

УДК 629.113
UDC 629.113

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОПОЇЗДА З САМОУСТАНОВЛЮВАЛЬНОЮ ВІССЮ НАПІВПРИЧЕПА

Сахно В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Тімков О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Поляков В.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ,
Україна
Босенко В.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Мойся Д.Л., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE EKSPERIMENTAL RESEARCH OF FIRMNESS OF LORRY CONVOY WITH THE SELFSTABILITY SEMITRAILER'S AXLE

Sakhno V.P., Dh.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Timkov O.M., Dh.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Poliakov V.M., Dh.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Bosenko V.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Moisia D.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОПОЕЗДА С САМОУСТАНОВЛИВАЕМОЙ ОСЬЮ ПОЛУПРЦЕПА

Сахно В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Тимков А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина
Поляков В.М., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина
Босенко В.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Мойся Д.Л., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. У багатьох галузях промисловості все більше значення набуває швидка і економічна доставка неподільних великогабаритних вантажів. Забезпечення необхідної для цього вантажопідйомності рухомого складу та потужності його двигуна в одному транспортному агрегаті досить складне. Головну роль у вирішенні цієї проблеми відіграють автомобільні поїзди. Підвищення продуктивності автопоїзда при перевезеннях можливо за рахунок повного використання вантажопідйомності автопоїзда і його габаритної довжини. Однак збільшення довжини автопоїзда без відповідного вибору ряду параметрів погіршує його експлуатаційні властивості, зокрема маневреність. Забезпечення необхідного для конкретних умов експлуатації рівня маневреності та стійкості довгобазних автопоїздів є важливим і не цілком вирішеним завданням. Вирішення цього завдання стало можливим при обладнанні напівпричепів керованими колесами.

У багатьох зарубіжних країнах широко застосовуються автопоїзди з керованим напівпричепом. У залежності від транспортного законодавства, особливостей розвитку автомобільного транспорту й умов експлуатації параметри конструкції таких автопоїздів у різних країнах відрізняються один від одного.

Автопоїзди з керованим напівпричепом – звичайне явище на дорогах США і Канади, причому вони експлуатуються в міських умовах навіть при високій інтенсивності руху.

Застосування автопоїздів з керованим напівпричепом у європейських країнах у значній мірі гальмується транспортним законодавством, яке встановлює жорсткі обмеження повної маси і габаритної довжини автопоїзда. Вибір і аналіз оптимального закону керування колесами напівпричепом, а також конструктивних параметрів таких автопоїздів набуває особливої важливості у зв'язку з перспективою їх широкого застосування.

Надійність теоретичних рекомендацій з удосконалювання конструкції АТЗ визначається максимально адекватним відстеженням основних зв'язків між його елементами, фізичною

несуперечністю вихідних допущень у постановці задачі та коректністю математичної моделі, прийнятої для визначення показників маневреності і стійкості автопоїзда з керованим напівприцепом.

У роботах [1-7] наведені результати аналітичних досліджень маневреності та стійкості руху автопоїздів із самоустановлювальною віссю напівпричепа. При проведенні аналітичних досліджень маневреності і стійкості руху автопоїздів різних компоновальних схем і з різними системами управління напівприцепом масові і геометричні параметри автомобіля-тягача і напівпричепа, а також дані про коефіцієнти опору відведенню коліс автопоїзда приймалися за літературними джерелами.

Відмітимо, що автопоїзди з керованим напівприцепом за подвійного приводу управління на передню вісь напівпричепа в Україні відсутні. Тому експериментальні дослідження були проведені на автопоїзді з некерованим напівприцепом та напівприцепом із самоустановлювальною задньою віссю, що є стандартним обладнанням напівприцепів фірми Krone. При цьому зверталася увага на оснащення автопоїзда, програму і методику проведення вимірювань.

Метою експериментальних досліджень є перевірка адекватності розробленої математичної моделі автопоїзда з некерованим напівприцепом та напівприцепом з самоустановлювальною віссю напівпричепа [7] і вихідних положень, покладених в основу розрахунку параметрів маневреності та стійкості руху.

Результати досліджень. Відповідно до мети і задач експериментальних досліджень групою здобувачів Національного транспортного університету був створений експериментальний сидельний автопоїзд у складі сидельного тягача DAF XF 95.430 та напівпричепа KRONE – SDP 24 як з некерованими осями, так і з самоустановлювальною задньою віссю [8], рис. 1.



Рисунок 1 – Експериментальний автопоїзд

Перед початком випробувань було проведено технічне обслуговування автомобіля-тягача і напівпричепа та перевірено технічний стан ходової системи автопоїзда.

Для виконання програми експериментальних досліджень необхідно було реєструвати наступні параметри:

- кути повороту передніх керованих коліс тягача, складання автопоїзда і повороту самоустановлювальної осі;
- кутові швидкості тягача, напівпричепа і самоустановлювальної осі;
- шлях, час і швидкість руху автомобіля-тягача;
- бічне прискорення центрів мас автомобіля-тягача і напівпричепа.

Для контролю параметрів руху автопоїзда, створеного здобувачами НТУ, був розроблений автоматизований вимірювальний комплекс, рис. 4.2, [9], який складався з персонального комп'ютера ПК; плати вводу / виводу моделі ADC-1280 аналогових та дискретних сигналів для персональних IBM-сумісних комп'ютерів АЦП; багатоканального диференційного підсилювача сигналу ДПС; датчиків кутових переміщень ПТП, датчиків переміщень індуктивного типу ДПМ; датчиків прискорень ДП; вібровимірювальної апаратури ВІ6-6ТН; блоку фільтрів; блоку живлення (БЖ); приладу „п'яте колесо” та принтера.

