

Сахно¹ В.П., Кузнецов² Р.М., Стельмашук² В.В., Пазин² Р.В.

¹Національний транспортний університет

²Луцький національний технічний університет

МАНЕВРЕНІСТЬ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПАМИ КАТЕГОРІЇ O₁, O₂

Показано, що для попередньої оцінки маневреності автопоїзд можливо розглядати на жорстких у бічному напрямку колесах. Встановлено, що маневреність автопоїзда з причепами категорії O₁ і O₂ з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчіпки, довжини днища причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається. Максимальна ГСР автопоїзда з причепом базою 9,0 м складає 7,0 м, що менше максимально допустимої за DIRECTIVE 2002/7/ЕС.

Ключові слова: автопоїзд, причіп, маневреність, зміщення, габаритна смуга руху, кут складання, траєкторія

Постановка проблеми. Автомобілебудування є галуззю, що визначає рівень економічного розвитку країни. Його продукція задовольняє найважливіші соціально-економічні потреби суспільства, забезпечує пересування товарів і населення, у значній мірі визначає розмір платоспроможного попиту, створюючи для споживача мотиви до розширення цього попиту за рахунок підвищення ділової активності і росту продуктивності праці. Розвиток виробництва і зв'язаної з розширенням масштабів використання автотранспортних засобів (АТЗ) й інфраструктури викликає ріст обсягу продукції у всіх галузях матеріального виробництва та у сфері платних послуг, сприяє підвищенню зайнятості населення.

Згідно з Законом України "Про дорожній рух" (ст. 29, 30) конструкція автомобільних причепів і напівпричепів (АПН) повинна відповідати вимогам чинних правил, нормативів і стандартів, тому вимоги, що наведені в цих статтях, є обов'язковими для (АПН), що проектуються, модернізуються або переобладнуються.

Причепа категорії O₁, – це причепа з повною масою до 0,75 т, а причепа категорії O₂ – ті самі причепа та напівпричепа (за винятком причепів категорії O₁) з повною масою до 3,5 т і базою причепа до 9,0 м [1]. Ці причепа призначені до транспортування, як правило, легковими автомобілями, вибір яких є актуальним для споживачів. Це стосується і причепів вантажних багатофункціональних (ПВБФ) [2].

Причепа вантажні багатофункціональні (ПВБФ) категорії O₁, O₂, оснащені одинарною або здвоєною віссю без гальм або з гальмами, призначені для транспортування побутових вантажів, туристських вантажів і обладнання, сільськогосподарської продукції, товарів народного споживання, нових або ушкоджених транспортних і спеціальних засобів і обладнання (легкових автомобілів, мікроавтобусів і фургонів, сільськогосподарської техніки, катерів, яхт, скутерів, човнів і т.і.), вантажів, які швидко псуються, по загальній шляховій мережі [2].

На причепах категорії O₁, O₂ застосовують основні комплектуючі вироби (ходова і гальмова системи, зчіпні пристрої, стоянкові стояки, лебідки, елементна база закріплення бортів та дверей і т.і.) виробництва фірм «Knott» [3], «AI-Ко Kober» [3], «Reynolds transport systems (Europe)», «Aluvan» [4] та ін.

Причіпи пристосовані до буксирування легковими, вантажними і вантажопасажирськими малотонажними автомобілями, мікроавтобусами, які обладнані тягово-зчіпними пристроями кульового типу по ГОСТ 28248, ОСТ 37.001.096 і виводом електричного струму по ГОСТ 9200 [5].

На автомобілях встановлюється тягово-зчіпний пристрій, в якому стандартними є тільки зчіпна куля і розетка.

Номінальне вертикальне навантаження на зчіпну головку пристрою складає 35...55 кг для одновісних причепів повною масою до 850 кг і 55...95 кг для причепів із спареною віссю і повною масою до 1400 кг [5].

Урахувати усі особливості конструювальних схем причіпних автопоїздів категорії O₁, O₂ не представляється можливим, у зв'язку зі зміною їх параметрів в широких межах, що потребує великої кількості проміжних розрахунків. Сьогодні як в країнах Європи, так і в Україні значного поширення

отримали причепа категорії O_1, O_2 таких відомих виробників причіпної техніки як Fliegl, Kögel, Krone і Schmith.

У роботі [6] встановлено, що положення точки зчипки на автомобілі-тягачі значно впливає на стійкість автопоїзда. Наведені рекомендації щодо вибору значень геометричних параметрів представлених у безрозмірних величинах.

Для причепів категорії O_1 , що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами як по дорогам загального користування, так і міських умовах питання маневреності і стійкості залишаються актуальними.

У зв'язку з цим **метою роботи** є підвищення показників маневреності автопоїзда з причепами категорії O_1, O_2 за рахунок вибору раціональних компоновальних і масових параметрів окремих ланок.

