

УДК 629.113

В.П.Сахно, професор, д-р техн. наук,

В.М.Босенко, аспірант,

П.О.Гуменюк, аспірант,

Р.М.Марчук, аспірант

Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, Україна, 01010

sakhno@ntu.edu.ua

ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОПОЇЗДА З УНІВЕРСАЛЬНИМ НАПІВПРИЧЕПОМ-КОНТЕЙНЕРОВОЗОМ

Співставлена плоска і просторова модель для визначення показників стійкості автопоїзда з універсальним напівприцепом-контейнеровозом. Встановлено, що при вході в поворот, виконанні маневру “поворот” ($R=35$ м, $v=10$ м/с) бічні прискорення в центрі мас напівпричепи автопоїздів №1 і №2 наближаються до гранично допустимих ($0,447$ g). Для автопоїзда №3 бічні прискорення децю перевищують гранично допустимі і для забезпечення стійкості, швидкість цього автопоїзда повинна бути зменшена до $8,5$ м/с.

***Ключові слова:** автопоїзд, стійкість, бічна швидкість, кутова швидкість, прискорення, поворот*

Постановка проблеми. Контейнерні перевезення – одні із найбільш зручних і економічних видів доставки вантажів. Вантажні автомобільні перевезення виконуються як за локальної, так і міжнародної організації перевезень. Зважаючи на те, що вантажні перевезення контейнерів вирізняються високим рівнем безпеки і простотою митного оформлення, вони широко розповсюджені у всьому світі і об’єми їх перевезень зростають із року в рік [1].

Сучасний стан розвитку рухомого складу автомобільного транспорту для перевезень контейнерів характеризується різноманіттям типів і видів автомобілів, причепів і напівпричепів. Для дво- і тривісних напівпричепів і причепів-контейнеровозів, шляхом тривалого добору, встановлені значення параметрів, що забезпечують задані показники техніко-експлуатаційних властивостей автопоїздів, зокрема вантажопідйомності, яка тісно пов’язана з типом контейнерів, що перевозяться. Однак, при цьому залишається відкритим питання оптимальності конструкції, що направлена на перевезення тільки одного типу контейнера. Більш раціональними є універсальні причепи і напівпричепи, здатні перевозити всю можливу гаму контейнерів. Так, фірма *Fliegl* випускає широку гаму контейнеровозів, серед яких є універсальні для транспортування всіх типів контейнерів, в тому числі і цистерн-контейнерів, розміри яких сягають від 20 до 45 футів і контейнерів типу *HQ* [2].

Для універсальних контейнеровозів при перевезеннях 45-футових контейнерів необхідно подовжувати автопоїзд, а це погіршує вписуваність його в поворот. Збільшення габаритної смуги руху (ГСР) створює небезпеку для зустрічного транспорту, ускладнює проїзд в міських умовах і в підсумку - знижує середньотехнічну швидкість руху всього транспортного потоку. Поліпшення вписуваності автопоїзда в поворот можливе за рахунок самовстановлюваних або керованих осей (коліс) причепів і напівпричепів.

Проведеними до теперішнього часу дослідженнями встановлено, що експлуатація сидельних автопоїздів в граничних режимах руху (максимальні швидкості, мінімальні радіуси повороту) вимагатиме конструктивних змін ланок автопоїзда-контейнеровоза. Ефективність використання сидельних автопоїздів при транспортуванні всієї гами контейнерів в значній мірі залежить від їх здатності вписуватися в допустиму смугу руху і не створювати перешкод для транспортного потоку. Розв’язання цієї проблеми можливе при обладнанні напівпричепів самовстановлюваними або керованими колесами, або управління напівприцепом шляхом гальмування коліс одного борту [3].

У роботі [3] визначені показники маневреності автопоїзда з універсальним напівприцепом-контейнеровозом. Встановлено, що за швидкості 3 м/с автопоїзд-контейнеровоз з некерованим напівприцепом (автопоїзд №1) не задовольняє вимогам *DIRECTIVE 2002/7/EC*, у той час як автопоїзд з управлінням напівприцепом шляхом гальмування коліс одного борту (автопоїзд №2) і за рахунок СКМ напівпричепи (автопоїзд №3) цим вимогам задовольняють. Проте показники стійкості такого автопоїзда потребують ще свого визначення. Тому **метою роботи** є визначення показників стійкості автопоїзда з універсальним напівприцепом-контейнеровозом за різних систем управління напівприцепом.

