

Сахно В.П., д.т.н., Поляков В.М., к.т.н., Тімков О.М., к.т.н.

НТУ, м. Київ

## ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИКИ МАНЕВРНОСТІ ПРИЧІПНОГО АВТОПОЇЗДА З НАБЛИЖЕНИМИ ОСЯМИ ПРИЧЕПА

*Розглянуті питання визначення показників маневреності автопоїзда з наближеними осями причепа. Розраховане бічне завантаження осей причепа боковими силами, кут складання автопоїзда та габаритна смуга при різних швидкостях руху, та компоувальних параметрах автопоїзда під час його повороту на 90°.*

### **Вступ**

Україна, ставши на шлях інтеграції в європейську та світову економічну системи, впроваджує в життя Програму створення і функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів. Завдяки географічному положенню України через її територію пройдуть чотири з дев'яти транс'європейських транспортних коридорів. Велика частка міжнародних перевезень буде здійснюватися автомобільним транспортним. З відкриттям міжнародних транспортних коридорів планується збільшення обсягу автомобільних перевезень, особливо в міжнародному напрямку. Такі перевезення здійснюються автопоїздами. Останнім часом поширене використання знайшли дволанкові причіпні автопоїзди із некерованими осями причепа. Це пояснюється їх більшою продуктивністю у порівнянні з одиночним автомобілем та більшою пристосованістю для проведення навантажувально-розвантажувальних робіт.

### **Аналіз публікацій та постановка завдання**

Директивою ЄЕК ООН №96/43 та Правилами №36 ЄЕК ООН [1, 2] регламентуються зовнішній (12,5 м) і внутрішній (5,3 м) габаритні радіуси повороту для вантажних автомобілів та автопоїздів, тобто нормується їх габаритна смуга руху (ГСР) величиною 7,2 м – один з показників маневреності автопоїздів. Сьогодні поряд з дволанковими все частіше використовують і триланкові автопоїзди. Тому вирішення питань щодо покращення маневреності є актуальним, особливо для триланкових автопоїздів, рух яких вивчено ще недостатньо.

З метою вивчення експлуатаційних властивостей за методикою, запропонованої Лобасом Л.Г. [3], була створена математична модель руху триланкового автопоїзда. Запропонована ним коректна математична модель  $n+1$  ланкового автопоїзда заснована на законах неголономної механіки, теорії матриць і стійкості по Ляпунову, а також на деяких ефективних критеріях стійкості, які базуються на аналізі характеристичного рівняння системи, яка описує рух багатоланкових механічних систем.

### **Мета дослідження**

Аналіз розглянутих різних конструктивних схем дволанкових причіпних автопоїздів дозволив обрати перспективну схему, яка зображена на рис. 1. Метою роботи є теоретичне та експериментальне дослідження впливу параметрів компоування дволанкового автопоїзда на показники маневреності та завантаженості бічними силами осей причепа.

