

Васильєв О.С.,  
Рогозін І.А.,  
Вірченко В.В.,  
Шаповал М.В.

Полтавський національний технічний  
університет імені Юрія Коштрапока,  
м. Полтава, Україна.  
E-mail: a.s.vasiliev.76@gmail.com

**РОЗРОБЛЕННЯ АВТОПОЇЗДА  
З АВТОМОБІЛЕМ-ТЯГАЧЕМ ТРЕТЬОГО КЛАСУ  
ТА СІДЕЛЬНО-ЗЧІПНИМ ПРИСТРОЄМ**

УДК 629.332

*Проаналізовано стан ринку автомобільних перевезень та структури перевізників, це дало можливість оцінити необхідні параметри транспортного засобу. Було встановлено, що за останні роки для комерційних потреб, зменшився середньодобовий пробіг та зменшилась вага вантажу для перевезень. Отже, оптимізація транспортних витрат потребує корегування автомобіля в бік зменшення вантажопідйомності та покращення універсальності. Закордонний досвід показав перспективність обраного напрямку для вдосконалення техніки.*

*На оптимізацію використання характеристик транспортного засобу (об'єм кузова, вантажопідйомність) і орієнтовано створення автопоїзда на базі малотоннажного вантажного автомобіля «Газель».*

*Універсальний сидельний тягач на базі автомобіля "Газель", що пропонується, є базовим шасі ГАЗ-3302, на якому змонтований сидельно-зчіпний пристрій. Він може працювати з напівпричепами будь-якого призначення: вантажна платформа, промтоварний і ізоітермічний фургон, рефрижератор, евакуатор легкового автотранспорту, причіп для перевезення коней і т. д.*

*Наведена також конструкція одпозахватного сидельно-зчіпного пристрою, що пропонується до встановлення на розроблюваний тягач.*

*Ключові слова: автопоїзд, автомобіль, сидельно-зчіпний пристрій, маневреність автомобіля.*

**Вступ.** За роки переходу нашої держави до ринкової економіки відбулися істотні зміни в структурі перевізників: замість декількох десятків великих транспортних підприємств з'явилися тисячі власників індивідуальних комерційних автомобілів. У цих умовах з 1990 року, по даним Міністерства транспорту, знизилася середньодобовий пробіг (з 132 до 73 км) і середня маса перевезеного вантажу (з 8,88 до 5,3 т), при цьому загальне число автомобілів виросло незначно – в основному за рахунок засобів малої (до 1,5 т) і великої (понад 8 т) вантажопідйомності. Основні перевезення, як і раніше, виконуються великовантажними автомобілями, хоча середня маса вантажу, перевезеного за рейс, різко впала [1].

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Сидельні автопоїзди мають переваги перед причіпними, тому що при тій же вантажопідйомності мають меншу довжину, менше піддаються вилянню, конструктивно більш прості й мають менший коефіцієнт металоемності. Крім того, використання сидельних автопоїздів дозволяє підвищити коефіцієнт пробігу, скоротити простой під навантаженням і розвантаженням за рахунок експлуатації його із двома або більше напівпричепами й саме головне – розширює можливості спеціалізації автопоїздів. Номінальна вантажопідйомність причіпного автопоїзда вище, ніж аналогічного сидельного автопоїзда, на 10...15 %, автомобіль-тягач є самостійною транспортною одиницею [2, 3].

Цей напрямок в автомобільній промисловості сьогодні розвивається дуже бурхливо [2, 3]. Досить сказати, що в Європі за останні п'ять років число автомобілів даного класу зросло на 53% і продовжує збільшуватися. Спостерігається зростання і в

інших частинах світу, але меншими темпами [4]. Наприклад, відомо, що в Північній Америці виробництво малотоннажних тягачів збільшилося на 7% [5]. Така різниця легко з'ясовна – за океаном виробництво подібних автопоїздів у масовому порядку почалося більше півстоліття назад, а в Європі відносно недавно, хоча саме тут з'явилися перші тягачі малої вантажопідйомності [6-8].