Реєструюча апаратура та місце оператора, який контролював роботу вимірювально-реєструючого комплексу, було організовано в кабіні сідельного тягача. Використовувалась як стандартна, так і універсальна апаратура, розроблена кафедрою «Автомобілі» НТУ.

Універсальне вимірювальне обладнання було створено на базі ПЕОМ (рис. 2) та електронного осцилографа USB Oscilloscope, рис. 3, з використанням вищенаведених датчиків різних типів.

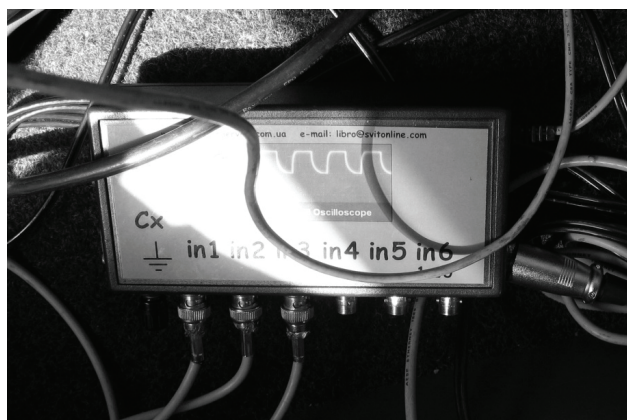


Рисунок 2 – Реєструючий комплекс на базі ПЕОМ

Рисунок 3 – Аналого-цифровий перетворювач USB Oscilloscope

Вимірювання відображалося на моніторі ноутбука в реальному часі за допомогою спеціальної програми та зберігались у вигляді файлу з даними для проведення подальшої обробки та аналізу, рис. 4. У кабіні водія також розташовувались додаткова акумуляторна батарея для живлення приладів, щоб виключити вплив на вимірювальну апаратуру коливань напруги.

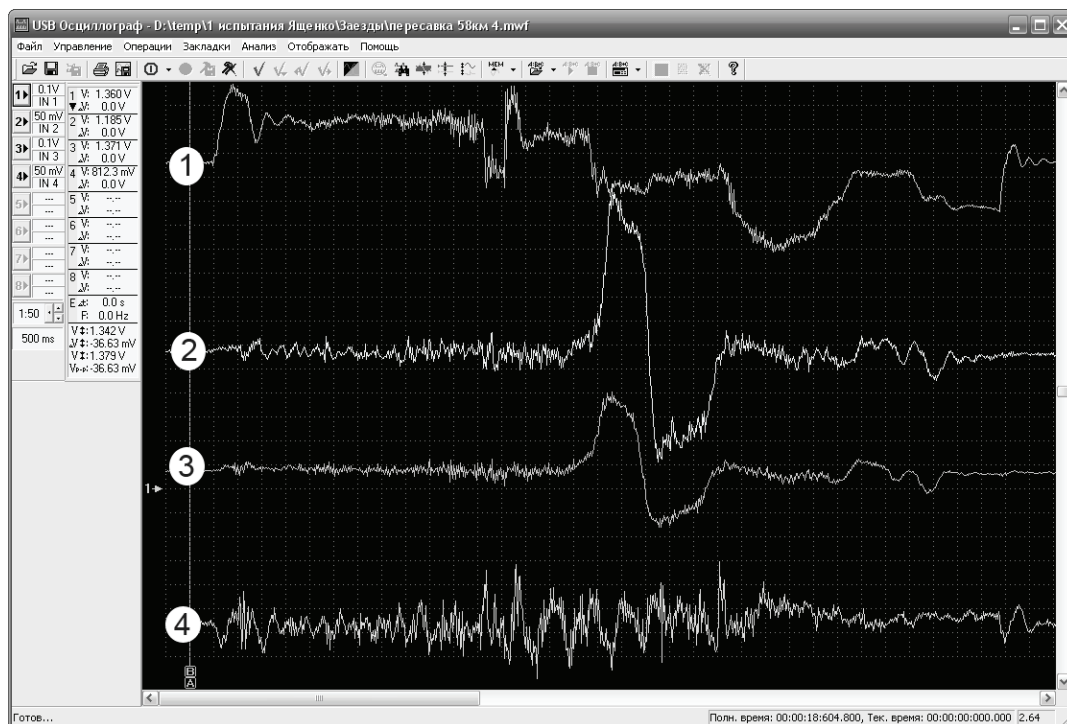


Рисунок 4 – Зразок осцилограми із записом параметра руху автопоїзда:

- 1 – запис кута повороту рульового колеса;
- 2 – запис датчика бічного прискорення автомобіля-тягача;
- 3 – запис датчика бічного прискорення напівпричепа;
- 4 – запис датчика кута складання автопоїзда.

При проведенні випробувань автопоїзда програма досліджень включала:

- поворот за зовнішнього габаритного радіусу повороту 12,5 м;
- поворот радіусом 25м;

- поворот радіусом 35м;
- маневр ISO;
- рух по прямій зі швидкістю 90 км/год;
- маневр „переставка”;

Методика виконання усіх робіт програми детально описана у роботі [8].