Основна частина. У роботі [3] наведена система рівнянь для визначення маневреності і стійкості руху автопоїзда з універсальним напівприцепом-контейнеровозом. Інтегрування наведеної системи рівнянь за вихідними даними, що наведені у роботі [3], дозволило визначити і проаналізувати показники стійкості руху для автопоїздів, що розглядаються. При цьому інтегрування рівнянь руху виконувалося для плоскої [3] і просторової моделі автопоїзда [4].

Встановлено, що для плоскої моделі автопоїзда поперечна швидкість і поперечне прискорення центру мас напівпричепа при вході автопоїзда в поворот $R=35$ м і подальшим рухом коловою траєкторією за швидкості 3 м/с для всіх автопоїздів майже однакові. Стійкість усіх автопоїздів забезпечується і при збільшенні швидкості до 10 м/с. Про це свідчить згасаючий характер коливань кутової і бічної швидкості напівпричепів усіх автопоїздів, рисунок 1, 2. Проте слід відзначити, що для автопоїздів №2 і №3 абсолютні значення кутової і бічної швидкості значно більші, ніж для автопоїзда №1, що може призвести до порушення стійкості при збільшенні швидкості руху автопоїзда.

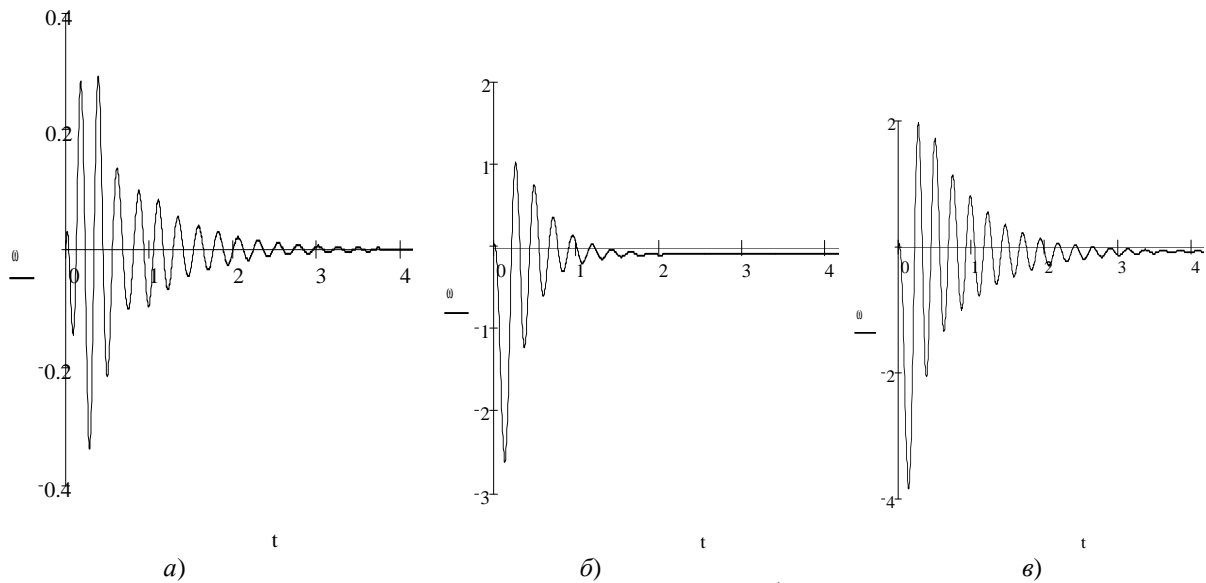


Рисунок 1 – Зміна кутової швидкості напівпричепа, (c^{-1}), автопоїзда №1 (а), автопоїзда №2 (б), автопоїзда №3 (в), у часі перехідного процесу t , с

