення). Вони можуть мати двояку природу – обумовлені або випадковими збуреннями, або керуючими впливами. Останні використовуються водієм для управління курсовим і боковим рухом транспортного засобу в результаті повороту керованих коліс. Випадкові збурення можуть бути викликані різними причинами: взаємодією коліс з нерівностями дороги, нахилом дороги, аеродинамічними силами, неузгодженістю кінематики підвіски та рульового керування тощо.

Згідно з аналітичними дослідженнями “стійкий” транспортний засіб при дії невеликих збурень здатний зберігати заданий напрямок руху без доворотів рульового колеса водієм, або рухатись після дії збурення під іншим незмінним курсовим кутом. “Нестійкий” транспортний засіб навіть за мінімальних величин збурень не може забезпечити прямолінійного режиму руху без коректуючих дій водія і транспортний засіб із плином часу переходить з прямолінійного режиму руху в круговий навіть без повороту рульового колеса.

Швидкість реакції транспортного засобу на дію збурення в такому випадку буде залежати від області притягання прямолінійного руху. На графіках (рис. 3-4), для порівняння, представлені також аналітичні результати числового комп’ютерного моделювання руху автомобіля внаслідок дії збурюючої сили. Вихідним сигналом для моделювання слугувала отримана в ході експерименту залежність у часі кута повороту рульового колеса, яка попередньо лінійно апроксимувалась. У результаті числового інтегрування отримані інтегральні криві – залежність у часі кінематичних змінних, які порівнюються з аналогічними кривими, одержаними при експериментальних випробуваннях.

Кожний із рис. 3, 4 – система аналітичних і експериментальних графіків, які показують поведінку автомобіля при дії збурення за різних схем керування – 2WS і 4WS.

Поворот на  $90^\circ$  (рис. 3) показав, що в автомобіля із всеколісним керуванням показники керованості кращі



**Рис. 2.** Графік кругового руху автомобіля в режимі 2WS та 4WS: 1 – радіус повороту при схемі керування 2WS; 2 – радіус повороту при схемі керування 4WS (низька швидкість руху); 3 – радіус повороту при схемі керування 4WS (середня швидкість руху)

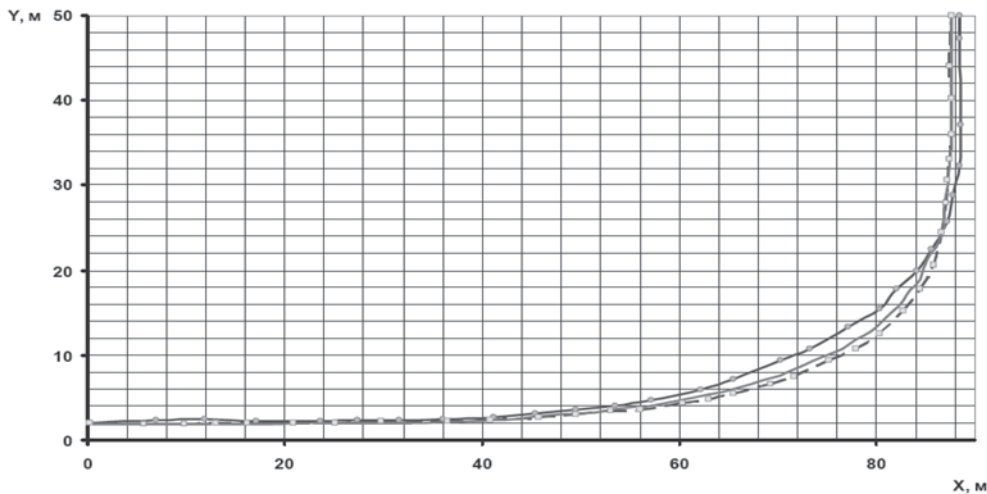


Рис. 3. Графік повороту автомобіля на 90°:

- розрахована за методикою при всеколійній схемі керування;
- - експериментальні при стандартній схемі керування;
- - експериментальні при всеколійній схемі керування

за автомобіль із стандартною схемою керування. Так, автомобіль обладнаний системою 4WS “гостріше” реагує на зміну траєкторії руху. Відхилення траєкторії руху автомобіля із всеколійним керуванням від розрахункової не перевищує 7 %.