Випробування проводилися на рівній сухій асфальтованій площадці злітно-посадкової смуги аеродрому м.Житомир. Заїзди відбувалися на двох ділянках – прямій та полосі для розворотів, де виконувались маневри із стійкості прямолінійного руху, повороту на 90° та виконання маневру “переставка”.

Радіуси кривизни вибиралися від 15 до 50 м. Необхідні траєкторії розмічалися крейдою на дорожньому покритті, по яким водій зобов'язаний був направляти рух автопоїзда. Для підвищення впевненості водія в правильному керуванні автопоїздом уздовж ліній, нанесених крейдою, були розставлені яскраво червоні фішки. Цими фішками користувався й оператор, визначаючи момент включення й виключення апаратури для реєстрації та гідровідмітчиків. Рух на ділянках виконувався із встановленою швидкістю (від 5 до 70 км/год).

Виконання випробувань передбачало три повторності у кожному з режимів, згідно вимог ДСТУ 3310–96 [10]. За результат вимірювань приймалося середнє значення за всіма повторностями. Протягом одного заїзду швидкість руху підтримувалася, по можливості, постійною. Повороти рульового колеса виконувалися плавно, без затримок та ривків, в зворотному напрямку не допускалися.

Для виключення впливу випадкових збурень випробування проводилися на сухій горизонтальній асфальтованій площадці з високим коефіцієнтом зчеплення при температурі повітря +20...+24 °С. Реєстрація траєкторій ланок автопоїзда проводилася за допомогою системи гідровідмітчиків.

Для оцінки характеристики руху автопоїзда прийняте середнє значення відхилення Δ_1 траєкторії причіпної ланки від траєкторії автомобіля-тягача на мірних ділянках. Відхилення траєкторії причіпної ланки визначалося по трьох контрольних точках на мірних ділянках. Перед початком випробувань виконувалися заїзди для калібрування, що визначали можливе відхилення траєкторії руху на мірних ділянках. Перед контрольними заїздами водій виконував кілька пробних заїздів.

Відхилення траєкторії причіпної ланки визначалися за допомогою мірної лінійки та рулетки, базування яких здійснювалося по сліду гідровідмітчиків. При цьому вимір проводився посередині слідів траєкторії тягача й напівпричепа в місці найбільшої розбіжності траєкторій. Погрішність виміру з урахуванням висихання сліду становила $\Delta_c = 1$ мм, що підтверджено серією послідовних замірів, виконаних у контрольних точках траєкторії руху автопоїзда. У якості результату приймалося середнє значення на підставі трьох заїздів. На підставі отриманих даних побудовані відповідні графічні залежності відхилення траєкторії руху від різних факторів.

При виконанні програми досліджень круговий рух автопоїзда починався з положення, коли керовані колеса вже повернені на максимальний кут, тобто режимний коефіцієнт складав $K_f \rightarrow \infty$. Надалі рух автопоїзда здійснювався при незмінному положенні керованих коліс автомобіля-тягача. За кожне повне коло визначалися величини дійсних габаритних радіусів автопоїзда.

Маневри «поворот» на 90° і «переставка» здійснювалися відповідно до схеми, наведеної в ДСТУ, а маневр ISO – відповідно до схеми розмітки, рис. 5.

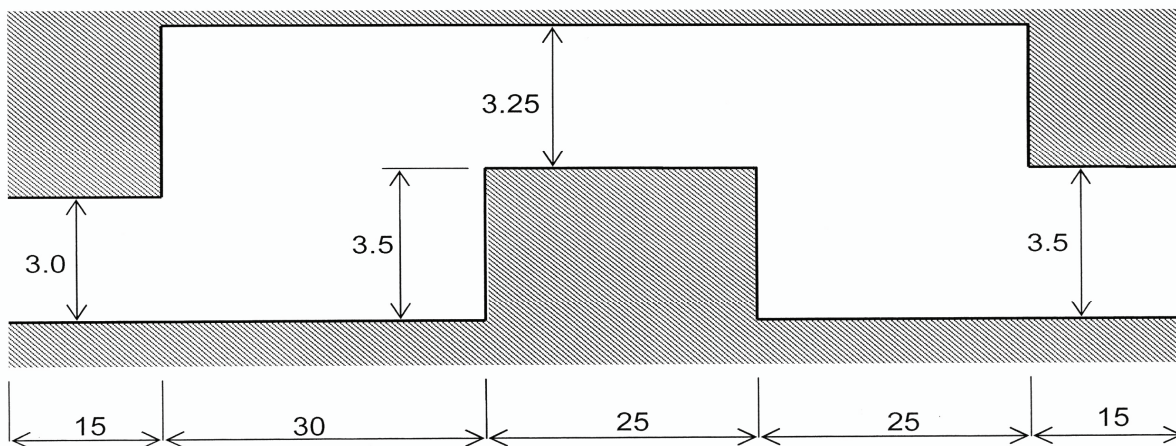


Рисунок 5 – Розмітка для виконання маневру ISO 3888-1

Стійкість автопоїзда при випробуваннях визначалася при його прямолінійного русі по вилянню напівпричепа. При досягненні певної швидкості руху виникають поперечні коливання причіпної ланки. Внаслідок цього збільшується габаритна смуга руху автопоїзда та погіршується безпека руху. Виляння виникає внаслідок початкового відхилення напівпричепа, причинами якого можуть бути перекося мостів, поперечний поштовх від нерівностей дороги, бічний вітер, відведення шин та інші фактори. Критичною швидкістю вважають швидкість, при досягненні якої виляння причепа в кожен сторону складають 3% його габаритної ширини.

