

Сахно¹ В.П., Поляков¹ В.М., Марчук² Р.М., Босенко¹ В.М.

¹ Національний транспортний університет

² Національний університет водного господарства та природокористування

КІНЕМАТИКА ПОВОРОТУ ГІБРИДНОГО АВТОПОЇЗДА З ПОДВІЙНИМ ПРИВОДОМ УПРАВЛІННЯ НА ПОВОРОТНУ ВІСЬ НАПІВПРИЧЕПА

Показано, що стійкий рух автопоїзда заднім ходом за гібридної силової установки можна забезпечити за умови, що ведучою ланкою є возик напівпричепи, а веденою – автомобіль-тягач. Для такої схеми обрано тип приводу управління як напівприцепом, так і автомобілем-тягачем та визначені його передаточні відношення за нормованих показників маневреності.

Ключові слова: автопоїзд, привід управління, гібридна силова установка, маневреність, стійкість.

Постановка проблеми. Відомо, що однією із найбільш важливих експлуатаційних властивостей автопоїзда є маневреність.

Маневреністю автотранспортних засобів (АТЗ) називають співкупність таких властивостей, які забезпечують безперешкодний рух їх по опорній поверхні, яка має обмеження як за площею, так і за формою [1]. 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.

Експлуатаційні властивості включають дев'ять показників маневреності, шість з яких є кінематичними, а три динамічними. Однак для автопоїзда основними варто вважати два кінематичних одиничних показники маневреності, а саме [2]:

- габаритну смугу руху (ГСР), рівну різниці радіусів повороту точок автопоїзда, найбільш віддаленої і найбільш близької до центра, тобто різниці габаритних радіусів повороту – зовнішнього ($R_{ze}=12,5$ м) і внутрішнього ($R_{ze}=5,3$ м);

- можливість рухатися заднім ходом.

При русі автопоїзда заднім ходом причіпна ланка (напівпричіп) знаходиться попереду (є першою ланкою), а автомобіль (тягач) позаду (є другою ланкою). При чистому коченні коліс (без ковзання і буксування) автопоїзд являє собою неголономну систему, водій здійснює керування методом повороту вектора швидкості в точці j на кут θ_j щодо базової лінії другої ланки. При неправильних діях курсовий рух стає нестійким, внаслідок чого деякі параметри починають необмежено збільшуватися. З практичної точки зору інтерес представляють такі параметри курсового руху: відхилення точок ланок автопоїзда від необхідної траєкторії руху; кут складання ланок автопоїзда (φ_q); курсовий кут кожної ланки автопоїзда - кут повороту базової лінії ланки щодо абсолютної системи координат, пов'язаної з опорною поверхнею. Для того щоб довільна точка i ($i < k_i$) рухалася по прямій, необхідно і достатньо, щоб кут повороту θ_j змінювався у відповідності деяким законом керування, параметри якого необхідно визначити. Проте задачу забезпечення руху автопоїзда з керованим напівприцепом можна вирішити, якщо при русі заднім ходом ведучою ланкою зробити напівпричіп, а веденою – автомобіль-тягач. Цього можна досягти за гібридної силової установки на автопоїзді. Вибору потужності електродвигуна, розташованого на возику напівпричепи, присвячені роботи [3-6]. Потужність електродвигуна, встановленого на возику напівпричепи можна використовувати не тільки для поліпшення тягово-швидкісних властивостей, а і для управління возиком напівпричепи як при русі вперед, так і заднім ходом.

Метою роботи є визначення параметрів приводу управління гібридного автопоїзда при його русі заднім ходом.

Результати досліджень. Проведеними раніше дослідженнями встановлено, що задовільна маневреність автопоїзда з довгобазовим напівприцепом досягається за керованих причіпних ланок і подвійного приводу управління або на передню, або задню вісь возика напівпричепи. Для цього розглянемо дві принципово різні системи управління [7]:

- схема №1 – автопоїзд з передніми керованими осями причіпних ланок;

- схема №2 – автопоїзд з задніми керованими осями причіпних ланок.

Зазначимо при цьому, що тривісний возик напівпричепи з двома задніми неповоротними осями

завжди можна звести до двовісного, зважаючи на те, що кінематика повороту багатовісного возика еквівалентна двовісному. Тому розглянемо спочатку дволанковий автопоїзд з двовісним напівприцепом [7].