Малотоннажники, як правило, застосовують для перевезення легких, але об'ємних вантажів. Американці, наприклад, що працюють у сільському господарстві, перевозять на напівпричепі з пікапом брикетоване сіно, соломі й т.д. Виявляється, це в багато разів вигідніше, ніж використовувати більші вантажівки. Наймані сезонні перевізники коштують ще дорожче. Простіше взяти для цього власний пікап, що легко перетворюється в легку вантажівку.

Для початку хоча б приблизно спробуємо класифікувати такі автомобілі поза залежністю від їхньої вантажопідйомності. Чому? Відповідь проста. Наприклад, до автомобіля Volkswagen Taro вантажопідйомністю 995 кг можна причепити величезний напівпричіп повною масою 50 000 кг. При цьому навантаження на сидло тягача складе всього 1 кг, тому що осі напівпричепи розташовані точно посередині.

Ситуація смішна, але цілком можлива. Правда, у такому випадку ведуча ланка й, природно, весь автопоїзд будуть зовсім некерованими [9, 10]. У автомобіля й напівпричепи є кілька параметрів, які повинні повністю відповідати один одному та конструкції автомобіля, тому навантаження на сидло не повинно перевищувати вантажопідйомності автомобіля [11, 12].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** На оптимізацію використання характеристик транспортного засобу (об'єм кузова, вантажопідйомність) і орієнтовано створення автопоїзда на базі малотоннажного вантажного автомобіля «Газель».

**Основний матеріал і результати.** Універсальний сидельний тягач на базі автомобіля «Газель» (рис. 1), що пропонується, є базовим шасі ГАЗ-3302, на якому змонтований сидельно-зчіпний пристрій. Він може працювати з напівпричепами будь-якого призначення: вантажна платформа, промтоварний і ізоітермічний фургони, рефрижератор, евакуатор легкового автотранспорту, причіп для перевезення коней і т.д.

Досить перспективним є також застосування запропонованого автопоїзда для малих фермерських підприємств. Один автомобіль-тягач дозволяє, в залежності від виду напівпричепи (ємність, тентований причіп, відкрита платформа), виконувати різні задачі по перевезенню.

Запропонований напівпричіп – це металева зварена платформа з відкидними заднім і бічним бортами, комплектується дугами й тентом, висота з тентом до 1750 мм. Вантажопідйомність напівпричепи 5000 кг, споряджена маса 1050 кг. Повна маса автопоїзда 7300 кг.

Автопоїзд призначений для перевезення довгомірних вантажів (до 5,7 м) обмеженої ваги (до 5,0 т) в умовах адміністративно-територіальних обмежень, накладених на використання великовантажного транспорту з порівняною довжиною вантажної платформи (забезпечення будівництва й постачання організацій у центральній частині міста), невеликих партій будматеріалів (дошки, труби, арматури, утеплювач і т.п.), домашніх і офісних меблів у зібраному виді або нестандартних розмірах, просторових конструкцій промислового або декоративного призначення з легких сплавів, пластику або дерева. При цьому важливу роль повинна відігравати невелика (до 980 мм) навантажувальна висота напівпричепи.

Сидельно-зчіпні пристрої складаються із рознімно-зчіпного механізму; механізму, що забезпечує гнучкість автопоїзда; і деталей кріплення. Основною класифікаційною ознакою сидельно-зчіпних пристроїв є конструкція основної сполученої пари. За цією

ознакою розрізняються шкворневі пристрої й роликові. Шкворневі сидельно-зчіпні пристрої бувають одно- і двозахватні, автоматичні й напівавтоматичні, що не забезпечують і забезпечують усунення зазору з ручним або автоматичним його регулюванням.