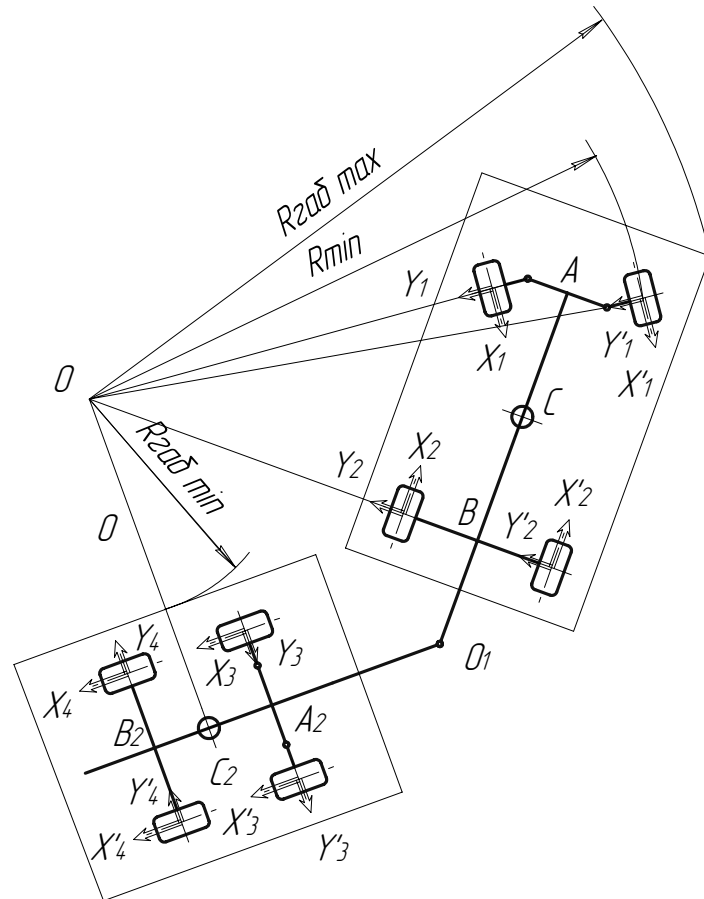


Рис. 1. Схема автопоїзда з наближеними осями причепа

### Основна частина

Згідно з методикою Лобаса Л.Г. були складені диференційні рівняння руху триланкового автопоїзда [4]. За певних умов (виборі вихідних даних) ці рівняння перетворюються у рівняння, що описують рух дволанкових автопоїздів. Розв'язання здійснено шляхом безпосереднього інтегрування чисельним методом за допомогою програми Maple 8.

Експериментальні дослідження проведено на макеті модульного автопоїзда [5] у складі автомобіля-тягача УАЗ-452 та причепа з наближеними некерованими осями.

Показники маневреності автопоїзда визначалась при виконанні ним повороту на  $90^\circ$  (такий режим руху в умовах експлуатації складає 80 – 90 % всіх маневрів, що здійснюють автопоїзди). Поворот на  $90^\circ$  є найбільш складним режимом повороту, тому що здійснюється з мінімальним радіусом повороту, що регламентується міжнародними нормами, до того ж відбувається неусталений рух автопоїзда, траєкторія якого має чотири ділянки [6]:

1. Вхідна перехідна траєкторія, під час якої здійснюється рівномірний поворот керованих коліс тягача на кут  $\Theta = \dot{\Theta} t$  до тих пір, поки зовнішня габаритна точка не почне рухатися по дузі кола постійного радіуса.
2. Рух автомобіля-тягача по колу радіуса  $R_0 = const$  за умови, що кут повороту його керованих коліс становить  $\Theta = \dot{\Theta} = const$ . Цей рух продовжується до тих пір, поки курсовий кут повороту тягача  $\psi$  (в нерухомій системі координат) не стане рівним  $\psi = \alpha - \psi_1$  ( $\alpha$  – заданий курсовий кут повороту автопоїзда;  $\psi_1$  – курсовий кут повороту тягача в кінці першої ділянки траєкторії).

3. Вихідна перехідна траєкторія  $\Theta = \Theta' - \dot{\Theta}t$  продовжується до тих пір, поки  $\Theta$  не стане дорівнювати нулю.
4. Прямолінійний рух автомобіля-тягача (кут повороту керованих коліс складає  $\Theta = 0$ ), в той час як причіп ще не закінчив поворот.

Характер зміни параметрів, що визначають маневреність автопоїзда (кут повороту керованих коліс тягача  $\Theta$  та кута складання автопоїзда  $\varphi$ ) при повороті на  $90^\circ$  з режимним коефіцієнтом повороту  $K_{II} = 0,115 \text{ м}^{-1}$ , представлена на рис. 2.