За усталеного повороту і співпаданні основних траєкторій 1 автомобіля-тягача 2 і напівпричепа 3 поворотна вісь напівпричепа 4 повинна бути повернута на кут θ_{11} , рис. 1. При цьому між поздовжніми осями ланок автопоїзда будуть мати місце кути φ_1 і φ_2 , які є задаючими параметрами системи подвійного управління поворотом керованою віссю напівпричепа. Кут θ_{11} у цьому випадку є функцією першого кута складання (кут між поздовжніми осями автомобіля-тягача і кістяка напівпричепа) і другого кута складання (кут між поздовжніми осями кістяка напівпричепа і його возика), тобто $\theta_{11}=f(\varphi_1, \varphi_2)$.

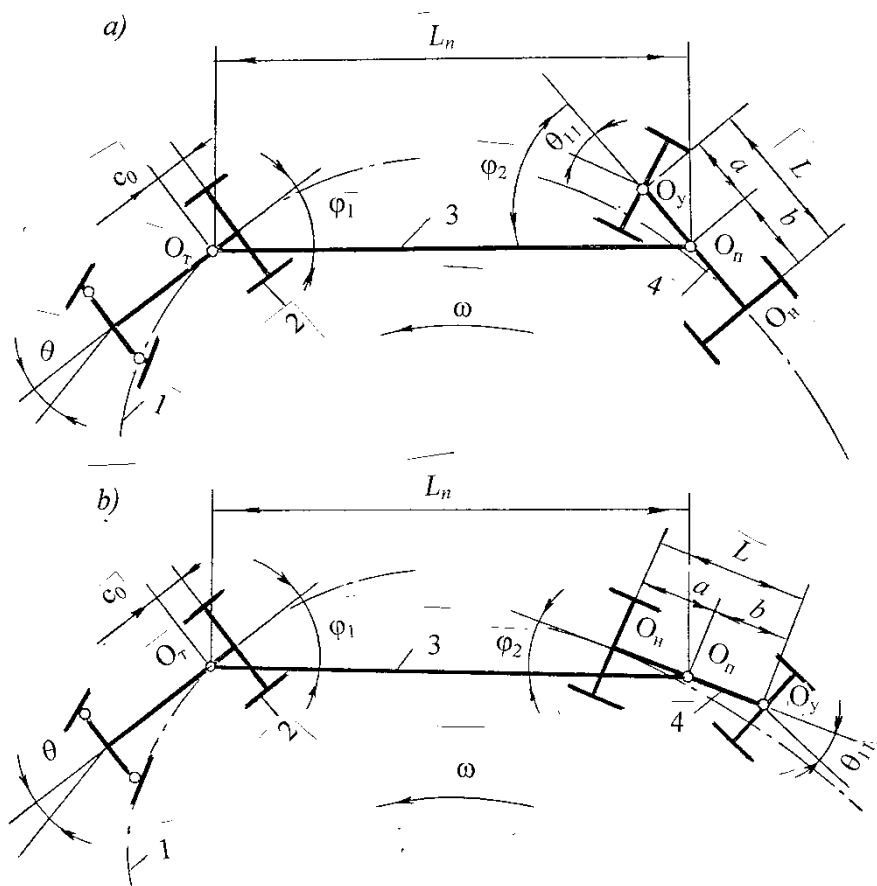


Рисунок 1 – Розрахункові схеми автопоїзда №1 (а) і автопоїзда №2 (б) на повороті

При русі автопоїзда вперед на вхідній перехідній траєкторії приведений кут повороту керованих коліс тягача θ збільшується на величину $\Delta\theta$. При цьому кут повороту керованої осі напівпричепа збільшиться на величину $\Delta\theta_{11}$ за рахунок роботи подвійної системи управління і збільшенні кутів складання відповідно на величини $\Delta\varphi_1$ і $\Delta\varphi_2$. Цей процес можна представити у вигляді [8]:

$$(\theta + \Delta\theta) \subset (\varphi_1 + \Delta\varphi_1) \subset (\theta_{11} - \Delta\theta_{11\varphi}) \subset (\varphi_2 + \Delta\varphi_2) \subset [(\theta_{11} - \Delta\theta_{11\varphi}) + \Delta\theta_{11\varphi_2}] \quad (1)$$

При русі автопоїзда на вихідній перехідній траєкторії маємо:

$$(\theta - \Delta\theta) \subset (\varphi_1 - \Delta\varphi_1) \subset (\theta_{11} + \Delta\theta_{11\varphi}) \subset (\varphi_2 - \Delta\varphi_2) \subset [(\theta_{11} + \Delta\theta_{11\varphi}) - \Delta\theta_{11\varphi_2}] \quad (2)$$