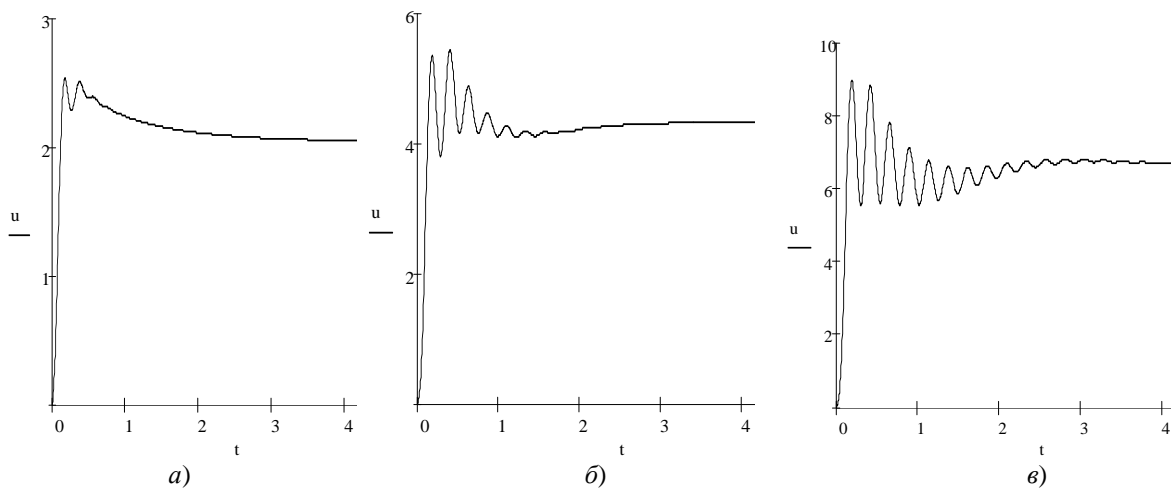
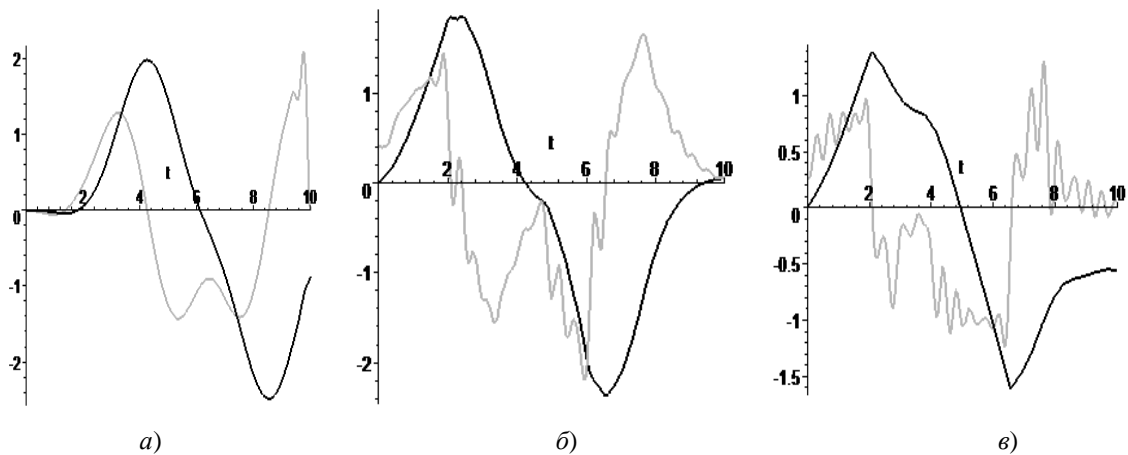


Рисунок 2 – Зміна бічної швидкості напівпричепа (м/с) автопоїзда №1 (а), автопоїзда №2 (б), автопоїзда №3 (в), у часі перехідного процесу t , с

Про стійкість руху автопоїзда при виконанні маневру “поворот” за тих же вихідних даних ($R=35$ м, $v=10$ м/с) можна судити і по величині бічних прискорень, що діють в центрі мас окремих ланок, рисунок 3. За літературними джерелами стійкість руху можна вважати задовільною, якщо поперечні прискорення в центрі мас ланки не перевищують $0,45g$.

