

УДК 629.3.072



ПОПОВИЧ В.В. старший викладач кафедри автомобілебудування
Національний університет “Львівська політехніка”,

ДЕЯКІ ДОРОЖНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА КЕРОВАНОСТІ АВТОБУСА А074 З РІЗНИМИ ВИДАМИ КЕРМОВОГО ПРИВОДУ

Дорожні випробовування автобуса А074 з двома видами кермового приводу показали, що заміна в конструкції кермового приводу нерозрізної поздовжньої тяги на розрізну спричинила докорінне поліпшення стійкості і керованості автобуса.

Актуальність роботи. Стійкість руху і керованість – важливі експлуатаційні характеристики автобуса, від яких залежать продуктивність перевезень, плавність ходу та безпека руху. На ці характеристики впливає багато конструкційних, дорожніх, метеорологічних та інших чинників. Негативний вплив на стійкість посилюється під час гальмування, сильного бічного вітру, поперечного ухилу дороги, кінематичної неузгодженості кермового приводу й підвіски керованих коліс тощо. Під час проектування автобуса кінематична неузгодженість має бути зведена до мінімуму. Ознаками втрати стійкості є бічне ковзання ведених, пробуксовування ведучих коліс, бічне відведення керованих коліс, занос задніх коліс і навіть перекидування КТЗ [1].

Постановка проблеми. Недостатньо вивченою проблемою є вплив кінематичної неузгодженості кермового приводу й підвіски керованих коліс на стійкість руху автобусів.

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Проблема стійкості руху автомобільного транспорту та його керованості давно перебуває в центрі уваги

дослідників. Ще від 1934 року американська фірма Дженерал Моторс, а пізніше й англійська фірма Воксхол зайнялись ґрунтовними дослідженнями з метою виявлення впливу різних факторів на стійкість руху автомобіля. Проведені випробування показали, що одним з таких факторів впливу була еластичність шин, яка спричиняла бічне відведення коліс.

Основні положення теорії стійкості руху та керованості автомобіля знаходимо в роботах Є. О. Чудакова [2] і Я. М. Певзнера [3]. Є. О. Чудаков співставляв стійкість руху автомобіля із врахуванням та без врахування бічної еластичності шин. Негативний вплив на стійкість автомобіля посилювався під час гальмування [4], бічного вітру та поперечного нахилу дороги.

Я. М. Певзнер розробив протягом 1939 – 1941 рр. інженерну теорію стійкості руху автомобіля, обладнаного шинами з бічною еластичністю [3, 5]. Його теорія підтвердила правильність американських і англійських методів випробовувань стійкості автомобіля.

В роботі [6] показано, що під час одночасного повороту та гальмування

автомобіль втрачав стійкість руху й керованість, особливо тоді, коли зменшувався радіус повороту дороги та знижувався коефіцієнт зчеплення коліс на мокрій дорозі.

А. С. Літвінов [7], опираючись на результати власних досліджень і досліджень інших авторів, дійшов висновку, що на стійкість і керованість автомобіля впливали характеристики еластичності шин, тиск повітря в шинах, швидкість руху автомобіля, конструкція підвіски і кермової трапеції та ін.

Л. В. Гячев [8] досліджував вплив коливань на стійкість руху КТЗ, оснащених колесами з еластичними шинами. В першому наближенні ці коливання описувались лінійними диференціальними рівняннями з постійними коефіцієнтами, які залежали від маси машини, положення центра її мас, моменту інерції, швидкості руху тощо.

А. А. Хачатуров і співавтори [9] вважали, що для досліджень стійкості і керованості автомобіля потрібен детальний математичний опис не окремих часткових випадків, а всієї замкнутої системи дорога – шина – автомобіль – водій. В цій системі мають бути об'єднані механічні коливання кузова, взаємодія автомобіля і водія, механізми керування автомобілем і взаємодія автомобіля із зовнішнім середовищем й поверхнею дороги.