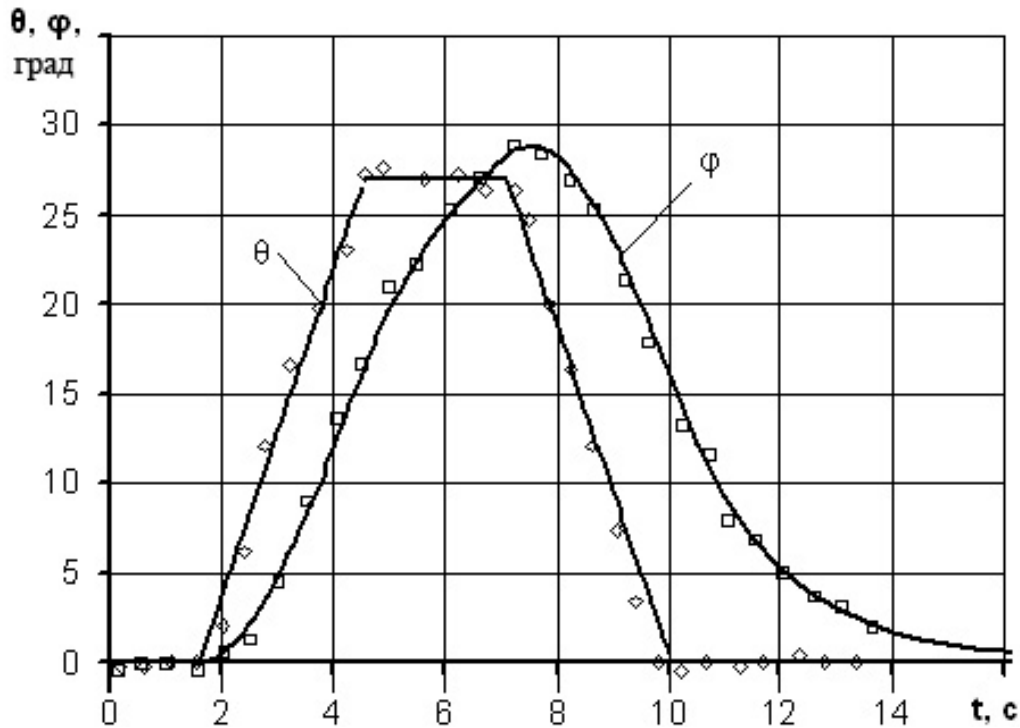


Рис. 2. Залежність кута повороту керованих коліс тягача  $\theta$  і кута складання автопоїзда  $\varphi$  при повороті на  $90^\circ$ :  
при  $s_0 = 0,5 \text{ м}$ ,  $s_{III} = 2,235 \text{ м}$ ,  $L_2 = 0,7 \text{ м}$

Результати теоретичних та експериментальних досліджень завантаженості бічними силами осей причепа та зміни габаритної смуги руху автопоїзда представлені на рис. 3, 4. За зазначених режимах руху передня вісь причепа навантажена на 27 – 40% більше, ніж задня.

Також отримані дані про вплив конструктивних параметрів автопоїзда, а саме: положення точки зчипки ( $s_0$ ), довжини дишля причепа ( $s_{III}$ ) та величини бази причепа ( $L_2$ ) на параметри руху автопоїзда; зміну кута складання ( $\varphi$ ), габаритну смугу руху автопоїзда (ГСР), бічних сил на першій ( $Y_3$ ) та другій ( $Y_4$ ) осях причепа (рис. 5–8).

Довжина дишля та положення точки зчипки незначно впливають на величину бічних сил на колесах, проте база причепа є визначальною для величини цих сил.