Маневр “переставка” також показав значні переваги системи всеколійного керування перед стандартною системою керування. На рис. 4 показана траєкторія руху центра мас автомобіля при стандартній та всеколійній схемі керування. При русі з “переставкою” автомобіль із стандартною схемою керування набуває значних бокових прискорень. Це призводить до появи надлишкової поворотності та зниження стійкості руху автомобіля (рис. 4).

При русі з “переставкою” автомобіля із всеколійним керуванням датчиками було визначено зниження бокових прискорень автомобіля та покращення стійкості його руху. Ефекту недостатньої чи надлишкової пово-

роткості не виникало. Траєкторія руху значно плавніша та близька до бажаної.

Зниження бокових прискорень автомобіля при всеколійній схемі керування внаслідок дії збурюючої сили, що викликана “ривком руля”, показано на рис. 5. Для порівняння на цьому графіку представлені й аналітичні результати числового комп’ютерного моделювання руху автомобіля.

Аналітичні значення та експериментальні виміри бокового прискорення центру мас автомобіля збігаються задовільно за винятком високочастотних коливань бокового прискорення, викликаних шорсткістю дороги, динамікою шасі та підвіски. Експериментальні показники вимірюваних величин і отриманих аналітично добре співвідносяться між собою.

Із рис. 5 видно значне зменшення бокового прискорення центра мас автомобіля із всеколійною схемою керування у порівнянні зі стандартною. На основі цього можна зробити висновок, що транспортний засіб із всеколійною схемою керування при таких масово-геометричних, конструктивних та експлуатаційних параметрах буде стійкіший за аналогічний автомобіль, обладнаний стандартною схемою керування.

Дослідженнями були визначені й проблемні сторони. Так, в перехідних режимах спостерігалася відносно низька стійкість руху. На початку повороту внаслідок деформації шин на передніх колесах виникають стабілізуючі, а на задніх дестабілізуючі моменти. При вході в поворот відцентрові сили збільшують стабілізуючі