Кутові відхилення напівпричепа при прямолінійному русі сідельного тягача характеризують курсову стійкість автопоїзда. Оціночними параметрами курсової стійкості є максимальні відхилення траєкторії руху напівпричепа від траєкторії тягача і середня швидкість бічного зсуву напівпричепа, розглянуті як функція

$$v_{\varphi} = \overline{\varphi} v_a,$$

де v_a – швидкість руху сідельного тягача уздовж заданого напрямку, м/с;

$\overline{\varphi}$ – середній інтегральний кут відхилення подовжньої осі візка напівпричепа від прямолінійного руху тягача, град;

$$\overline{\varphi} = \frac{1}{(t_n - t_0)} \int_{t_0}^{t_n} f(\varphi) d\varphi,$$

де $(t_n - t_0)$ – час руху на ділянці.

Для забезпечення прямолінійного руху тягача на дорозі по осьовій лінії були встановлені створні знаки, добре видні водієві. Відхилення траєкторії руху тягача від прямолінійної враховувалися при наступній обробці осцилограм, яка здійснювалась методами математичної статистики.

У результаті експериментальних досліджень руху автопоїзда були отримані осцилограми з записами кутів повороту керованих коліс сідельного тягача, самоустановлювальної осі напівпричепа, складання автопоїзда та прискорень центрів мас ланок.

Обробка експериментальних даних дозволила отримати параметри, що характеризують маневреність і стійкість руху автопоїзда, а саме швидкість, прискорення та пройдений шлях, кутові та лінійні відхилення траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача. Значення усіх параметрів визначалися по величинах відхилень ліній на осцилограмі від відповідних базових ліній з урахуванням масштабних коефіцієнтів, отриманих за тарувальними графіками датчиків відповідних параметрів.

При повороті автопоїзда з ходу за кута повороту керованих коліс тягача для автопоїзда з некерованим напівприцепом (автопоїзд №1) і напівприцепом із самоустановлювальною віссю (автопоїзд №2) за кута повороту керованих коліс тягача відповідно $\theta=34,4^{\circ}$ і $\theta=31,2^{\circ}$ зовнішній габаритний радіус (по сліду гідровідмітчика і пневмовідмітчика) за колового руху склав відповідно 12,49 м, 12,54 м. Дані про габаритну смугу руху наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Габаритна смуга руху при випробуваннях автопоїздів „рух по колу”

Тип автопоїзда	Експеримент	Розрахунок за кінематичною моделлю [7]	Розрахунок за динамічною моделлю [7]
Автопоїзд №1	7,340	6,917	7,094
Автопоїзд №2	7,070	6,711	6,813

Аналіз даних табл. 1 показує, що при експериментальних дослідженнях ГСР обох автопоїздів дещо більша у порівнянні з розрахунковими значеннями як за кінематичною, так і динамічною моделлю, проте максимальна розбіжність експериментальних і розрахункових даних не перевищує 5,8 і 3,6% – для автопоїзда №1 і 5,1 та 3,6% – для автопоїзда №2, тобто можна вважати цілком задовільними результати випробувань колового руху автопоїздів.

У табл. 2 наведені результати визначення ГСР при повороті автопоїзда на 90° як у процесі експерименту, так і при розрахунках за кінематичною і динамічною моделями. Характерним для цього етапу експериментальних досліджень є те, що розбіжність у визначенні ГСР у процесі

експерименту і при розрахунках за кінематичною моделлю та динамічною моделлю у порівнянні з коловим рухом автопоїзда, дещо зросла і склала відповідно 8,3 і 6,7% та 7,5 і 6,4% відповідно для автопоїздів №№1 і 2.

Таблиця 2 – ГСР випробуваних автопоїздів при повороті на 90^0

Тип автопоїзда	Експеримент	Розрахунок за кінематичною моделлю	Розрахунок за динамічною моделлю
Автопоїзд №1	7,020	6,436	6,549
Автопоїзд №2	6,730	6,224	6,302

Пояснюється це, з одного боку, невизначеністю кривої руху автомобіля-тягача при його повороті на 90^0 і несталими процесами відведення коліс автопоїзда. Із цього можна зробити важливий практичний висновок: при визначенні показників маневреності автопоїзда (рух по колу за зовнішнього габаритного радіусу повороту 12,5 м, повороти на 90^0 і 180^0) розрахунки слід проводити за динамічною моделлю автопоїзда.

При проведенні етапу експерименту «Поворот радіусом 25 м» і «Поворот радіусом 35 м» було встановлено, що автопоїзди №№1,2 вписуються у визначену смугу руху (4,5 м). При цьому визначалася і критична швидкість виконання маневру, виходячи з умов безпеки проведення випробувань за величиною бічних прискорень, що діють у центрі мас автомобіля-тягача і напівпричепа.

У табл. 3 наведені результати розрахунку критичної швидкості руху автопоїздів, що розглядаються, у порівнянні з результатами експериментальних досліджень.