При русі автопоїзда заднім ходом, коли ведучою ланкою є возик напівпричепа, маємо:
- на вхідній перехідній траєкторії

$$[(\theta_{11} - \Delta\theta_{11\varphi}) + \Delta\theta_{11\varphi_2}] \subset (\varphi_2 + \Delta\varphi_2) \subset (\theta_{11} - \Delta\theta_{11\varphi}) \subset (\varphi_1 + \Delta\varphi_1) \subset (\theta + \Delta\theta) \quad (3)$$

- на вихідній перехідній траєкторії

$$\left[(\theta_{11} + \Delta\theta_{11\varphi}) - \Delta\theta_{11\varphi_2} \right] \subset (\varphi_2 - \Delta\varphi_2) \subset (\theta_{11} + \Delta\theta_{11\varphi}) \subset (\varphi_1 - \Delta\varphi_1) \subset (\theta - \Delta\theta) \quad (4)$$

Як слідує з виразів (1-4), зміна траєкторії возика напівпричепа при русі вперед і автомобіля-тягача при русі назад відбувається внаслідок дії прямого і зворотного керуючого зв'язку, тобто:

$$\Delta\theta_{11\varphi_1} = \frac{\Delta\varphi_1}{k_{\varphi_1}}; \Delta\theta_{11\varphi_2} = \frac{\Delta\varphi_2}{k_{\varphi_2}} \quad (5)$$

$$\Delta\theta_{11\varphi_2} = \frac{\Delta\varphi_2}{k_{\varphi_2}}; \Delta\theta_{11\varphi_1} = \frac{\Delta\varphi_1}{k_{\varphi_1}} \quad (6)$$

де k_{φ_1} – коефіцієнт пропорційності приводу системи подвійного управління, що відображає поворот осі напівпричепа у функції першого кута складання автопоїзда φ_1 (перше передаточне відношення системи подвійного управління);

k_{φ_2} – те ж у функції другого кута складання автопоїзда φ_2 (друге передаточне відношення системи подвійного управління).

Як видно з виразів (5) і (6), при русі заднім ходом передаточні відношення подвійного приводу управління змінюються так, що перше передаточне відношення стає другим, а друге – першим.

Кут повороту керованої осі напівпричепа може бути представлений у вигляді:

- при русі вперед

$$\theta_{11} = u_2 \times \varphi_2 - u_1 \times \varphi_1 \quad (7)$$

- при русі назад

$$\theta_{11} = u_1 \times \varphi_2 - u_2 \times \varphi_1 \quad (8)$$

де u_1, u_2 – передаточні відношення першої і другої ступені подвійного приводу управління віссю напівпричепа.

При визначенні кутів складання автопоїзда розглянемо послідовно системи, що складаються із автомобіля-тягача і напівпричепа, а потім – напівпричепа і його возика, рис. 2.