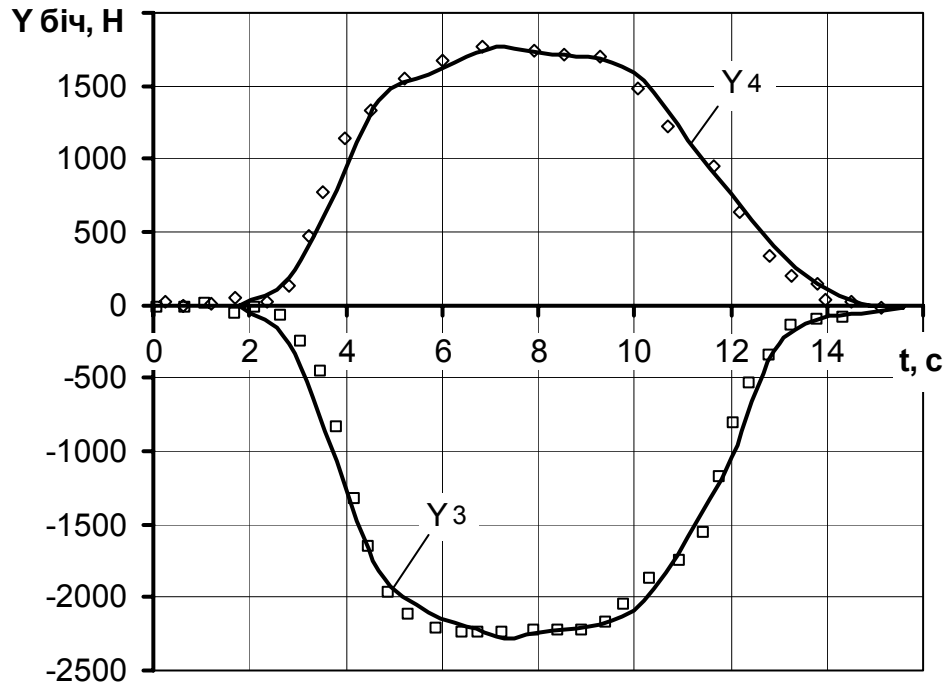


Рис. 3. Залежність бічних сил на осях причепа від часу при повороті автопоїзда на  $90^\circ$