Аналіз публікацій. У загальному випадку криволінійного руху автопоїзда, коли має місце взаємне кутове переміщення тягача і напівпричепа, їх миттєві центри обертання не співпадають. Аналіз спільної кінематики тягача і напівпричепа будується на тому, що точка зчеплення належить одночасно як тягачу, так і напівпричепу. Для розв'язання питання про вписуваність автопоїзда у поворот необхідно визначити траєкторію напівпричепа по заданій траєкторії автомобіля-тягача. Цього можна досягнути використанням повної системи динамічних рівнянь руху автопоїзда. Однак аналіз початкових нелінійних рівнянь при цьому можливий лише чисельним інтегруванням, що в значній мірі знижує ефективність підходу. Результати, що отримані на його основі, незважаючи на відносно високу точність, мають частковий характер, не допускають узагальнень і виявлень загальних тенденцій. Тому задачею кожного дослідження є розумне спрощення як моделі, так і динамічних рівнянь автопоїзда для визначення як показників маневреності, так і стійкості руху.

Для причепів категорії O_1, O_2 , що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами, важливим є забезпечення необхідних показників маневреності і стійкості при русі в різноманітних дорожніх умовах.

Маневреністю АТЗ називають сукупність таких властивостей, які забезпечують безперешкодний рух їх по опорній поверхні, яка має обмеження як за площею, так і за формою [7]. Такими обмеженнями при русі АТЗ можуть бути просторові, що зв'язані з довжиною і висотою транспортного засобу, а також обмеження за формою і розмірами дорожнього полотна, яка слугує опорною поверхнею для кочення коліс його ланок.

При русі автопоїзда всі його точки здійснюють поступальне переміщення своїми траєкторіями, що у співкупності утворюють габаритну смугу руху, яку визначити теоретично досить складно і неможливо оцінити невеликим числом параметрів. Тому для оцінки маневреності використовують такі вимірювачі і характеристики [7-10]: мінімальний і максимальний габаритні радіуси повороту, параметр маневреності при круговому русі, поворотна ширина по сліду коліс, габаритна смуга руху (ГСР), апроксимована ГСР, концентрична апроксимована ГСР, чинник і показник маневреності, під яким розуміється ступінь зсуву траєкторії руху веденої ланки автопоїзда відносно ведучої.

За відомим показником маневреності і заданими геометричними параметрами автопоїзда можуть бути визначені всі інші вимірювачі маневреності, тому що усі вони визначаються параметрами криволінійного руху автопоїзда. Серед них нормованими є мінімальні зовнішній і внутрішній габаритні радіуси повороту автопоїзда, що не повинні перевищувати 12,5 м і 5,3 м, відповідно і габаритну смугу руху (ГСР) – 7,2 м [11].

Задовільна маневреність автопоїзда виражається в можливості його вписування в усі повороти, що зустрічаються на маршрутах руху, і маневрування (можливість здійснювати повороти й у разі потреби рухатися заднім ходом) у пунктах навантаження і розвантаження [10].

Таким чином, для визначення ступеня пристосованості конкретного автопоїзда до конкретних умов експлуатації за маневреністю необхідно вивчити передбачувані маршрути руху, розрахувати або експериментально визначити значення показників маневреності і шляхом зіставлення з необхідними значеннями, установленними з аналізу реальних маршрутів, судити про відповідність досягнутого рівня маневреності необхідному.

У випадку невідповідності цих рівнів повинні бути розроблені заходи або рекомендації, при реалізації яких ця невідповідність усувається. При проектуванні нових автопоїздів ці рекомендації і заходи повинні враховуватися заздалегідь [10].

Показники маневреності автопоїздів можна визначити як аналітично, так і експериментально. Заслужують на увагу результати експериментальних досліджень маневреності автопоїздів, достовірність яких не викликає сумнівів.

Автопоїзди з причепами категорії O_1 і O_2 мають дещо більшу ширину коридору, необхідного для повороту на 180° , як відповідні базові автомобілі-тягачі.

Розрахункові дослідження дозволили виявити вплив різних конструктивних параметрів автопоїздів на величину максимальної ширини ГСР. Аналіз результатів досліджень [20] дозволяє зробити висновок, що на підвищенні маневреності сприятливо позначається зменшення довжини дишла і бази причепів. Позитивно впливає на величину ГСР збільшення виносу тягово-зчіпного пристрою. Це, однак, приводить до росту габаритної довжини АТЗ.

На форму і розміри ГСР істотно впливають параметри, що визначають режим повороту – кутова швидкість повороту керованих коліс автомобіля-тягача і швидкість його поступального руху. Аналіз експериментальних залежностей $\theta=f(t)$ [8] дозволяє зробити висновок про те, що ці залежності можна вважати лінійними на кожній з чотирьох характерних ділянок, умовно названих ділянками входу в поворот ($\theta \neq \text{const}$), кругового руху ($\theta = \text{const}$), виходу з повороту ($\theta \neq \text{const}$), витягування ланок автопоїзда в прямолінійне положення ($\theta = 0$). Погрішність при лінеаризації залежності $\theta=f(t)$ складає до 9% на вході в поворот, до 11% на виході з повороту, до 3% на круговій ділянці.