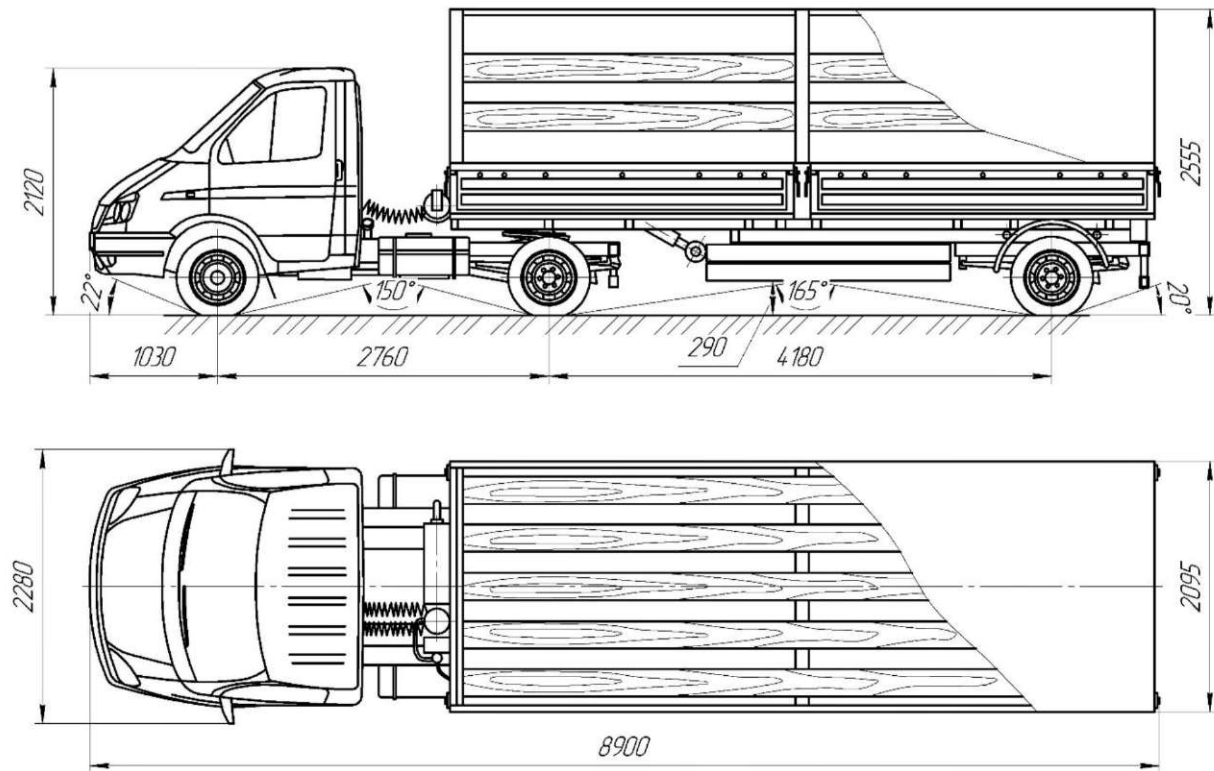


Рис. 1 – Загальний вигляд автопоїзда із зазначенням основних розмірів

На рис. 2 представлена конструкція однозахватного сидельно-зчіпного пристрою, що пропонується до встановлення на розроблюваний тягач.

Сидельно-зчіпний пристрій кріпиться до рами за допомогою опор 4 і 6 сидла. До опор кріпиться сидло 1 за допомогою кронштейнів 2. Опори сидла опираються на подушки 3, які розташовуються в гніздах сидла. Поворот сидла щодо опор здійснюється за рахунок ковзання основи подушки по головках опор при навантаженні на сидло не менш 5 кН. Під сидлом розташований рознімно-зчіпний механізм, що складається із захвата 14, опори 13, запірнього кулака 7 і засувки 12 із пружиною 11. Захват повертається на осі 5. У зчепленому положенні фігурною виїмкою захват 14 надійно закріплюється за шворінь напівпричепа й блокується запірнім кулаком 7 від повертання.