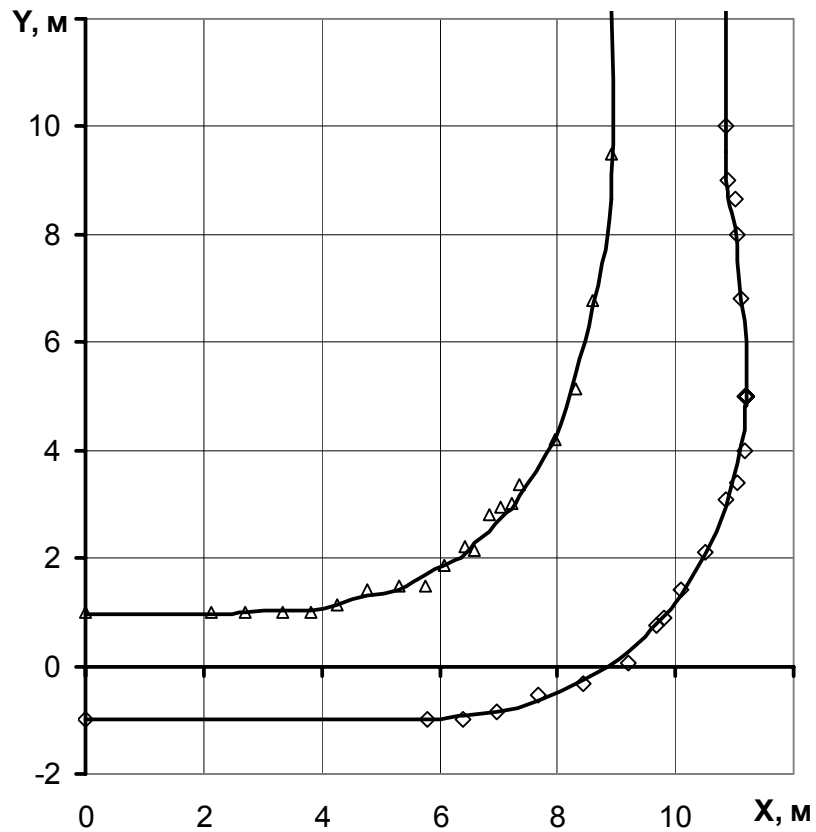


Рис. 4. Габаритна смуга руху автопоїзда при повороті на  $90^\circ$

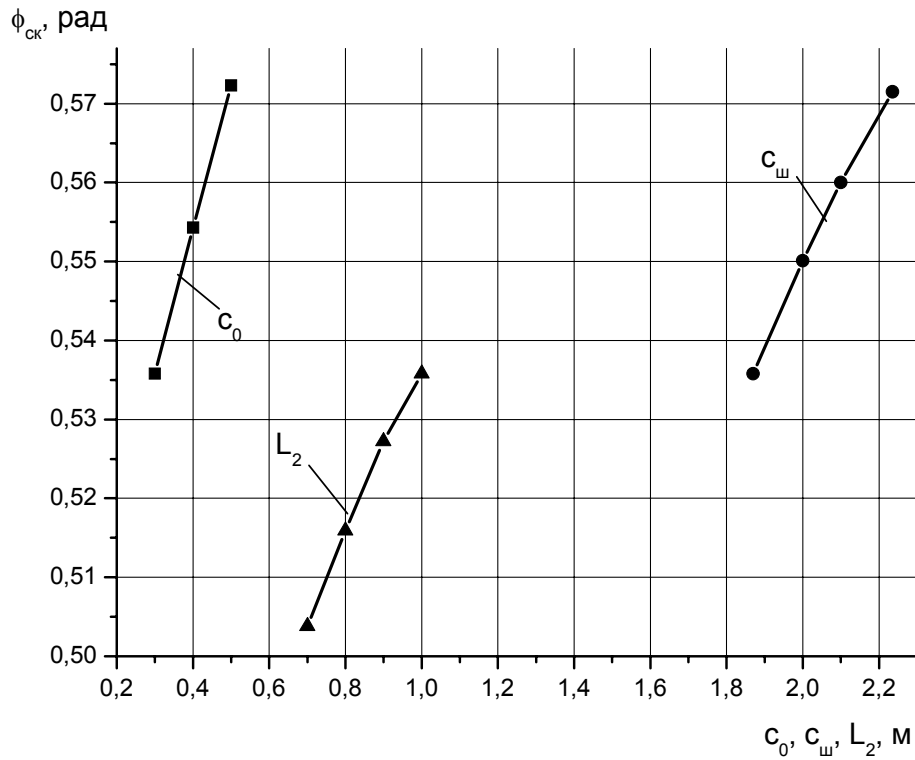


Рис. 5. Залежність кута складання автопоїзда при повороті на  $90^\circ$  від бази причепа  $L_2$ , зміщення тягово-зчпного пристрою  $c_0$  та звису дишла  $c_{ш}$