У монографіях [10, 11] показано, що під час руху автомобіля по нерівній поверхні відбувається динамічний перерозподіл бічних, нормальних і тангенціальних сил на його колеса, а також зміна положення центра мас внаслідок деформування шин і ресор в радіальному та бічному напрямках. Перелічені фактори негативно впливали на керованість автомобіля.

Автори багатьох публікацій [12 – 16] відзначали негативний вплив неузгодженості кінематик кермового приводу й підвіски на плавність ходу, стійкість і керованість автомобіля. Неузгодженість

кінематик під час деформації ресор призводила до коливань керованих коліс навколо шворнів. Числові дані (в градусах повороту керованих коліс) про невідповідність кінематик кермового приводу та підвіски для шести моделей автобусів Львівського автобусного заводу подані в публікації [17].

Основний матеріал. Метою дорожніх досліджень була перевірка впливу величини неузгодженості кінематик кермових приводів із нерозрізною та розрізною поздовжніми тягами з кінематикою передньої підвіски на параметри керованості та стійкості руху автобуса А074. У завдання досліджень входили гальмові випробовування і визначення граничної швидкості руху під час виконання маневру "переставка $S_n = 20$ м".

Дослідження проводили на сухому і чистому асфальто-бетонному покритті при видимості 1000 м і більше, швидкості вітру до 5 м/с і температурі навколишнього повітря до 30° С [18]. Під час гальмових випробовувань типу 0 автобуса відповідно до вимог [19] вимірювали гальмівний шлях, віднесений до початкової швидкості, середнє значення сповільнення, а також фіксували можливий вихід автобуса з коридору завширшки 3,5 м за умови відсутності дії водія на кермове колесо при екстремому гальмуванні з початкової швидкості 60 км/год.

Під час випробовування "переставка $S_n = 20$ м" [18] визначали порушення курсової стійкості та критичну швидкість за критерієм уникнення поперечного перекидування. У ході випробовування виконували заданий розміткою (рис. 1) маневр з поступовим збільшенням швидкості від заїзду до заїзду на найвищій передачі, яка забезпечувала стійку роботу двигуна. Заїзди проводили в інтервалі характерних швидкостей руху від таких, що відповідали початку порушення курсової стійкості автобуса до швидкості появи відриву коліс від дороги або виходу за межі розміченого коридору (ділянка 3).

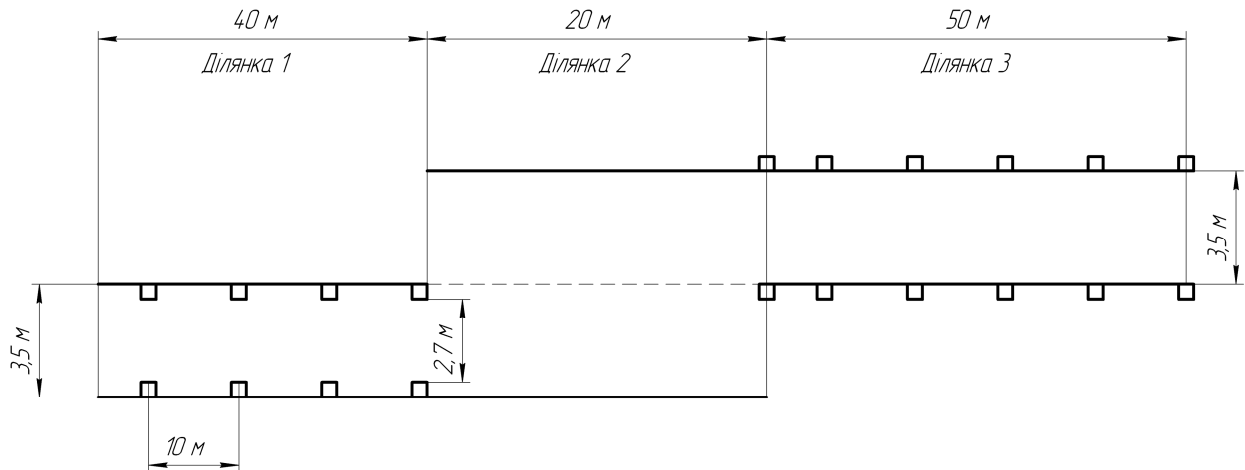


Рис. 1. Геометрія розмітки для виконання маневру "переставка $S_n = 20$ м"

Нормативне значення швидкості руху під час виконання маневру "переставка $S_n = 20$ м" для транспортних засобів категорії М3 завдовжки до 8 м становить 63 км/год [20].