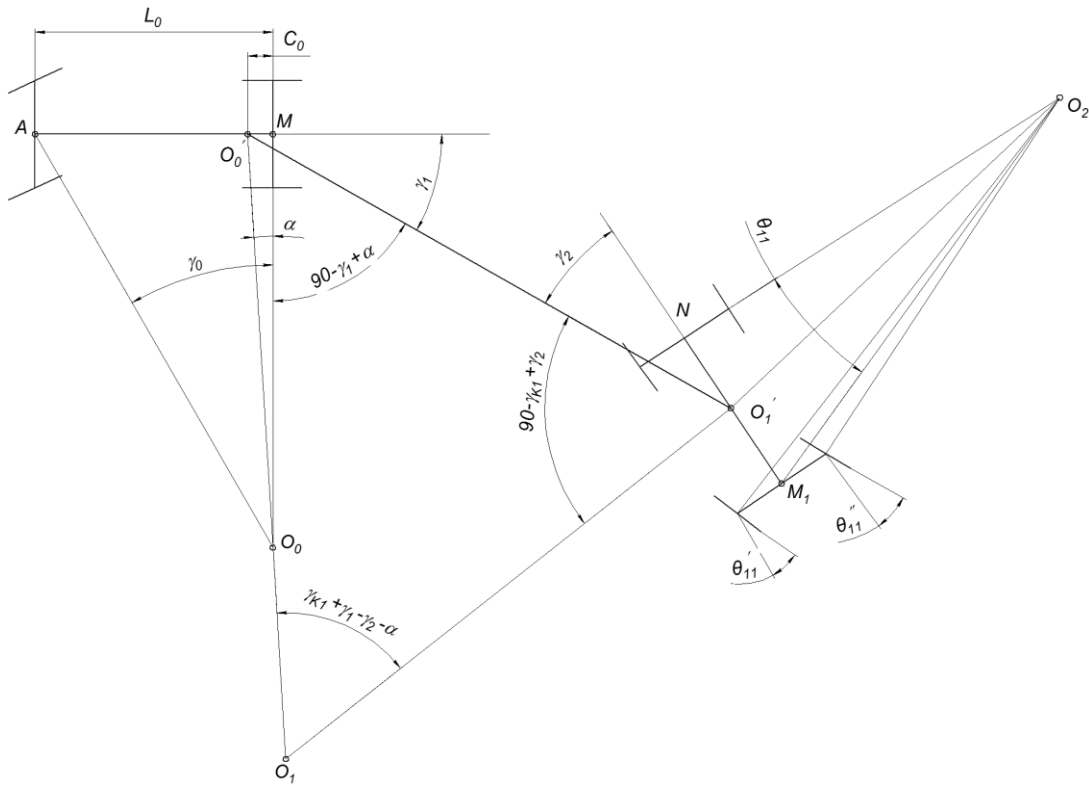
Ведена ланка $O'_0O'_1$ (кістяк напівпричепа), здійснюючи абсолютний рух навколо центра O_1 , одночасно переміщується відносно ведучої ланки (автомобіля-тягача) з миттєвим центром обертання у точці O'_0 . Між поздовжніми осями цих ланок утворюється перший кут складання φ_1 . Ведена ланка $O'_0O'_1$ здійснює складний рух, бо одночасно приймає участь у двох протилежно направлених обертаннях навколо паралельних осей. При цьому обертання ланки $O'_0O'_1$ навколо центра O'_1 з кутовою швидкістю ω_ϵ буде відносним, обертання тягача разом з ланкою $O'_0O'_1$ навколо центра O_0 з кутовою швидкістю ω_0 буде переносним, а обертання ланки $O'_0O'_1$ навколо центра O_1 з кутовою швидкістю ω_1 буде абсолютним.

Для возика напівпричепа ведучою ланкою є кістяк $O'_0O'_1$, який обертається з абсолютною кутовою швидкістю ω_1 навколо миттєвого центра O_1 . Возик переміщується разом з ведучою ланкою $O'_0O'_1$ і одночасно обертається з кутовою швидкістю $d\varphi_2/dt$ навколо осі, що проходить через точку O_2 ланки $O'_0O'_1$. З цього слідує, що возик напівпричепа здійснює також складний рух, тобто приймає участь у двох обертових протилежно направлених рухах відносно паралельних осей. Обертання ланки $O'_0O'_1$ разом з возиком з кутовою швидкістю ω_1 навколо центра O_1 буде переносним, а обертання возика з кутовою швидкістю $d\varphi_2/dt$ навколо центра O'_1 буде відносним. Обертання возика з кутовою швидкістю ω_2 навколо центра O_2 буде абсолютним.

Приймаючи до уваги відомі із кінематики залежності, а також результати роботи [8], отримаємо рівняння, що визначають кути складання ланок автопоїзда:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{v_A}{L \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_2 - \alpha\right)}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2 + \alpha)}} - \frac{v_{C_1} \cdot \operatorname{tg}\theta_{11}}{L_1} = 0 \quad (9)$$

а)



б)