ГСР автопоїзда на повороті, що залежить від розміру зсуву ланок автопоїзда, може бути визначена графічним, аналітичним і ін. методами. При цьому важливим є те, що для попередньої оцінки маневреності автопоїзда можна застосовувати моделі автомобіля-тягача і причепа на жорстких у бічному напрямку колесах. Така постановка задачі спростовує математичний апарат для оцінки результатів дослідження маневреності автопоїзда і похибка результатів дослідження не перевищує 10...12% [9, 12].

Результати досліджень. При виконанні будь-якого повороту визначають головну траєкторію транспортного засобу, якою є траєкторія головної точки M його ведучої ланки, тобто середини ведучого моста. Поздовжня вісь автомобіля-тягача, як і будь-якої елементарної кінематичної ланки, направлена по дотичній до головної траєкторії саме в цій точці. Якщо причіп або напівпричіп є також ланками першого роду, то за головну точку M приймається деяка точка, що лежить точно посередині між ходовим осями візка [37]. Траєкторія кожної ланки автопоїзда визначається траєкторією її головної точки, тобто при розгляді питань кінематики повороту автопоїзда з двовісним причепом його можна звести до одновісного причепа, так як характерна точка причепа розташовується посередині між суміжними осями.

Знаючи траєкторії кожної ланки, можна визначити характер руху і розташування на дорозі автопоїзда в цілому. Однак з усіх траєкторій автопоїзда одна є головною, що визначає характер його руху і повністю залежить від водія, який управляє автопоїздом, керуючись обставинами на дорозі – головна траєкторія автопоїзда.

Згідно теореми про складання обертання фігури навколо паралельних осей, складний криволінійний рух твердого тіла складається з абсолютного руху в нерухомій (абсолютній) системі координат, відносного руху по відношенню до спряженого з ним ведучого твердого тіла і переносного руху останнього.

Розглянемо рух ланок автопоїзда (рис. 1), що складається з двовісного автомобіля-тягача і двовісного причепа (двовісний причіп з наближеними осями при розгляді кінематики повороту автопоїзда приводиться до одновісного, причому вісь причепа розташовується посередині між осми двовісного причепа), що має неповоротну ходову вісь і винос c_0 точки зчіпки тягача з причепом O'_0 , через що виникає кут α_0 . Поздовжні осі автомобіля-тягача і причепа повернуті по відношенню до вихідного прямолінійного положення вздовж осі x відповідно на кути ψ_0 і ψ_1 .

Запишемо диференціальне рівняння для кута складання φ_1 . Отримаємо [9]:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{d\psi_0}{dt} - \frac{d\psi_1}{dt} = \omega_0 - \omega_1. \quad (1)$$

Записане рівняння (1) дає можливість отримати значення кута складання в залежності від конструктивно-геометричних факторів і режиму руху автопоїзда. Для цього необхідно розгорнути рівняння (1) і визначити співвідношення $O_0O'_0/O_1O'_0$.

Згідно до схеми криволінійного руху автопоїзда (рис. 1) маємо:

Але з трикутника O_0MA можна отримати вираз:

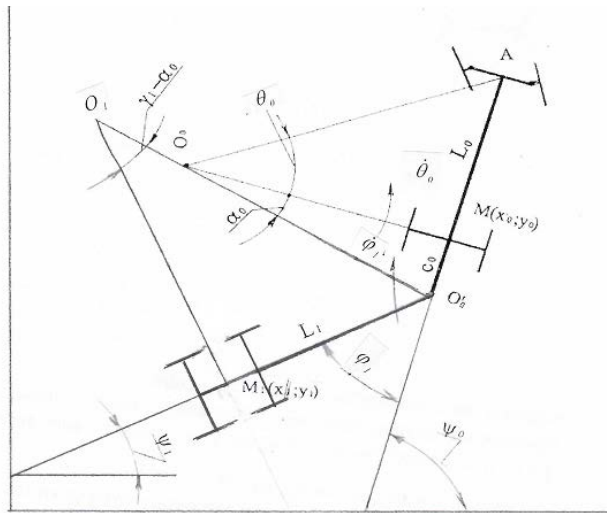


Рисунок 1 – Схема криволінійного руху автомобіля і причепа

$$\frac{L_0}{O_0M} = \operatorname{tg}(\theta) \Rightarrow O_0M = \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta)}, \quad (3)$$

$$\overline{O_0O'_0} = \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)}. \quad (4)$$