Аналіз даних табл. 3 показує на задовільну збіжність результатів. Максимальна розбіжність у визначенні критичної швидкості руху (за величиною бічного прискорення, що діє у центрі мас ланки) не перевищує 7,4 і 9,0% – для автопоїзда №1; 8,1 і 9,3% – для автопоїзда №2.

Прискорення останньої ланки усіх автопоїздів знаходяться на межі допустимих (0,45 g), що свідчить також про стійкість їх руху при виконанні цього маневру.

Таблиця 3 – Критичні швидкості руху автопоїздів, що розглядаються

Тип автопоїзда	Бічне прискорення, m/c^2		Критична швидкість, m/c	
	$R_n=25$ м	$R_n=35$ м	$R_n=25$ м	$R_n=35$ м
Автопоїзд №1	4,03/4,20	4,05/4,30	12,74/11,80	16,92/15,40
Автопоїзд №2	4,10/4,30	4,10/4,45	10,87/10,00	12,15/11,02

Примітка. У чисельнику – розрахунок, у знаменнику – експеримент.

При виконанні маневру ISO фіксувалися максимальна швидкість виконання цього маневру і бічні прискорення, що діють у центрі мас автомобіля-тягача і напівпричепа. Для визначення максимальної швидкості виконання цього маневру швидкість автопоїзда від заїзду до заїзду збільшувалася на 5 км/год. При цьому за максимальну приймалася швидкість, за якої автопоїзд не збивав жодного з конусів, якими був розмічений маневр ISO.

У табл. 4 наведені результати виконання маневру ISO, а також розрахункові значення максимальних швидкостей v_{max} автопоїздів і бічних прискорень j_6 у центрі мас напівпричепа.

Таблиця 4 – Максимальні швидкості руху і бічні прискорення у центрі мас напівпричепа

Тип автопоїзда	v_{max} , m/c	j_6 , m/c^2
Автопоїзд №1	11,45/10,40	4,29/4,01
Автопоїзд №2	10,02/9,15	4,33/4,12

Примітка. У чисельнику – розрахунок, у знаменнику – експеримент.

Як слідує із табл. 4, розбіжність між розрахунковими даними максимальних швидкостей та бічних прискорень у центрі мас напівпричепа при виконання маневру ISO і даними експерименту складає для автопоїзда №1 відповідно 9,2 і 8,7% та для автопоїзда №2 – 6,5 і 7,3%, причому і максимальні швидкості, і бічні прискорення при розрахунках дещо більші за їх експериментальні значення. Пояснюється це тим, на прикладі автопоїзду №2, що виконання цього маневру було на межі можливості водія, а не на межі можливості автопоїзда.

При русі по прямій для зручності досліджень осцилограми були дискретизовані та зведені до табличного формату даних, на основі яких були побудовані відповідні графіки. Методами математичної статистики був визначений закон розподілу кута складання і встановлені характеристики цього закону. В результаті обробки осцилограм отримані залежності математичного очікування кутових відхилень напівпричепа від швидкості автопоїзда. При прямолінійному русі визначені кутові відхилення ланок автопоїздів №№1,2. Враховуючи те, що при прямолінійному русі кутові відхилення ланок автопоїзда мають коливальний характер, кут складання φ є стаціонарна випадкова величина. Як приклад, у табл. 5 наведені значення параметрів розподілу кутових відхилень φ та параметри закону розподілу α на рис. 4.9 – гістограма розподілу ймовірностей кута складання автопоїзда (тобто, кутових відхилень напівпричепа).

Таблиця 5 – Результати статистичної обробки відхилень кута складання автопоїзда при русі зі швидкістю 80 км/год

Параметри компоновки автопоїзда	Закон розподілу	Параметри закону розподілу		Критерій згоди	
		M_{φ} , град	σ , град	Пірсона $P(\chi^2, q) > 0.01$	Романовського $R < 3$
Автопоїзд №1	норм.	-0,7012	0,7453	0,432	1,65
Автопоїзд №2	норм.	-0,9709	0,8643	0,701	1,43

При прямолінійному русі автопоїзда №1 величини відхилень некерованого напівпричепа відповідають пружним деформаціям шин і не є впливням ланки. Це ж відноситься і для автопоїзда №2 за умови блокування самоустановлювальної осі. При цьому зміщення траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача для автопоїзда №1 не перевищувало 15 мм, а для автопоїзда №2 – 23 мм, тобто рух обох автопоїздів був стійким (допустиме максимальне зміщення $\Delta_{\max} = \pm 0,03B = \pm 75$ мм).

Висновки. Підтверджена адекватність математичних моделі для визначення показників маневреності та стійкості руху автопоїзда як з некерованим напівприцепом, так і з напівприцепом із самоустановлювальною задньою віссю. Розбіжність результатів при випробуваннях маневреності автопоїздів №№1,2 не перевищує відповідно 8,3 і 6,7% та 7,5 і 6,4% у порівнянні з розрахунками за кінематичною і динамічною моделлю. При визначенні показників стійкості руху для тих же автопоїздів розбіжність не перевищувала 9,2 і 8,7% та 6,5 і 7,3% у всіх режимах руху. .