Даній умові відповідають автопоїзди №1 і №2, незважаючи на те, що прискорення в центрі мас напівпричепа наближаються до гранично допустимих ($0,447g$). Крім того, згасаючий характер коливань прискорень також свідчить про стійкість руху автопоїзда. Для автопоїзда №3 бічні прискорення дещо перевищують гранично допустимі і швидкість виконання маневру повинна бути зменшена до 8,5 м/с.



1 - бічна швидкість, м/с; 2 - бічне прискорення, м/с²
 Рисунок 3 – Зміна бічної швидкості (1) і бічного прискорення (2) центра мас напівпричепа при вході автопоїзда в поворот за швидкості 3 м/с :
 (а) – автопоїзд №1, (б) – автопоїзд №2, (в) – автопоїзд №3

Проте, при збільшенні швидкості руху автопоїзда до 15 м/с - різко збільшуються прискорення напівпричепа (прискорення автомобіля-тягача для всіх схем автопоїздів не перевищують 4,25 м/с², тобто рух тягача є стійким), які хоч і менші для автопоїзда №2 (5,83 м/с²) в порівнянні з автопоїздом №3 (6,81 м/с²), проте більші максимально допустимих.

Окрім маневру “поворот” розглядалися також і маневри “ривок рульового колеса” і “переставка”. На рисунку 4 наведені результати розрахунку швидкості рискання напівпричепа за швидкості 10 м/с.

Характерним є те, що при виконанні цих маневрів найбільша швидкість рискання притаманна напівпричепу автопоїзда №3, яка на 30% більша в порівнянні автопоїздом №1, тобто обмежуючим фактором при виконанні цих маневрів є робота системи управління напівпричепом. При цьому максимальні прискорення, що діють у центрі мас автомобіля-тягача і напівпричепа для усіх автопоїздів не перевищують гранично допустимих.

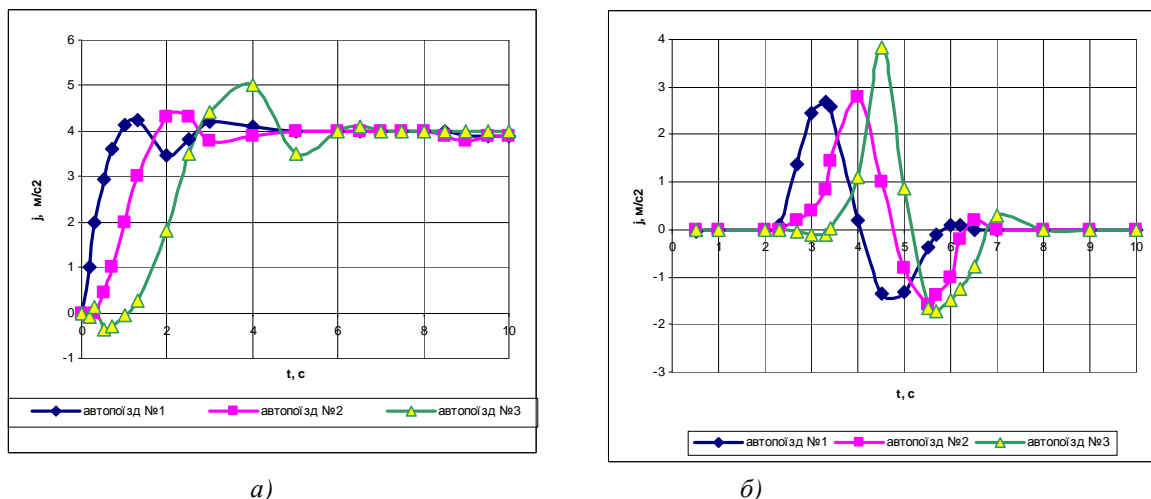


Рисунок 4 – Швидкість рискання напівпричепа при виконанні автопоїздом маневру “ ривок рульового колеса ” (а) і “переставка ” (б) в часі перехідного процесу

При збільшенні швидкості руху автопоїзда до 15 м/с прискорення, що діють в центрі мас напівпричепа автопоїздів №1 і №2 майже однакові і не перевищують 0,43 g, а для автопоїзда №3 значно більші і складають 0,54 g, що свідчить про нестійкість даного автопоїзда при виконанні цього маневру. проте ці прискорення значно менші ніж у напівпричепа автопоїзда №3.