Тоді з трикутника $O_1O'_0M_1$ отримуємо:

$$\overline{O_1O'_1} = \frac{L_1}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}, \quad (5)$$

$$\frac{\overline{O_1M_1}}{\sin(\pi/2 - \varphi_1 + \alpha_0)} = \frac{L_1}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)},$$

$$\overline{O_1M_1} = \frac{L_1 \cdot \cos(\varphi_1 - \alpha_0)}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}. \quad (6)$$

Згідно отриманих рівнянь невідомим залишається ще значення вектору $O_1O'_1$. Його значення знайдемо з трикутника $O_1O'_1M_1$:

$$\overline{O_1O'_1} = \frac{\overline{O_1M_1}}{\cos \alpha_1}, \quad (7)$$

Після підстановки виразу (6) у (7) отримаємо:

$$\overline{O_1O'_1} = \frac{L_1 \cdot \cos(\varphi_1 - \alpha_0)}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}. \quad (8)$$

Тепер, рівняння (1) можливо переписати у розгорнутому вигляді:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_0 \left(1 - \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1} \right), \quad (9)$$

Отримане рівняння описує залежність кута складання автопоїзда для різних стадій його повороту. Для його практичного застосування необхідно виконати ще ряд перетворень.

Отже, якщо прийняти, що точка O'_0 рухається зі сталою швидкістю V_0 , то, відповідно, усі точки автомобіля-тягача обертаються навколо миттєвого центра швидкостей O_0 з кутовою швидкістю ω_0 , яка в свою чергу може бути знайдена:

$$\omega_0 = \frac{V_0}{O_0M} = \frac{V_0 \cdot \operatorname{tg}(\theta)}{L_0}. \quad (10)$$

Тоді причіпна ланка обертається навколо миттєвого центра швидкостей O_1 з кутовою швидкістю ω_1 :

$$\omega_1 = \frac{\omega_0 \cdot \overline{O'_0O_0}}{O_1O'_0} = \frac{V_0 \cdot \sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1 \cdot \cos(\alpha_0)}. \quad (11)$$

Тепер диференціальне рівняння можна представити у вигляді:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{V_0 \cdot \operatorname{tg}(\theta)}{L_0} \cdot \left(1 - \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1} \right), \quad (12)$$

Але у лівій частині рівнянь присутній вираз dt , що є не зручним для використання, тому перепишемо його інакше. Відомо, що $\theta = K_{\Pi} \cdot V_0 \cdot t$. Тоді, якщо швидкість залишається незмінною,

$d\theta = K_{\Pi} \cdot V_0 \cdot dt$. Звідси маємо:

$$\frac{d\varphi_1}{d\theta} = \frac{\operatorname{tg}(\theta)}{K_{\Pi} \cdot L_0} \cdot \left(1 - \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1} \right), \quad (13)$$

Так як кут складання ланок є функцією від кута повороту керованих коліс автомобіля-тягача

($\varphi_1 = f(\theta)$), то траєкторії руху головної точки причіпної ланки необхідно будувати в залежності від руху головної точки автомобіля-тягача. Так, згідно схеми (рис. 1) траєкторію руху головної точки доцільно будувати за двома координатами [12]. Зважаючи на те, що траєкторія головної точки автомобіля-тягача позначається як x_0 та y_0 , то траєкторію точки M_1 позначатимемо як x_1 , y_1 .

Тоді отримуємо такі залежності [12]:

$$x_1 = x_0 - c_0 \cdot \cos(\delta_0) - L_1 \cdot \cos(\delta_0 - \gamma_1), \quad (14)$$

$$y_1 = y_0 - c_0 \cdot \sin(\delta_0) - L_1 \cdot \sin(\delta_0 - \gamma_1), \quad (15)$$

де δ_0 – кут нахилу дотичної до траєкторії головної точки автомобіля-тягача;

γ_1 – кут складання автопоїзда;

c_0 – відстань від головної точки автомобіля-тягача до точки зчипки з причіпною ланкою.

Розглядаючи автомобіль як плаский прямокутник [12] (рис. 2), можна визначати розташування будь-якої точки в його межах за двома “координатами”: відстанню від цієї точки до головної точки M уздовж поздовжньої осі зі знаком “+”, якщо точка розташована спереду за напрямком руху, і зі знаком “-” – якщо точка розташована позаду.

Ця відстань буде позначатися через l_i . Другою “координатою” буде відстань від заданої точки до поздовжньої осі автомобіля по перпендикуляру, що опущений з неї на цю вісь.