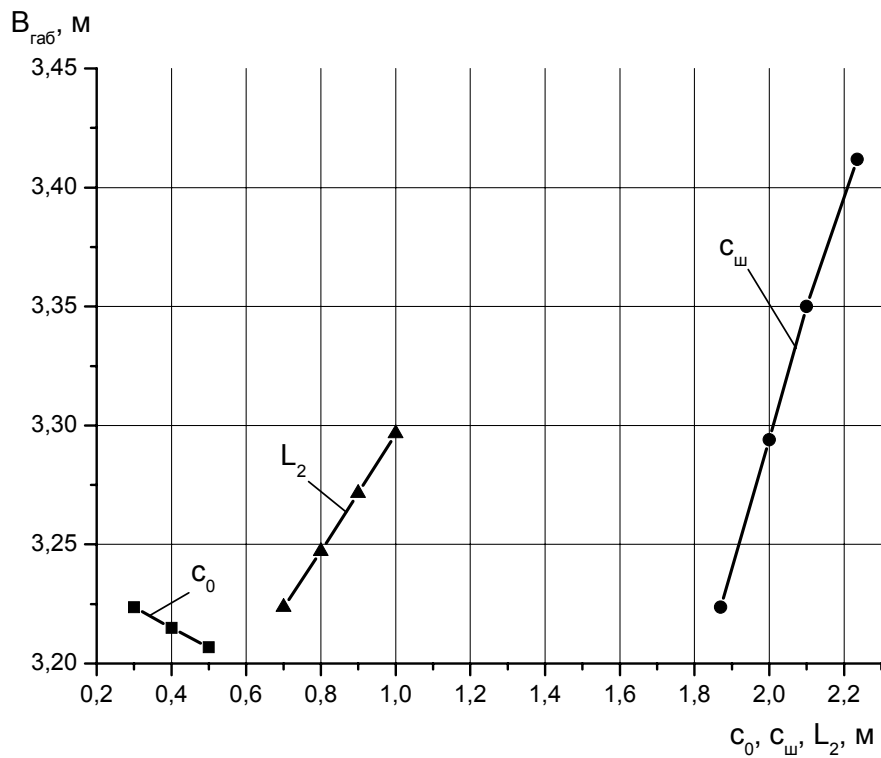


Рис. 6. Залежність ГСР автопоїзда при повороті на  $90^\circ$  від бази причепа  $L_2$ , зміщення тягово-зчпного пристрою  $c_0$  та звису дишла  $c_{ш}$

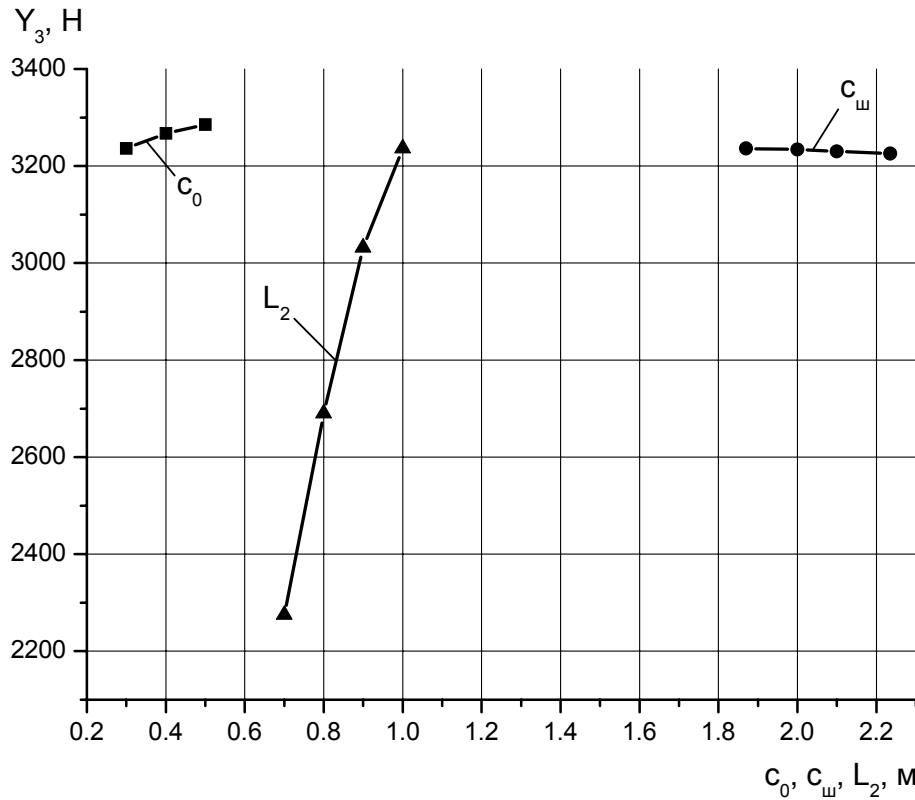


Рис. 7. Залежність бічної сили на передній осі причепа  $Y_3$  при повороті на  $90^\circ$  від бази причепа  $L_2$ , зміщення тягово-зчіпного пристрою  $c_0$  та звису дишла  $c_{ш}$