Для розчеплення автомобіля-тягача з напівприцепом рукоятка 8 витягається до упора, при цьому запірний кулак звільняє захват. У відведеному положенні запірний кулак утримується засувкою 12.

При русі тягача вперед шворінь напівпричепа повертає захват по годинниковій стрілці. При цьому захват своїм торцем натискає на засувку й повертає її, звільняючи запірний кулак, що, переміщуючись під дією пружини 9, упирається в торець захвата й утримує його у відкритому положенні. Зчеплення автомобіля-тягача з напівприцепом здійснюється автоматично.

Найбільш несприятливими з погляду навантажень на деталі зчіпного пристрою є режими руху автопоїздів з різким прикладанням до їхніх коліс тягових або гальмових сил. На таких режимах руху виникають значні навантаження, викликані вільними поздовжніми коливаннями ланок.

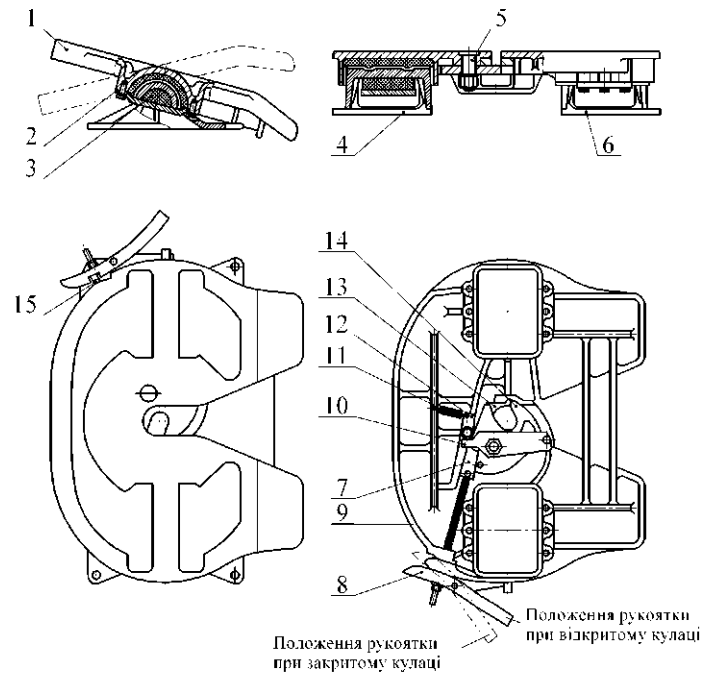


Рис. 2 – Схема однозахватного сідельно-зчіпного пристрою

Навантаження на деталі зчіпних пристроїв залежать від ряду конструктивних і експлуатаційних факторів. До конструктивних факторів відносяться твердість пружного зв'язку, розміри зазорів у зчіпних пристроях, маси ланок автопоїзда та їхнє співвідношення. Зі збільшенням твердості пружного зв'язку й зазорів у зчіпних пристроях характер динамічної взаємодії між ланками автопоїзда все більше наближається до ударного. На деталі зчіпних пристроїв діють максимальні навантаження, коли сили тяги на колесах тягача досягають граничних значень по зчепленню ведучих коліс із дорогою. За розрахункове приймається навантаження,  $H$ ,

$$F'_{sp \max} = 0,5 \cdot G_n, \quad (1)$$

де  $G_n$  – сила тяжіння напівпричепа,

$$G_n = 6250 \cdot 9,81 = 61250 \text{ Н}. \quad (2)$$

Перевіримо на міцність вісь захвата сідельно-зчіпного пристрою. Складемо розрахункову схему (рис. 3). Згідно з нею на захват діють наступні сили:

$F_1 = 0,5 \cdot F'_{sp \max} = 0,5 \cdot 61,25 = 30,63 \text{ кН}$  – сила тяги напівпричепа, що передається на захват від шкворня;

$F_2$  – сила фіксації захвата запірним кулаком;

$F_3$  – реакція, що виникає в осі захвата.