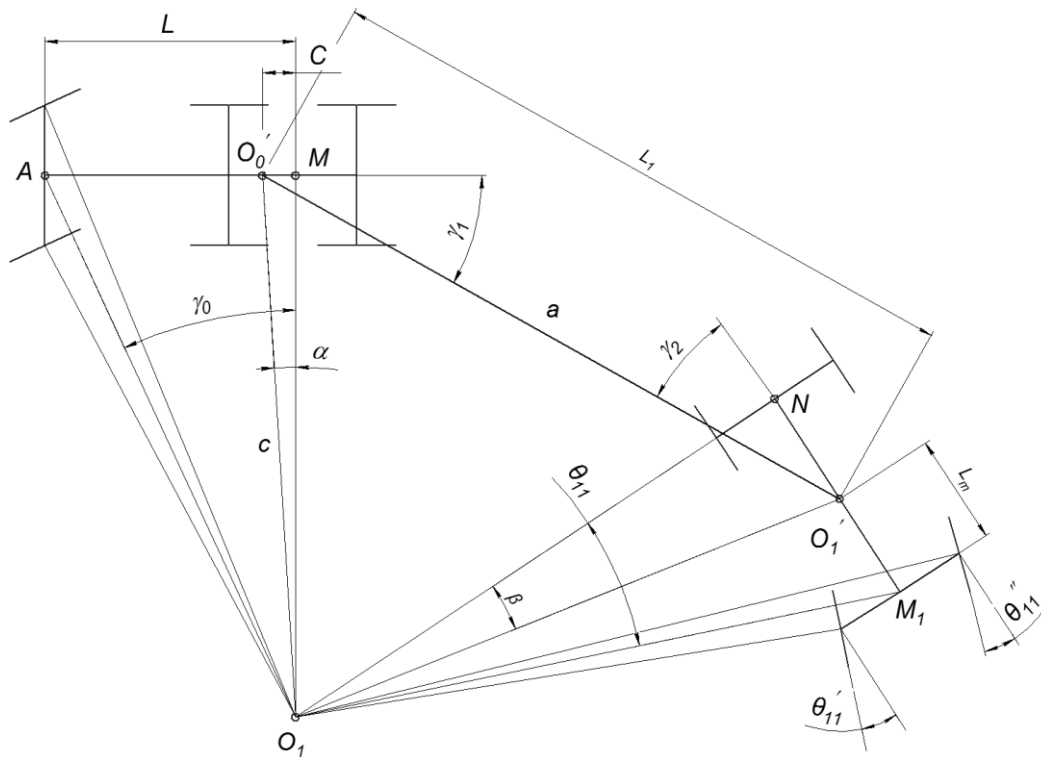


Рисунок 2 – Розрахункові схеми автопоїзда на неусталеному (а) і усталеному (б) повороті

$$\frac{d\varphi_2}{dt} - \frac{v_{C_1} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1\right)}{\frac{a_1 + b_1}{\operatorname{tg}\theta_{11}} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_2\right) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{b_1}{a_1 + b_1} \cdot \operatorname{tg}\theta_{11}\right)^2}} - \frac{v_A \cdot \sin(\varphi_1 + \varphi_2)}{L \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1\right)} = 0 \quad (10)$$

У наведеній системі рівнянь допоміжний кут α визначений як:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{c}{L} \quad (11)$$

Кути складання ланок автопоїзда і повороту керованої осі, які визначають собою передаточні відношення подвійного приводу управління, доцільно визначати за колового руху автопоїзда. У цьому випадку розрахункові формули для визначення кутів складання і кута повороту керованої осі напівпричепа визначаються геометричними параметрами ланок і задаючим параметром – кутом повороту відповідної ланки. Так, при русі вперед, коли в якості задаючого параметра прийняти кут повороту керованих коліс тягача, то

$$\varphi_1 = \arcsin \cdot \frac{L^2 - c^2}{2L_1 \cdot \sqrt{L^2 \cdot \operatorname{ctg}^2\theta + c^2}} - \operatorname{arctg} \frac{c}{L \cdot \operatorname{ctg}\theta} \quad (12)$$

$$\varphi_2 = \arcsin \cdot \frac{L_1^2 - c^2 + a^2}{2L_1 \cdot \sqrt{L^2 \cdot \operatorname{ctg}^2\theta + a^2}} - \operatorname{arctg} \frac{a}{L_T \cdot \operatorname{ctg}\theta} \quad (13)$$

$$\theta_{11} = \operatorname{arctg} \frac{L_1}{L_T \cdot \operatorname{ctg}\theta} \quad (14)$$

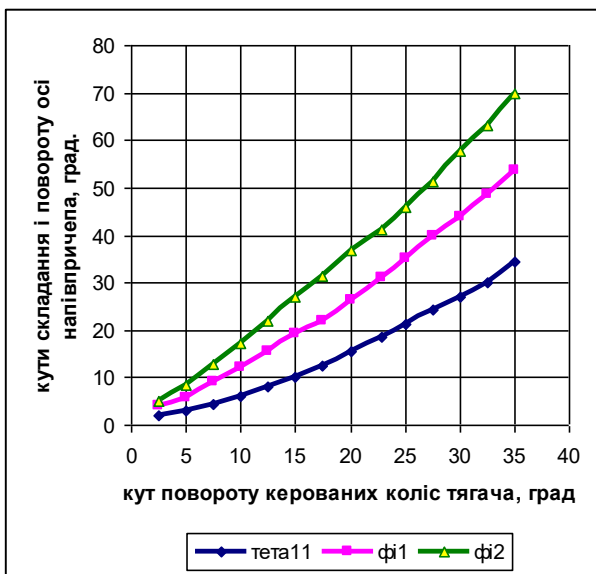
Кути складання ланок автопоїзда і повороту керованої осі напівпричепа дозволяють визначити передаточні відношення приводу системи подвійного управління. Зазвичай перше передаточне відношення приводу управління вибирають близьким до одиниці. Тоді друге передаточне відношення напівпричепа при русі вперед визначиться як:

$$u_2 = \frac{\theta_{11} + \varphi_1}{\varphi_2} \quad (15)$$

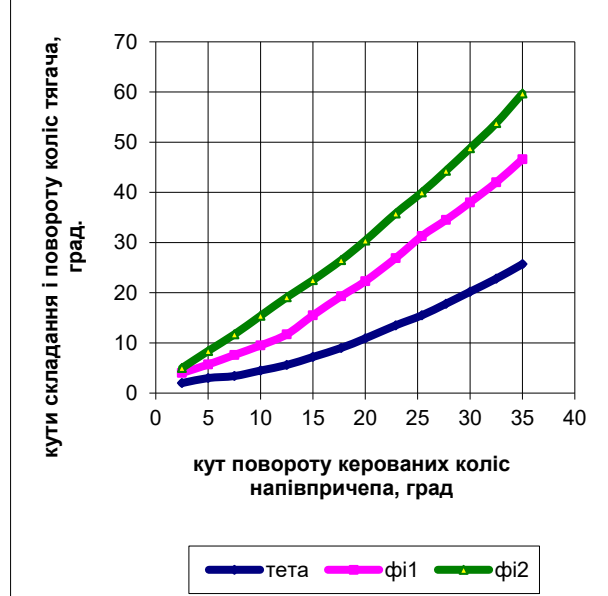
При русі заднім ходом передаточне відношення другої ступені приймаємо рівним одиниці. Тоді передаточне відношення першої ступені визначиться як:

$$u = \frac{\theta + \varphi_1}{\varphi_2} \quad (16)$$

Зважаючи на те, що передаточні відношення приводу управління u_1 і u_2 залежать від кутів складання ланок автопоїзда і задаючого кута, на рис. 3 у якості прикладу наведена залежність кутів складання і повороту керованих коліс автомобіля-тягача і напівпричепа за колового руху автопоїзда.



а)



б)

Рисунок 3 – Залежність кутів складання ланок автопоїзда і повороту керованих коліс при русі автомобіля вперед (а) і русі заднім ходом (б)

З наведеної залежності, рис. 3, слідує, що за інших сталих умов при русі заднім ходом кути складання автопоїзда дещо зменшуються. Пояснюється це тим, що база возика напівпричепа менша бази автомобіля-тягача.

За результатами розрахунків кутів складання і повороту керованої осі напівпричепа побудовані залежності передаточного відношення приводу управління до керованих коліс напівпричепа при русі вперед і тягача, при русі назад, рис. 4.

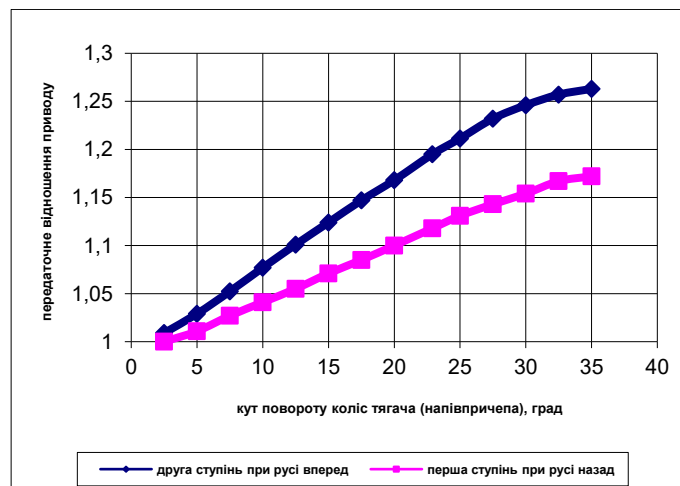


Рисунок 4 – Залежність передаточного відношення приводу управління від задаючого параметра – кута повороту керованих коліс тягача або возика напівпричепа

Аналіз наведених залежностей показує, що зі збільшенням кута повороту керованих коліс тягача (возика напівпричепа) збільшується і передаточне відношення приводу управління. Якщо прийняти до уваги, що привід управління повинен забезпечити нормовані показники маневреності (зовнішній габаритний радіус повороту приймався рівним $R_{зв}=12,5$ м), то передаточне відношення приводу управління за кута повороту керованих коліс тягача (возика напівпричепа) в межах 25...30° складе відповідно для другої ступені: 1,21...1,26 і першої ступені: 1,13...1,15.