Розглянемо три можливі випадки руху:

- прямолінійний, коли всі точки автомобіля рухаються траекторіями, що паралельні траекторії головної точки М;

- круговий, коли всі точки рухаються по дузі кола з центром в точці С і радіусом головної точки R_0 . Зважаючи на те, що усі точки автомобіля рухаються по концентричним дугам кіл, простіше за все визначати не координати заданої точки, а її радіус:

$$\rho_i = \sqrt{(R_0 + b_i)^2 + l_i^2} . \tag{16}$$

- по перехідній криволінійній траекторії. Координати будь-якої точки причепа визначаються як:

$$x_i = x_0 \pm l_i \cdot \cos(\delta_0) \pm b_i \cdot \sin(\delta_0) , \tag{17}$$

$$y_i = y_0 \pm l_i \cdot \sin(\delta_0) \pm b_i \cdot \cos(\delta_0) . \tag{18}$$

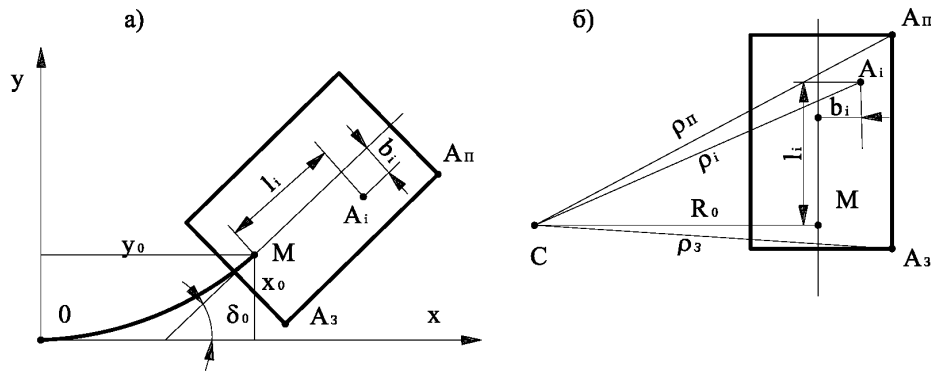


Рисунок 2– Схеми до визначення радіусів і координат траекторії будь-якої точки автомобіля [12]: а – на вході в поворот; б – при русі по дузі кола

При аналізі маневрових властивостей автопоїзда практичне значення мають лише траекторії його габаритних точок. Так для побудови габаритної смуги руху автопоїзда необхідно лише побудувати траекторії руху таких двох точок, які рухаються по дугам кіл найбільшого $R_{зг}$ і $R_{вг}$ найменшого радіусів, рис.3.

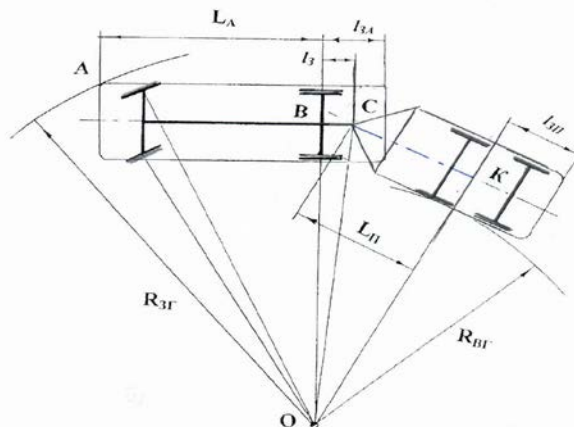
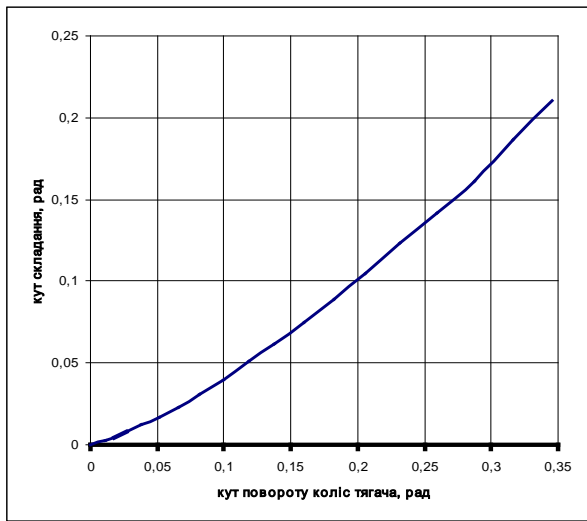


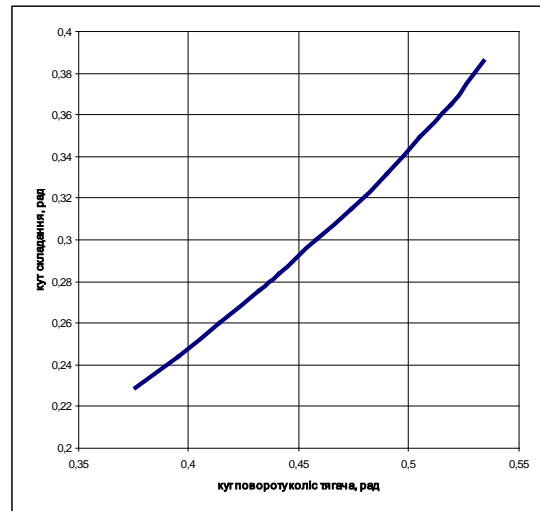
Рисунок 3 – До визначення ГСР автопоїзда

Із застосуванням розробленої методики з використанням програмного забезпечення Mathcad були визначені кути складання та зміщення траекторій головної точки причіпної ланки. Розрахунки були виконані для автопоїзда у складі автомобіля-тягача Mercedes-Benz T1N “Sprinter” і причепа ПВБФ 15, коротка технічна характеристика яких наведена у табл. 1.