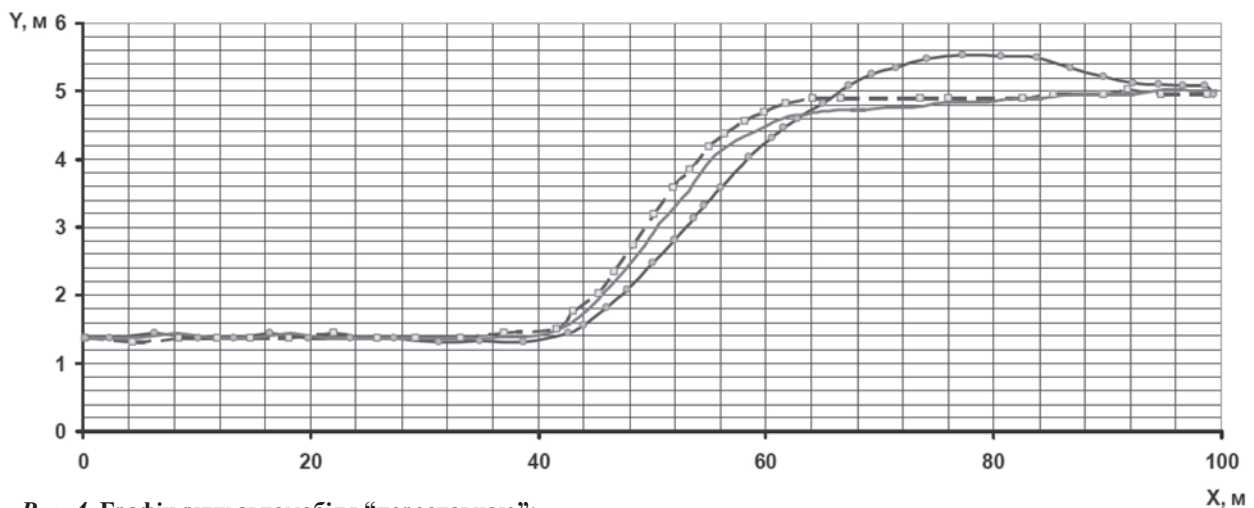


Рис. 4. Графік руху автомобіля “переставкою”:

- розрахована за методикою при всеколійній схемі керування;
- - експериментальні при стандартній схемі керування;
- - експериментальні при всеколійній схемі керування

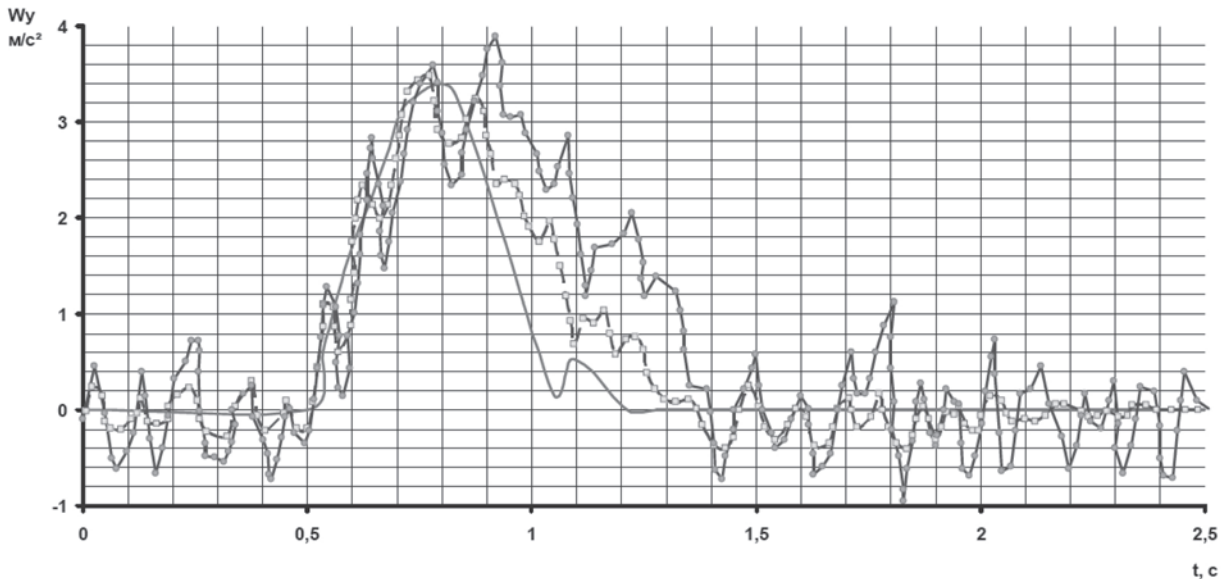


Рис. 5. Порівняння реакції автомобіля на “ривок руля” при стандартній та всеколійній схемах керування:

- — розрахована за методикою при всеколійній схемі керування;
- — експериментальні при стандартній схемі керування;
- -○- - експериментальні при всеколійній схемі керування

моменти на колесах передньої осі та зменшують, дестабілізуючі моменти, які виникли при вході в поворот на задніх колесах, далі перетворюючи ці моменти в стабілізуючі. При виході з повороту бокова сила на колесах зростає, збільшуючи можливість заносу.

Виходячи з цього, можна констатувати наявність змінних за напрямком і величиною бокових реакцій, які виникають на задніх колесах та ускладнюють керування автомобілем при його переході від прямолінійного руху до криволінійного.