Швидкість руху автобуса визначали за допомогою пристрою АКВК, сконструйованого і виготовленого на замовлення ДП ВЦ «Укравтотест» у Львівському науково-дослідному радіотехнічному інституті. Пристрій має радіолокаційний блок, що використовує ефект Доплера, а також блок цифрових вимірювань, приймально-передавальний модуль, електроживлення. Похибка вимірювання швидкості не перевищує 0,1% в діапазоні від 1 до 250 км/год. Інформацію від пристрою виводили на персональний комп'ютер.

Для визначення сповільнень під час гальмових випробувань використовували

прилад XL Meter, який мав інерційний кремнієвий давач пришвидшення (сповільнення). Діапазон вимірювання пришвидшення та сповільнення приладу становить $-10...+10$ м/с² з похибкою, яка не перевищує 1%. Прилад прикріплювали до вітрового скла автобуса.

Перші гальмові дослідження автобуса з нерозрізною поздовжньою тягою проводили на полігоні в м. Стрий у 2009 р. Досліджуваний автобус був завантажений баластом у вигляді герметично закритих бочок з водою масою по 50 кг, чавунних гир масою по 20 кг та мішків з піском масою по 10 кг, що дозволило забезпечити необхідне значення маси автобуса 6350 кг. Під час екстреного гальмування автобус виходив за межі коридору руху – з'їжджав ліворуч (рис. 2).



Рис. 2. Результат гальмових випробувань автобуса А074 з нерозрізною поздовжньою тягою

Дослідження автобуса з удосконаленим кермовим приводом проходили у 2013 р. на сертифікованому полігоні – злітно-посадковій смузі запасного аеродрому «Львів-2» у м. Стрий. Попередньо автобус був завантажений баластом до значення маси 6350 кг. У дослідженнях брали участь інженери та водій-випробувач випробувального центру ДП ВЦ "Укрвототест". Результати гальмових випробувань подані в таблиці і на рис. 3.



Рис. 3. Результат гальмових випробувань автобуса А074 з розрізною поздовжньою тягою

Таблиця

Результати гальмових випробувань автобуса А074 типу "0" з двигуном від'єднаним від трансмісії

Початкова швидкість гальмування, км/год	Гальмівний шлях, м	Усталене сповільнення, м/с ²	Вихід з коридору завширшки, 3,5 м
Нерозрізна поздовжня тяга			
59,5	26,7	6	так
61,0	27,2	5,9	так
60,4	26,8	6,2	так

Середні значення			
60,3	26,9	6,03	так
Розрізна поздовжня тяга			
60,0	25,3	7,0	ні
60,2	25,9	6,8	ні
59,8	25,4	6,9	ні
Середні значення			
60,0	25,53	6,9	ні

Випробовування "переставка $S_n = 20$ м" починали зі швидкості 30 км/год і поступово її збільшували на 3 км/год від заїзду до заїзду. Під час перетину передніми колесами межі між ділянками 1 і 2 (рис. 1) водій швидко знімав ногу з педалі подачі газу, починав повертати кермове колесо вліво для виконання маневру. Закінчувались заїзди на швидкості, за якої автобус виходив за межі розмітки. Під час цього не спостерігався відрив коліс від дороги. Максимальну швидкість визначали як середнє арифметичне значення швидкостей трьох заїздів, за яких відбувався вихід автобуса за межі розмітки. Під час випробовувань зафіксовано граничну швидкість руху 62 км/год, яка менша за нормативну швидкість 63 км/год [20].

Висновки

1. Для випробувань автобуса А074 з різними видами кермового приводу на стійкість і керованість було вибрано комплекс вимірювальних приладів, що дозволив з високою точністю виконувати заміри параметрів руху автобуса.