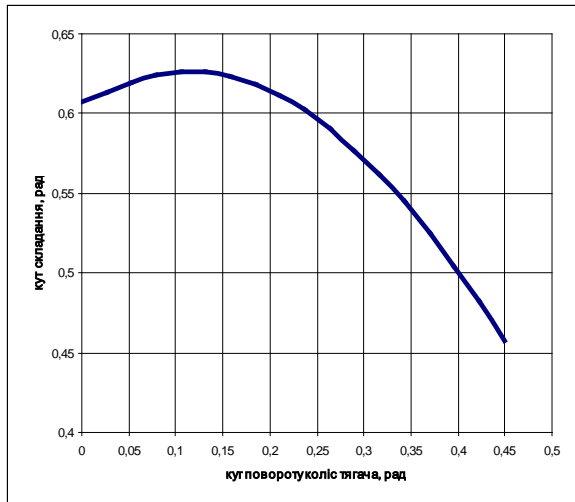
На рис. 4 у якості прикладу наведені результати розрахунків кута складання автопоїзда з базовими конструктивними параметрами тягача і причепа для різних стадій повороту, а на рис. 5 – зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії автомобіля-тягача в залежності від радіуса повороту.



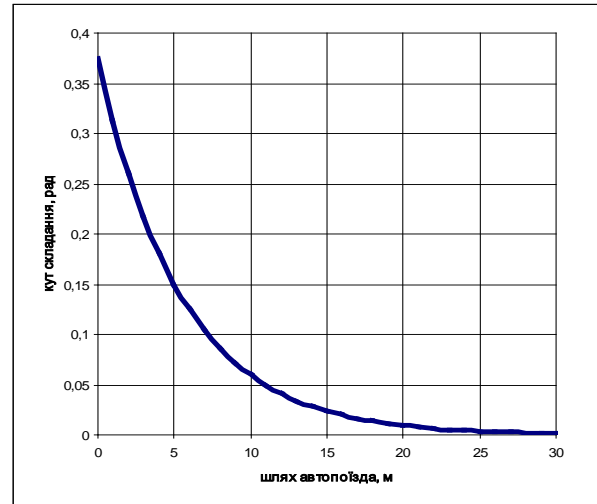
а)



б)

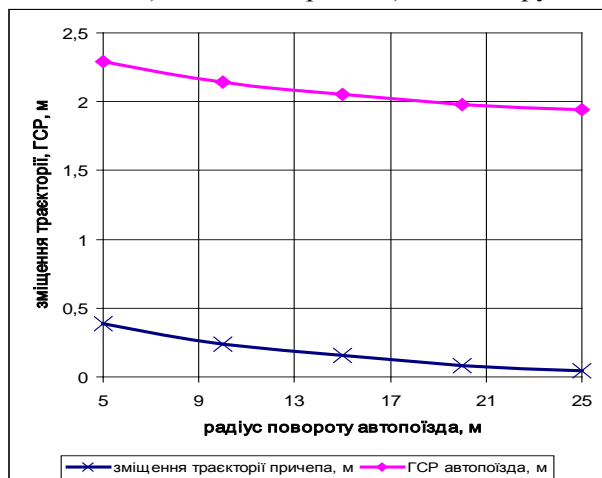


в)

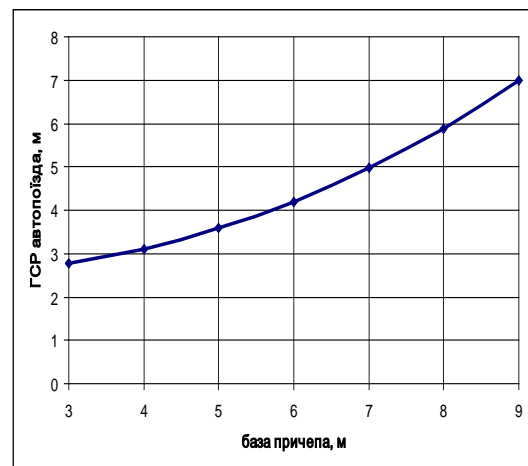


г)

Рисунок 4 – Залежність кута складання автопоїзда для різних стадій повороту:
а) вхід в поворот; б) коловий рух; г) вихід із повороту; д) прямолінійний рух



а)



б)

Рисунок 5 – Зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії тягача і ГСР автопоїзда за колового руху для різних радіусів повороту (а) і різної бази причепа (б)