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крестьянполь Е.А. К определению устойчивости полуприцепа с самоустанавливающейся осью /Е.А.Крестьянполь //Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. Збірник наукових праць. – Київ, УТУ, ТАУ, 1998 – с.21-26.
2. Сахно В.П. К определению показателей маневренности автопоезда с самоустанавливающейся осью полуприцепа /В.П.Сахно, В.Б. Боднарук, Е.А.Крестьянполь //Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. Збірник наукових праць. – Київ, УТУ, ТАУ, 1998 – с.45-50.
3. Володимир Сахно, Роман Марчук, Микола Файчук. Дослідження маневреності і стійкості автопоїзда-контейнеровоза при криволінійному русі за різних схем управління напівприцепом // An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery // Commission of motorization and energetics in agriculture//MOTROL, Vol.14, No. 4. – Lublin, 2012. С. 185–191.
4. Сахно В. П. До визначення стійкості руху автопоїзда з керованим напівприцепом / В. П. Сахно, Р. М. Кузнєцов, Р. М. Марчук, М. І. Файчук, О. А. Енглезі // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Науковий журнал. – № 4, 2012. – С. 61–67.
5. Сахно В.П. До вибору закону управління задньою керованою віссю напівпричепа автопоїзда-контейнеровоза /В.П.Сахно, М.М.Горбаха, В.М.Придюк, В.П.Онищук // Автошляховик України. Вісник ЦНЦ ТАУ. –2010. Окремий випуск №13. С.72-75.
6. Сахно В.П. До визначення стійкості руху автопоїзда з керованим напівприцепом /В.П.Сахно, Р.М.Кузнєцов, Р.М.Марчук, М.І. Файчук, О.А. Енглезі // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. Науковий журнал. – Донецьк, 2012. – №4. – С. 61–67.

7. Босенко В.М. До порівняльної оцінки стійкості руху автопоїзда з керованим та некерованим напівприцепом /В.М.Босенко, Д.Л.Мойся, В.М.Поляков, В.П.Сахно //Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. – №2(69) – 2014. – С.56-63.
8. Гуменюк П. О. Експериментальний автопоїзд-контейнеровоз / П. О. Гуменюк, Р. М. Марчук, В. П. Онищук, В. М. Придюк // Проблеми транспорту. – Збірник наукових праць: Випуск 9. – Київ : НТУ, 2012. – С. 181–186.
9. Сахно В. П. Експериментальне дослідження стійкості автопоїзда-контейнеровоза / В. П. Сахно, Р. М. Марчук, В. П. Онищук, В. М. Придюк // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. – Вип. 9. – К. : НТУ, 2012. – С. 171–176.
10. Файчук М.І. Експериментальні дослідження маневреності автопоїзда з порушенням установки осей напівпричепа / М.І. Файчук, В.М. Поляков, Г.М. Борисенко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2011. – № 3 (58). – С. 86–90.

REFERENCES

1. Krestyanpol E.A To determination of firmness of motion of lorry convoy with the selfstability semitrailer's axle /Krestyanpol E.A // Systemni management methods, technologies and organization of production, repair and maintenance of vehicles. Scientific Papers. - Kyiv, UTU, TAU,1998 – с.21-26. (Ukr)
2. Sakhno V.P. To determination of the manoeuvrability of lorry convoy with the selfstability semitrailer axle /V.P.Sakhno, V.B. Bodnaruk, E.A.Krestyanpol // Systemni management methods, technologies and organization of production, repair and maintenance of vehicles. Scientific Papers. - Kyiv, UTU, TAU, 1998 – p.45-50. (Ukr)
3. Vladimir Sakhno, Roman Marchuk, Nick Faychuk. Research of manoeuvrability and firmness of lorry convoy at curvilinear motion at the different charts of management the semitrailer // An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery // Commission of motorization and energetics in agriculture // MOTROL, Vol. 14, No. 4. – Lublin, 2012. – p. 185–191. (Pol)
4. Sakhno V. P. To determination of firmness of motion of lorry convoy with the guided semitrailer /V.P.Sakhno, R.M.Kuznecov, R.M Marchuk, M.I.Faychuk , O. A. Englezi // Bulletin of Donetsk Academy of automobile transport. - Scientific journal. – № 4, 2012. – p. 61–67. (Ukr)
5. Sakhno V.P. To the choice of law of management of semitrailer of lorry convoy with back guided axle / V.P.Sakhno, M.M.Gorbakha, V.M.Pridyuk, V.P.Onischuk // Avtoshlyahovyk Ukraine. Bulletin TSNTS TAU. -2010. installment №13. p.72-75. (Ukr)
6. Sakhno V.P. To determination of firmness of motion of lorry convoy with the guided semitrailer /V.P.Sakhno, R.M.Kuznecov, R.M.Marchuk, M.I. Faychuk, O.A. Englezi // Bulletin of Donetsk Academy of automobile transport. Science magazine. – Donetsk, 2012. – №4. – p. 61–67. (Ukr)
7. Bosenko V.M. To the comparative estimation of firmness of motion of lorry convoy with the guided and out of control semitrailer /V.M.Bosenko, D.L.Moysya, V.M.Polyakov, V.P.Sakhno // Bulletin GDTU. Series: Engineering. – №2(69) – 2014. – p.56-63. (Ukr)
8. Gumenyuk P. O. The eksperimental lorry convoy / P.O.Gumenyuk, R.M.Marchuk, V.P. Onischuk, V. M. Pridyuk // Problems of transport. - Scientific Papers: Volume 9 - Kyiv: NTU, 2012. – С. 181–186. (Ukr)
9. Sakhno V. P. The eksperimental research of firmness of lorry convoy/ V.P.Sakhno, R.M. Marchuk, V.P.Onischuk, V.M.Pridyuk // Project Management, System Analysis and Logistics: Research Journal. - Vol. 9. - K: NTU, 2012. – p. 171–176. (Ukr)
10. Faychuk M.I. Experimental researches of manoeuvrability of lorry convoy with violation of setting of axes of semitrailer / M.I. Faychuk, V.M. Polyakov, G.M. Borisenko // // Bulletin Zhytomyr State University of Technology. – 2011. – № 3 (58). – p. 86–90. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Експериментальні дослідження автопоїзда з самоустановлювальною віссю напівпричепа / В.П. Сахно, О.М. Тімков, В.М. Поляков, В.М. Босенко, Д.Л. Мойся // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