Зниження як стабілізуючого, так і дестабілізуючого моментів можливо досягнути нахилом шворнів задніх коліс вперед, тобто зменшенням плеча, на якому діє бокова реакція у плямі контакту. Також було виявлено, що для зменшення дестабілізуючого моменту варто починати поворот задніх коліс після повороту передніх, тобто повертати їх із затримкою в режимі стеження.

#### Висновки

Встановлено, що у коловому русі автомобіля за швидкості 5 км/год радіус повороту у 4WS режимі досягає значення в 1,79 – 1,85 разів менше, ніж при схемі керування 2WS. При повороті на 90° автомобіля із всеколійним керуванням показники керованості кращі за автомобіль із стандартною схемою керування. Відхилення траєкторії руху автомобіля із всеколійним керуванням від розрахункової не перевищує 7 %. При русі з “переставкою” автомобіля із всеколійним керуванням було визначено зниження бокових прискорень автомобіля та покращення стійкості його руху. Результати проведених досліджень свідчать про те, що система всеколійного керування є дуже ефективною, та для максимального свого ефекту мусить працювати в комплексі з новітніми системами стеження за рухом автомобіля. Комплексно ці системи значно підвищують керованість та стійкість руху автомобіля на високих швидкостях, а також і безпеку дорожнього руху.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shinsuke Sato, Hideo Inoue, Masaaki Tabata, and Shoji Inagaki. Integrated Chassis Control System for Improved Vehicle Dynamics. Toyota Motor Corp. Source: AVEC’92, 1992, pp.413-418.
2. Хачатуров А.А. Динамика системы “Дорога – водитель”. – М.: Машиностроение, 1976. – 530 с.
3. Автомобильный справочник: справочник / [пер. с англ. Дугин Г. С., Комаров Е. И. и др]. – М.: ЗАО “КЖИ “За рулем”, 2004. – 896 с.
4. Alverti, V, and Babbel, E. Improved Driving Stability by Active Braking of the Individual Wheels. Proceedings of AVEC’96, International symposium on Advanced vehicle Control, Juni 1996, pp. 717-732.
5. Григорашенко А.В. Анализ конструкций всеколесного управления автомобилей категории М1/А.В. Григорашенко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2006. – № 3. – С. 46-51.
6. Сахно В.П. Стан та перспективи застосування всеколійного керування для автомобілів категорії М1 / В.П. Сахно, А.В. Вакуліч, О.В. Григорашенко // Автошляховик України. – 2005. – № 8. – С. 161-165.
7. Cho, Y.H. and Kim, J. Design of optimal four-wheel steering system. Vehicle System Dynamics, Oct 1995, Vol. 24, No. 9, pp. 661-682.
8. Нейман Карл-Томас. Система активного управления кинематикой колес задней оси (ARK), как основная составляющая глобальной системы управления автомобилем (Global Chassis Control) / Нейман Карл-Томас // Continental Automotive Systems. – 2008. – № 1. – С. 1-29.
9. Григорашенко О.В. Розробка математичної моделі автомобіля із всеколійним керуванням категорії М1 /О.В. Григорашенко// Вісник. – 2008. – № 17. – С. 115-125.
10. Налимов В.В. Теория эксперимента / Налимов В.В. – М.: Наука, 1971. – 205 с.
11. Григорашенко О.В. Експериментальний легковий автомобіль із всеколійним управлінням / О.В. Григорашенко // Вісник. – 2008. – № 16. – С. 170-173.
12. Експериментальні дослідження макета автомобіля із всеколійним керуванням: матеріали 65 Наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету, травень 2009. – К.: НТУ, 2009. – 463 с.
13. Сахно В.П. До визначення показників маневреності та стійкості руху автобусів великого класу /В.П. Сахно, О.А. Веремчук, О.В. Григорашенко, А.В. Лагошина// Автошляховик України. – 2007. – № 10. – С. 130-133.