Таблиця 1 – Коротка технічна характеристика автопоїзда

Показник	Значення
Автомобіль	Mercedes-Benz T1N "Sprinter"
Повна маса, кг	3500
База, м	3,550
Відстань від передньої осі до центру мас, м	1,90
Відстань від задньої осі до центру мас, м	1,65
Відстань від точки зчипки до задньої осі, м	0,80
Габаритна довжина, м	5,64
Ширина, м	1,9
Причіп	ПВБФ 15
Повна маса, кг	2800
База, м	3,0...5,5 (3,0)
Відстань від передньої осі до центру мас, м	1,55...2,80
Відстань від задньої осі до центру мас, м	1,45... 2,70
Довжина дишля, м	1,1
Габаритна довжина платформи, м	6,5...9,5 (6,5)
Ширина, м	1,9

*Примітка. У дужках наведені значення базового варіанту.

Аналіз результатів розрахунків показав:

- поворот обох елементарних кінематичних ланок здійснюється на першій стадії послідовно, причому причіпна ланка забігає більш інтенсивно у внутрішню сторону повороту, збільшуючи кут складання. Аналогічні змінюються і швидкості обертання ланок причіпного автопоїзда незалежно від режиму його повороту. Співвідношення кутів θ і φ_1 в кінці першої стадії повороту складає біля 0,5;

- кут складання суттєво залежить від режиму криволінійного руху автопоїзда. Зі зменшенням режимного коефіцієнта повороту зменшується і кут складання ланок автопоїзда φ_1 при одному і тому ж значенні приведенного кута повороту γ_0 керованих коліс автомобіля-тягача, так як автопоїзд займає при цьому менш "складене" положення;

- при односторонньому повороті траєкторія причіпної ланки зміщується по відношенню до траєкторії автомобіля-тягача до центра повороту, збільшуючи при цьому габаритну смугу руху, причому зміщення траєкторій і ГСР збільшуються зі зменшенням радіусу повороту автопоїзда, рис. 2.8;

- нормоване значення габаритної смуги руху за реальних конструктивних параметрів автопоїзда з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчипки, довжини дишля причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається.

Висновки. Встановлено, що маневреність автопоїзда з причепами категорії O_1 і O_2 з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчипки, довжини дишля причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається. Максимальна ГСР автопоїзда з причепом базою 9,0 м складає 7,0 м, що менше максимально допустимої за DIRECTIVE 2002/7/EC.

1. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорії M, N і O стосовно гальмування (Правила ЕЭК ООН № 13-09:2000, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. – [Чинне від 2003-01-01]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 180 с.

2. Стельмашук В.В. До питання комплектації автопоїзда з причепом категорії O_2 /В.В.Стельмашук, Р.В.Пазин //Науковий журнал //Вісник Машинобудування та транспорту. Вінниця, 2016 - № 2. – С. 97-105.

3. Інформаційні матеріали фірми «AL-KO KOBER», Каталог, 1998.–95 с.: ілюстр.

4. Волгин В.В. Прицепы к легковым автомобилям /В.В.Волгин. – М.: Астрель, 2005. – 89 с.

5. ОСТ 37.002.220-93. Караваны и лёгкие прицепы. Параметры, размеры. Общие технические требования.

6. Тімков О.М. Поліпшення показників маневреності та стійкості автопоїздів з наближеними осями причепа/Автор... дис. канд. техн. наук. – К.: Національний транспортний університет.–2005.–20 с.

7. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. – М.:Транспорт, 1967. – 225 с.

8. Фаробин Я.Е., Шупляков В.С. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок. – М.: Транспорт. 1983. – 200 с.

9. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда. – М.: Транспорт, 1986. – 137 с.

10. Фаробин Я.Е., Якобашвили А.М., Иванов А.М. и др. Трехзвенные автопоезда // *Машиностроение*, 1993, - 224 с.
11. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // *Official Journal of the European Communities*. – 2002. – No L67/47-49.
12. Сахно В.П. Маневреність триланкових автопоїздів /В.П.Сахно, І.Ф. Вороніна, С.С.Углярниція, В.В. Стельмашук // *Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ЦНЦ ТАУ*. –2004. Окремий випуск №7. С.118-124