У статті наведені результати експериментальних досліджень автопоїзда як з некерованим напівприцепом, так і напівприцепом із самоустановлювальною віссю.

Об'єкт дослідження – експериментальний автопоїзд у складі сідельного тягача DAF XF 95.430 та напівпричепа KRONE – SDP 24 як з некерованими осями, так і з самоустановлювальною задньою віссю напівпричепа.

Мета роботи – перевірка адекватності розробленої математичної моделі автопоїзда з некерованим напівприцепом та напівприцепом з самоустановлювальною віссю напівпричепа і вихідних положень, покладених в основу розрахунку параметрів маневреності та стійкості руху.

Метод дослідження – експериментальні дослідження.

Відповідно до мети і задач експериментальних досліджень групою здобувачів Національного транспортного університету був створений експериментальний сидельний автопоїзд у складі сидельного тягача DAF XF 95.430 та напівпричепа KRONE – SDP 24 як з некерованими осями, так і з самоустановлювальною задньою віссю.

Для контролю параметрів руху автопоїзда, створеного здобувачами НТУ, був розроблений автоматизований вимірювальний комплекс. Випробування проводилися на рівній сухій асфальтованій площадці злітно-посадкової смуги аеродрому м.Житомир. Заїзди відбувалися на двох ділянках – прямій та полосі для розворотів, де виконувались маневри із стійкості прямолінійного руху та маневреності – коловий рух автопоїзда, поворот на 90° та виконання маневру “переставка”.

Стійкість автопоїзда при випробуваннях визначалася при його прямолінійного русі по вилянню напівпричепа, параметри маневреності – по відхиленню траєкторії напівпричепа щодо траєкторії тягача.

Проведеними дослідженнями підтверджена адекватність математичних моделей для визначення показників маневреності та стійкості руху автопоїзда як з некерованим напівприцепом (автопоїзд №1), так і з напівприцепом із самоустановлювальною задньою віссю (автопоїзд №2). Розбіжність результатів при випробуваннях маневреності автопоїздів №№1,2 не перевищує відповідно 8,3 і 6,7% та 7,5 і 6,4% у порівнянні з розрахунками за кінематичною і динамічною моделлю. При визначенні показників стійкості руху для тих же автопоїздів розбіжність не перевищувала 9,2 і 8,7% та 6,5 і 7,3% у всіх режимах руху.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОПОЇЗД, АДЕКВАТНІСТЬ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, МАНЕВР, ШВИДКІСТЬ, НАПІВПРИЧІП, САМОУСТАНОВЛЮВАЛЬНА ВІСЬ.

ABSTRACT

Sakhno V.P., Timkov O.M., Poliakov V.M., Bosenko V.M., Moysya D.L. Experimental researches of lorry convoy with the selfstability semitrailer's axle. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

In the article the results of experimental researches of lorry convoy are resulted both with an out of control semitrailer and by selfstability semitrailer's axle.

A research object is an experimental lorry convoy in composition the saddle tractor of DAF XF 95.430 and semitrailer of KRONE – SDP 24 both with out of control axes and with the selfstability semitrailer's axle

A purpose of work is verification of adequacy of the developed mathematical model of lorry convoy with an out of control semitrailer and semitrailer with the selfstability semitrailer's axle and initial positions, fixed in basis of calculation of parameters of manoeuvrability and stability of motion.

A research method is experimental researches.

In accordance with a purpose and tasks of experimental researches by the group of competitors of the National transport university an experimental lorry convoy was created in composition the saddle tractor of DAF XF 95.430 and semitrailer of KRONE – SDP 24 both with out of control axes and with selfstability semitrailer's axle.

For control of parameters of motion of lorry convoy, created the competitors of NTU, the automated measuring complex was developed. Tested on an even dry asphalt ground of air strip of the air field Zhitomir. Arrivals took a place on two areas – line and bar for turns, where manoeuvres were executed on stability of rectilinear motion and manoeuvrability is circular motion of lorry convoy, turn on 90° and implementation of manoeuvre “perestavka”.

Stability of lorry convoy at tests was determined at his rectilinear motion on wagging of semitrailer, parameters of manoeuvrability – on the rejection of trajectory of semitrailer in relation to the trajectory of tractor.

The conducted researches are confirm adequacy of mathematical models for determination of indexes of manoeuvrability and stability of motion of lorry convoy both with an out of control semitrailer (lorry convoy №1) and with a semitrailer with selfstability semitrailer's axle (lorry convoy №2). Divergence of results at the tests of manoeuvrability of lorry convoys №№1,2 does not exceed according to 8,3 and 6,7%

and 7,5 and 6,4% by comparison to calculations on kinematics and dynamic models. At determination of indexes of stability of motion for those lorry convoys divergence did not exceed 9,2 and 8,7% and 6,5 and 7,3% in all of the modes of motion.