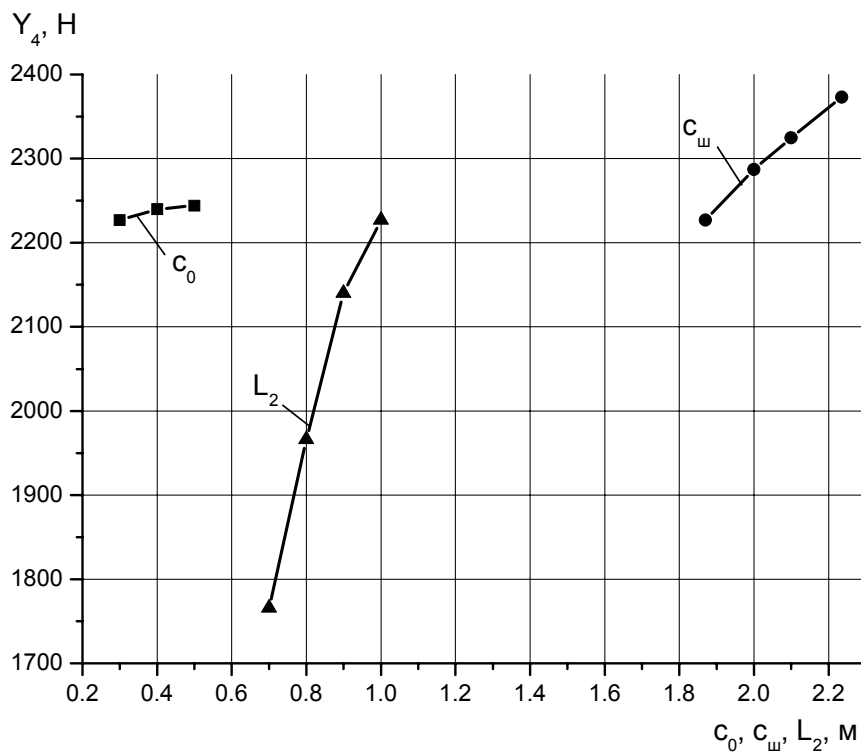


Рис. 8. Залежність бічної сили на задній осі причепа  $Y_4$  при повороті на  $90^\circ$  від бази причепа  $L_2$

### *Висновки*

З метою покращення маневреності автопоїзда необхідно зменшувати довжину дишла причепа та його базу і збільшувати величину зміщення тягово-зчіпного пристрою на автомобілі-тягачі. При цьому довжина дишла та база причепа мають значний вплив, а положення точки зчипки на автомобілі тягачі — незначний.

При маневруванні автопоїзда бічні сили на колесах першої осі причепа завжди більші на 27 – 40 %, ніж на колесах другої осі, їх величина визначається, в основному, базою причепа та довжиною дишла причепа і в незначній мірі зміщенням тягово-зчіпного пристрою. При збільшенні довжини дишла вирівнюються бокові сили на колесах осей причепа.

### *Подальший розвиток*

Наступним етапом роботи буде визначення теоретично, з подальшою експериментальною перевіркою, залежностей впливу конструктивних факторів на показники маневреності триланкових автопоїздів під час виконання різних маневрів.

### *Список літератури*

1. Directive 96/53/EC of the European Parliament and of the Council of 25 July 1996. – 21 p.
2. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пасажирських транспортних засобів великої місткості стосовно загальної конструкції (Правила ЄЕК ООН №36–03: 1993, IDT). ДСТУ UN/ECE R 36–03:2002. – Київ, 2002.
3. Лобас Л.Г. Неголономные модели колесных экипажей. – Киев: Наук. думка, 1986. – 232 с.
4. Математична модель руху триланкового причіпного автопоїзда / Сахно В.П., Тімков О.М., Вороніна І.Ф. // Автошляховик України. Окремий випуск / Вісник Північного наукового центру ТАУ. — 2003. — Вип. 6. — С. 134 – 139.
5. Експериментальний модульний автопоїзд для досліджень експлуатаційних властивостей багатоланкових автопоїздів/ Поляков В.М., Тімков О.М., Горпинюк А.В., Загороднов М.І. // Управління безпекою та якістю транспортних засобів і перевезень: Зб. наукових праць. – Автошляховик України: Окремий випуск. – 2003. — С. 96 – 98.
6. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. – М.: Транспорт, 1967. – 217 с.

Стаття надійшла до редакції 27.02.06  
© Сахно В.П., Поляков В.М., Тімков О.М., 2006