REFERENCES

1. Yedyni tekhnichni prypysy shchodo ofitsynoho zatverdzhennya dorozhnikh transportnykh zasobiv katehoriyi M, N i O stosovno hal'muvannya (2003) [Uniform technical prescriptions concerning the approval of motor vehicles of categories M, N and O with respect to braking] (*UNECE Regulation No. 13-09: 2000, IDT*): *DSTU UN / ECE R 13-09: 2002*. - K.: State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. - 180. [in Ukrainian].
2. Stelmashchuk V.V. & Pazin R.V. (2016) Do pytannya komplektatsiyi avtopoyizda z prychemom katehoriyi O2 [On the issue of a complete set of auto-trains with a trailer of the category O2] // *Scientific Journal // Journal of Mechanical Engineering and Transport. Vinnytsya, No. 2*. - 97-105 [in Ukrainian].
3. Informatsiyini materialy firmy «AL-KO KOBER» (1998) [Information materials of the company "AL-KO KOBER"], *Catalog*, -95 с.: Illustration [in Ukrainian].
4. Volgin V.V. Prytsepy k lehkovym avtomobylyam (2005) [Trailers for passenger cars] / Moscow: Astrel, - 89 [in Russian].
5. OST 37.002.220-93. Karavany y ljkhye prytsepy. Parametry, razmery. Obshchye tekhnicheskiye trebovaniya. [Caravans and light trailers. Parameters, sizes. General technical requirements] [in Russian].
6. Timkov O.M. Polipshennya pokaznykiv manevrenosti ta stiykosti avtopoyizdiv z nablyzhenymy osyamy prycheпа (2005) [Improvement of indicators of maneuverability and stability of trains with approximated trailer axles] *Author. dis. cand. tech sciences - K.: National Transport University*. – 20 [in Ukrainian].
7. Zakin Y.H. Prykladnaya teoryya dvyzheniya avtopoezda (1967) [Applied theory of the movement of an automobile train.] - M.: *Transport*, 225 [in Russian].
8. Fahrobin Y.E & V.C. Shchuplyakov -. Otsenka йkspluatatsyonnykh svoystv avtopoezdov dlya mezhdunarodnykh perevozk (1983) [Estimation of operational characteristics of road trains for international transportation] *M.: Transport*. – 200 [in Russian].
9. Zakin Y.H. Manevrennost' avtomobylya y avtopoezda (1986) [Maneuverability of the car and truck]. - M.: *Transport*, - 137 [in Russian].
10. Fahrobin Ya.E. Yakobashvili A.M. Ivanov A.M. (1993) Trekhzvennye avtopoezda [Three-Way Trains], *Mechanical Engineering*, - 224 [in Russian].
11. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // *Official Journal of the European Communities*. – 2002. – No L67/47-49 [in English].
12. Sakhno V.P. Voronina I.F., Uglarynica S.S., Stelmashchuk V.V. Manevrenist' trylankovykh avtopoyizdiv (2004) [Maneuverability of three-axle road trains], *Autoroad-worker of Ukraine. Separate issue. An announcer CNC TAU*. – *Separate issue №7*, 118-124 [in Ukrainian].

Сахно В.П., Кузнецов Р.М., Стельмашук В.В., Пазин Р.В. Маневренность автопоезда с прицепами категории O₁, O₂. Показано, что для предварительной оценки маневренности автопоезда можно рассматривать на жестких в боковом направлении колесах. Встановлено, что маневренность автопоезда с прицепами категории O₁ и O₂ с учетом всех его возможных ограничений (базы автомобиля-тягача, размещения точки соединения, длины дышла прицепа, базы прицепа) может обеспечить рассматриваемый автопоезд. Максимальная ширина габаритной полосы движения автопоезда с прицепом базой 9,0 м составляет 7,0 м, что меньше максимально допустимой по DIRECTIVE 2002/7/EC.

Ключевые слова: автопоезд, прицеп, маневренность, смещение, габаритная полоса движения, угол складывания, траектория.

V.Sakhno, R. Kuznetsov, V.Stelmashchuk, R.Pazin. Maneuverability of the road train with trailers of category O₁, O₂. It is shown that for the preliminary evaluation of maneuverability the road train can be considered on the laterally rigid wheels. It was established that the maneuverability of the road train with trailers of categories O₁ and O₂, taking into account all its possible limitations (the base of the tractor vehicle, the location of the connection point, the length of the trailer drawbar, the trailer base) can be provided by the road train in question. The maximum width of the overall lane of a road train with a trailer of 9.0 m is 7.0 m, which is less than the maximum allowable for DIRECTIVE 2002/7 / EC.

Keywords: road train, trailer, maneuverability, displacement, overall lane, folding angle, trajectory.

АВТОРИ:

САХНО Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

КУЗНЕЦОВ Руслан Михайлович, кандидат технічних наук, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: kuzyapost@gmail.com

СТЕЛЬМАЩУК Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

ПАЗИН Роман Васильович, аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцький НТУ, e-mail: rudi9101@gmail.com

АВТОРЫ:

САХНО Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

КУЗНЕЦОВ Руслан Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: kuzyapost@gmail.com

СТЕЛЬМАЩУК Валерий Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

ПАЗИН Роман Васильевич, аспирант кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: rudi9101@gmail.com

AUTHORS:

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Ruslan KUZNETSOV, Ph.D., Professor, Department of Automobile and Transport Technologies, Lutsk NTU, e-mail: kuzyapost@gmail.com

Valeriy STELMASHCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

Roman PAZIN, Postgraduate Student of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: rudi9101@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 28.04.2008 р.