KEYWORDS: Lorry CONVOY, ADEQUACY, MATHEMATICAL MODEL, MANOEUVRE, SPEED, SEMITRAILER, SELFSTABILITY AXLE.

РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Экспериментальные исследования автопоезда с самоустанавливаемой осью полуприцепа / В.П. Сахно, О.М. Тимков, В.М. Поляков, В.М. Босенко, Д.Л. Мойся // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

В статье приведены результаты экспериментальных исследований автопоезда как с неуправляемым полуприцепом, так и полуприцепом с самоустанавливаемой осью.

Объект исследования – экспериментальный автопоезд в составе седельного тягача DAF XF 95.430 и полуприцепа KRONE – SDP 24 как с неуправляемыми осями, так и с самоустанавливаемой задней осью полуприцепа.

Цель работы – проверка адекватности разработанной математической модели автопоезда с неуправляемым полуприцепом и полуприцепом с самоустанавливаемой осью полуприцепа и исходных положений, положенных в основу расчета параметров маневренности и устойчивости движения.

Метод исследования – экспериментальные исследования.

В соответствии с целью и задачами экспериментальных исследований группой соискателей Национального транспортного университета был создан экспериментальный автопоезд в составе седельного тягача DAF XF 95.430 и полуприцепа KRONE – SDP 24 как с неуправляемыми осями, так и с самоустанавливаемой задней осью.

Для контроля параметров движения автопоезда, созданного соискателями НТУ, был разработан автоматизированный измерительный комплекс. Испытания проводились на ровной сухой асфальтированной площадке взлетно-посадочной полосы аэродрома г. Житомир. Заезды происходили на двух участках – прямой и полосе для разворотов, где выполнялись маневры по устойчивости прямолинейного движения и маневренности – круговое движение автопоезда, поворот на 90^0 и выполнение маневра “переставка”.

Устойчивость автопоезда при испытаниях определялась при его прямолинейном движении по влиянию полуприцепа, параметры маневренности – по отклонению траектории полуприцепа относительно траектории тягача.

Проведенными исследованиями подтверждена адекватность математических моделей для определения показателей маневренности и устойчивости движения автопоезда как с неуправляемым полуприцепом (автопоезд №1), так и с полуприцепом с самоустанавливаемой задней осью (автопоезд №2). Расхождение результатов при испытаниях маневренности автопоездов №№1,2 не превышает соответственно 8,3 и 6,7% и 7,5 и 6,4% в сравнении с расчетами по кинематической и динамической моделям. При определении показателей устойчивости движения для тех же автопоездов расхождение не превышало 9,2 и 8,7% и 6,5 и 7,3% во всех режимах движения. .

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОПОЕЗД, АДЕКВАТНОСТЬ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, МАНЕВР, СКОРОСТЬ, ПОЛУПРИЦЕП, САМОУСТАНАВЛИВАЕМАЯ ОСЬ.

АВТОРИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», тел.280-42-52, Україна 01010, м.Київ, вул. Суворова 1, к.301.

Тимков Олексій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Автомобілі», тел.280-42-52, Україна 01010, м.Київ, вул. Суворова 1, к.306.

Поляков Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», тел.280-42-52, Україна 01010, м.Київ, вул. Суворова 1, к.306.

Босенко Володимир Миколайович, аспірант кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету, тел. 280-42-52, Україна 01010, м.Київ, вул. Суворова 1, к.306.

Мойся Дмитро Леонідович, аспірант кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету, тел. 280-42-52, Україна 01010, м.Київ, вул. Суворова 1, к.306.

AUTHOR:

Sakhno Vladimir Prokhorovich, Doctor of Engineering, professor, National transport university, professor of Avtomobili chair, head of the department «Avtomobili», ph. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, к.301.

Timkov Olekiy Mikolaevich, Doctor of Engineering, assistant of professor, National transport university, assistant of professor of the department «Avtomobili», ph. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, к.306.

Poliakov Viktor Michailovitch, Doctor of Engineering, assistant of professor, National transport university, professor of the department «Avtomobili», ph. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, к.306.

Bosenko Vladimir Nikolaevich, graduate student of Avtomobili chair of National transport university, bodies. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, к.306.

Moisia Dmitry Leonidovitch, graduate student of Avtomobili chair of National transport university, bodies. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, к.306.

АВТОРЫ:

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Автомобили», тел.280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.301.

Тимков Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Автомобили», тел.280-42-52, Украина 01010, м.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

Поляков Виктор Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Автомобили», тел.280-42-52, Украина 01010, м.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

Босенко Владимир Николаевич, аспирант кафедры «Автомобили» Национального транспортного университета, тел. 280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

Мойся Дмитрий Леонидович, аспирант кафедры «Автомобили» Национального транспортного университета, тел. 280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедрою двигуни і теплотехніка, Київ, Україна

Рудзінський В.В., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедри автомобілі та автомобільне господарство, Житомир, Україна

REVIEWER:

Gutarevych Y.F., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head department of engines and heating engineering, Kyiv, Ukraine.

Rudzinsky V.V., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Zhytomyr stste tehnological university, head departments automobiles and automobile industry, Zhytomyr, Ukraine