Висновки. Показано, що стійкий рух автопоїзда заднім ходом за гібридної силової установки можна забезпечити за умови, що ведучою ланкою є возик напівпричепа, а веденою – автомобіль-тягач. Для такої схеми обрано тип приводу управління як напівприцепом, так і автомобілем-тягачем та визначені його передаточні відношення за нормованих показників маневреності.

1. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда. - М.: Транспорт, 1986. - 137 с.
2. Фаробин Я.Е. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок /Я.Е.Фаробин, В.С.Щупляков. - М.: Транспорт. 1983. - 200 с.
3. Сахно В.П. Гібридні багатоланкові автопоїзди /В.П. Сахно, В.М. Поляков, О.М. Тімков, С.М.Шарай, Г.О.Ковальчук //Матеріали III-ої міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-16 квітня 2015 року: збірник наукових праць/Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С.5-9.
4. Сахно В.П. Методика визначення агрегатів ГСУ та режимів їх роботи для вантажних автомобілів в залежності від умов експлуатації /В.П.Сахно, В.М.Поляков, О.М.Тімков, С.О.Іванов//Вісник НТУ «ХПІ», 2015, №10 (53). – С. 132-137.
5. Сахно В.П. Наукові основи створення гібридних автопоїздів з покращеними енергетичними характеристиками, прохідністю, маневреністю і стійкістю руху /В.П.Сахно, В.М.Поляков, О.М.Тімков, О.О.Лисенко //Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 19-21 жовтня 2015 року /Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С.219-220.
6. Сахно В.П. До створення гібридних автопоїздів з покращеними енергетичними характеристиками, прохідністю, маневреністю і стійкістю руху/В.П.Сахно, В.М.Поляков, О.М.Тімков, С.М.Шарай, О.О.Лисенко //Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. - №2(4). – С.128-134.
7. Сахно В.П. Аналіз криволінійного руху автопоїзда за подвійного приводу управління на передню вісь напівпричепа /В.П.Сахно, В.М.Поляков, В.М.Босенко, Д.Л.Мойся //Вісник Національного транспортного університету: – К.: НТУ, 2014. – Випуск 30. – С.330-338.
8. Сахно В.П. К определению передаточных отношений двойного привода управления полуприцепом /В.П.Сахно, В.М.Поляков, Д.М.Мойся, В.Н.Босенко //Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія Машиноприладобудування та транспорт. – Випуск 152/2014. – С. 52-55.

REFERENCES

1. Zakin, Ya. (1986). *Maneuverability of the vehicle and lorry convoy*. [Manevrennost avtomobilia i avtopoezda]. Moscow, Transport Pub. 137 p.
2. Farobin, Ya. & Schupliakov, V. (1983). *Exploitation properties value of the lorry convoys for international transportation* [Otsenka ekspluatatsionnykh svoistv avtopoezdov dlia mezhdunarodnykh perevozok]. Moscow, Transport Pub. 200 p.
3. Sakhno, V., Poliakov, V., Timkov, O., Sharai, S. & Kovalchuk, G. (2015). Hybrid multilink lorry convoys. [Hibrydni bahatolankovi avtopoizdy]. *Proc. III International scientific and practical conference «Modern technology and development perspectives of the automobile transport»*. [Materialy III mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasni tekhnologii ta perspektivy rozvytku avtomobilnoho transportu»]. Vinnytsia: VNTU, pp. 5-9.
4. Sakhno, V., Poliakov, V., Timkov, O. & Ivanov, S. (2015). Determination methodology of HSE units and their work regimes for lorries which depend on exploitation conditions. [Metodyka vyznachennia ahrehativ GSU ta rezhymiv ih roboty dlia vantazhnykh avtomobiliv v zalezhnosti vid umov ekspluatatsii]. *Bulletin of the NTU «KhPI»*. Vol. 10 (53), pp. 132-137.
5. Sakhno, V., Poliakov, V., Timkov, O. & Lysenko, O. (2015). Scientific foundations of hybrid lorry convoys creation with improved power characteristics, passability, maneuverability and motion stability. [Naukovi osnovy stvorennia hibrydnykh avtopoizdiv z pokrashchenymy enerhetychnymy kharakterystykamy, prohidnistiu, manevrenistiu i stiikistiu rukhu]. *Proc. VIII International scientific and practical conference «Modern technology and development perspectives of the automobile transport»*. [Materialy VIII mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasni tekhnologii ta perspektivy rozvytku avtomobilnoho transportu»]. Vinnytsia: VNTU, pp. 219-220.
6. Sakhno, V., Poliakov, V., Timkov, O., Sharai, S. & Lysenko, O. (2015). To creation of hybrid lorry convoys with improved power characteristics, passability, maneuverability and motion stability. [Do stvorennia hibrydnykh avtopoizdiv z pokrashchenymy enerhetychnymy kharakterystykamy, prohidnistiu, manevrenistiu i stiikistiu rukhu]. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*. Vol. 2 (4). Lutsk, Lutsk NTU Pub., pp. 128-134.
7. Sakhno, V., Poliakov, V., Bosenko, V. & Moisia, D. (2014). Analysis of lorry convoy curved motion for double drive management on semitrailer front axle. [Analiz kryvoliniinoho rukhu avtopoizda za podviinoho pryvodu upravlinnia na predniu vis napivprychepa]. *Bulletin of the National Transport University*. Vol. 30. Kyiv, NTU Publ., pp. 330-338.
8. Sakhno, V., Poliakov, V., Moisia, D. & Bosenko, V. (2014). To determination of gear ratios with double drive management of semitrailer. [K opredeleniiu peredatochnykh otnoshenii dvoynoho privoda upravleniia polupritsepom]. *Bulletin of the SevNTU. Seriya Mashynopryladobuduvannia ta transport*. Vol. 152, pp. 52-55.