Збільшення бічного прискорення в центрі мас напівпричепа призводить до збільшення крену його підресореної маси. При цьому проведеними розрахунками встановлено, що за швидкості 10 м/с - кути крену підресореної маси напівпричепа майже однакові для всіх автопоїздів.

У таблиці 1 наведені результати розрахунку граничних швидкостей автопоїздів, що розглядаються, при виконанні маневрів «переставка» і «поворот», км/год

Таблиця 1 – Значення граничних швидкостей автопоїздів при виконанні маневрів «переставка» і «поворот», км/год

№ автопоїзда	Маневр					
	“Переставка, 24 м”		“Поворот R=35 м”		“Коефіцієнт посилення бічного прискорення”	
	плоска модель	просторова модель	плоска модель	просторова модель	плоска модель	просторова модель
1	51,6	47,3	46,8	42,4	1,21	1,29
2	47,8	44,2	44,2	40,2	1,32	1,43
3	37,2	33,7	30,3	27,9	1,45	1,63

Висновки. Співставлена плоска і просторова модель для визначення показників стійкості автопоїзда з універсальним напівприцепом-контейнеровозом. Встановлено, що за швидкості 10 м/с кути крену підресореної маси напівпричепа і автомобіля-тягача майже однакові для всіх автопоїздів. При виконанні маневру “поворот” (R=35 м, $v=10$ м/с) бічні прискорення в центрі мас напівпричепа автопоїздів №1 і №2 наближаються до гранично допустимих (0,447 g), а для автопоїзда №3 - дещо перевищують гранично допустимі і для забезпечення стійкості, швидкість цього автопоїзда повинна бути зменшена до 8,5 м/с.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Контейнерные международные перевозки грузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stoles.com.ua/rus/perevozki>.
2. Тимков А.Н. Обзор конструкций современных прицепов и полуприцепов / А.Н.Тимков // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Науковий журнал. – К.: НТУ, ТАУ, 2002. – Вип. 15. – С.223 – 225.
3. Босенко В.М. Маневреність автопоїзда з універсальним напівприцепом-контейнеровозом. / В.М. Босенко, П.О. Гуменюк, Р.М. Марчук // Вісник Національного транспортного університету. – К., НТУ, 2013. – Вип. 26. – С.112–116.
4. Сахно В.П. До визначення показників маневреності і стійкості руху автопоїзда контейнеровоза / В.П. Сахно, Р.М. Марчук, В.П. Онишук, В.М. Придюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2010. – №2(53). – С. 127–134.

Надійшла до редакцій 24.04.2013 р.

Сахно В.П., Босенко В.М., Гуменюк П.О., Марчук Р.М. К определению устойчивости автопоезда с универсальным полуприцепом-контейнеровозом

Сопоставлена плоская и пространственная модель для определения показателей устойчивости автопоезда с универсальным полуприцепом-контейнеровозом. Установлено, что при входе в поворот, выполнении маневра “поворот” (R=35 м, $v=10$ м/с) боковые ускорения в центре масс полуприцепа автопоездов №1 и №2 приближаются к предельно допустимым (0,447 g). Для автопоезда №3 боковые ускорения несколько превышают предельно допустимые и для обеспечения устойчивости скорость этого автопоезда должна быть уменьшенная до 8,5 м/с.

Ключевые слова: автопоезд, устойчивость, боковая, угловая скорость, ускорение, поворот

Sakhno V.P., Bosenko V.M., Gymenyk P.O., Marchyk R.M. To determination of stability of lorry convoy with an universal semitrailer for transportations of containers

A flat and spatial model is confronted for determination of indexes of stability of lorry convoy with an universal semitrailer-контейнеровозом. It is set that at included in a turn, implementation of manoeuvre “turn” (R=35 of mcode, $v=10$ m/s) lateral accelerations in a center the masses of semitrailer of lorry convoys №1 and №2 approached to to maximum possible (0,447 g). For a lorry convoy №3 lateral accelerations a few exceed maximum possible and for providing of stability speed of this lorry convoy must be diminished a to 8,5 m/s.

Keywords: lorry convoy, stability, lateral, angular speed, acceleration, turn.