2. Заміна в конструкції кермового приводу нерозрізної поздовжньої тяги на розрізну, а також оптимізація прив'язувальних розмірів елементів кермового приводу до рами автобуса [21] спричинили докорінне поліпшення стійкості і керованості автобуса А074 і відповідність законодавчим вимогам

забезпечення курсової стійкості під час екстреного гальмування [22].

Список літератури

1. Подригало М. А. Управляемость и устойчивость автомобиля: определение понятий / М. А. Подригало // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 11. – С. 23 – 24.
2. Чудаков Е. А. Теория автомобиля: [учеб. для высших технических учебн. заведений] / Е. А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1950. – 344 с.
3. Певзнер Я. М. Теория устойчивости автомобиля / Я. М. Певзнер. – М.: Машгиз, 1947. – 154 с.
4. Чудаков Е. А. Устойчивость автомобиля при торможении / Е. А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1952. – 184 с.
5. Певзнер Я. М. Боковой увод автомобиля / Я. М. Певзнер // В кн.: Автомобильный мотор. – М.: Изд-во наркомхоза РСФСР, 1939. – С. 51 – 57.
6. Боковые силы и устойчивость движения автомобиля в режиме торможения / Никульников Э. Н., Балакина Е. В., Зотов Н. М. и др. // Автомобильная промышленность. – 2007. – № 12. – С. 15 – 17.
7. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
8. Гячев Л. В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и

агрегатов / Л. В. Гячев. – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.

9. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / [А. А. Хачатуров, В. Л. Афанасьев, В. С. Васильев и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

10. Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.

11. Антонов Д. А. Расчет устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1984. – 166 с.

12. Гришкевич А. И. Автомобили: теория: [учеб. для вузов] / А. И. Гришкевич. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 208 с.

13. Певзнер Я. М. Проблемы устойчивости и управляемости автомобиля / Я. М. Певзнер // Автомобильная и тракторная промышленность. – 1951. – № 1. – С. 18 – 16.

14. Колесников К. С. Автоколебания управляемых колес автомобиля / К. С. Колесников. – М.: Гос. изд. техн. – теоретич. литер., 1955. – 238 с.

15. Фалькевич Б. С. Теория автомобиля: учеб. для вузов / Б. С. Фалькевич. – М.: Машгиз, 1963. – 240 с.

16. Раймпель И. Шасси автомобиля: рулевое управление / И. Раймпель; пер. с нем. В. Н. Пальянова; ред. А. А. Гальбрейх. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.

17. Гурфинкель Е. А. О несоответствии кинематики рулевого привода и подвески автобусов / Е. А. Гурфинкель // Исследование конструкций

и эксплуатационной надежности автобусов: труды ВКЭИавтобуспрома. – Львов, 1983. – С. 55 – 62.

18. Стійкість. Методи визначення основних параметрів випробуваннями: ДСТУ 3310–96. – [Введено вперше. 01.01.1997]. – К.: Держстандарт України, 1996. – 10 с. – (Національний стандарт України).

19. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій М, N, і O стосовно гальмування (Правила ЄЕК ООН N 13-09:2000, IDT): ДСТУ UN/ECE R 13-09-2002 – [Введено вперше. 01.01.2003]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 196 с. – (Національний стандарт України).

20. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 52302–2004. – Введ. 2006-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2006. – 29 с.

21. Попович В. В. Оптимізація розмірів ланок кермового привода та їх прив'язувальних розмірів до рами автобуса із залежною підвіскою / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України, 2012. – Вип. 22.1 – С. 133 – 139.

22. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пасажирських колісних транспортних засобів великої місткості стосовно загальної конструкції (UN/ECE R 36-03:2002, IDT) – [Введено вперше. 01.08.2007]. – К.: Держстандарт України, 2007. – 53 с. – (Національний стандарт України).

Road test bus A074 with two types of steering drive showed that replacement of structures of power steering drive continuous longitudinal traction on the split caused a radical improvement in the stability and control of the bus.