V. Sakhno, V. Poliakov, R. Marchuk, V. Bosenko. Turn kinematics of hybrid lorry convoy with double drive management on semitrailer turning axle.

The purpose of this work is to determine drive management parameters of the hybrid lorry convoy when it move reverse.

It is known that one of the most important exploitation properties of lorry convoy is maneuverability.

For lorry convoy should be considered two major kinematic single parameters of maneuverability, that is overall traffic lane and able to move reverse.

When lorry convoy is moving reverse link trailer (semitrailer) is ahead (is the first link), and automobile (tractor vehicle) behind (is the second link). Due to the wrong driver actions traffic course becomes unstable, consequently some parameters are starting to grow indefinitely.

The task of providing lorry convoy movement with controlled semitrailer can be solved when make semitrailer as driving link in case of reverse movement and driven – automobile-tractor vehicle. This can be achieved by using hybrid strength equipment for lorry convoy. In this case, the power of the electric motor mounted on semitrailer dolly can be used not only to improve traction and speed properties, and to control semitrailer dolly by driving forward and reverse.

To achieve this purpose in the work the two fundamentally different management systems are considered:

- The scheme №1 – lorry convoy with controlled trailer links front axles;
- The scheme №2 - lorry convoy with controlled trailer links rear axles.

In this work are made the calculations for compose corners and turning of semitrailer controlled axles and based on these results built equations for drive management gear ratio to semitrailer controlled wheels for moving forward and tractor vehicle for motion back.

It is shown that with increasing the turning angle of tractor vehicle controlled wheels (semitrailer dolly) drive management gear ratio are also increased.

It is shown that stability reverse movement of lorry convoy for hybrid strength equipment can be achieved when semitrailer dolly is driving link and driven - automobile-tractor vehicle. For this scheme selected the type of semitrailer drive management as well as a automobile-tractor vehicle and determine its gear ratio for standardized maneuverability indicators.

Keywords: lorry convoy, drive management, hybrid power equipment, maneuverability, stability.

АВТОРИ:

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

ПОЛЯКОВ Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

МАРЧУК Роман Миколайович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Автомобілів та автомобільного господарства», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: postbox_marchuk@ukr.net

БОСЕНКО Володимир Миколайович, асистент кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

АВТОРЫ:

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

ПОЛЯКОВ Виктор Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

МАРЧУК Роман Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Автомобилей и автомобильного хозяйства», Национальный университет водного хозяйства и природопользования, e-mail: postbox_marchuk@ukr.net

БОСЕНКО Владимир Николаевич, ассистент кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

AUTHORS:

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

Viktor POLIAKOV, PhD in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

Roman MARCHUK, PhD in Engineering, Senior Lecturer of Automobiles and automobiles management Department, National University of Water Management and Nature Resources Use, e-mail: postbox_marchuk@ukr.net

Volodymyr BOSENKO, Assistant of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 19.04.2016р.