Розглянемо рівновагу захвата, кН,

$$\sum M_0 = 0; \quad 75 \cdot F_1 - 32 \cdot F_2 = 0; \quad (3)$$

$$F_2 = \frac{75}{32} F_1 = \frac{75}{32} 30,63 = 62,08.$$

Для визначення невідомої реакції в осі захвата побудуємо план сил (див. рис. 3). З нього маємо  $F_3 = 56,38 \text{ кН}$ .

Розрахункова формула для забезпечення міцності осі на зрізання у нашому випадку матиме вигляд:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} [\tau_{zp}] \geq F_3. \quad (4)$$

де  $d = 0,045$  м – діаметр осі;  $[\tau_{зр}] = 80$  МПа – припустиме напруження на зрізання для сталі 45.

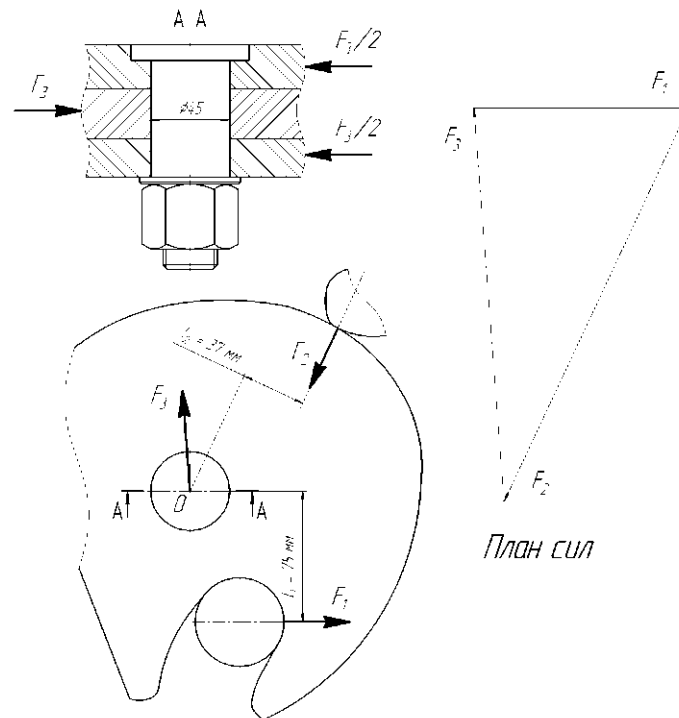


Рис. 3 – Розрахункова схема захвата сидельно-зчіпного пристрою

У нашому випадку маємо, Н,

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} [\tau_{зр}] = \frac{3,14 \cdot 0,045^2}{4} 80 \cdot 10^6 = 127170 \geq I'_3 = 56380, \quad (5)$$

Отже, міцність осі захвата сидельно-зчіпного пристрою на зрізання забезпечується.

**Висновки.** Було запропоновано конструкцію автопоїзда на базі малотоннажного вантажного автомобіля «Газель» вантажопідйомністю 5 т, що дозволить оптимізувати потребу в перевезеннях невеликих фірм. Конструкція сидельно-зчіпного пристрою дає можливість зміни типу напівпричепа, що в свою чергу дозволить розширити номенклатуру вантажів для перевезення.

### Література:

1. Сахно В.П. До визначення показників стійкості автопоїзда-контейнеровоза у прямолінійному русі / В.П.Сахно, Р.М. Кузнецов, Р.М. Марчук, В.П. Онищук // Вісник СевНТУ: Збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 121. – С. 3–6.
2. Сахно В.П. До визначення показників маневреності і стійкості руху автопоїзда-контейнеровоза / В.П. Сахно, Р.М. Марчук, В.П. Онищук, В.М. Придюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2010. – №2(53). – С. 127–134.
3. Schmid I. Engineering Approach to Truck and Tractor Train Stability / I. Schmid // SAE Transactions. – 1968. – vol. 76. – P. 1–26.
4. Song N. Analysis on Lateral Stability of Semi-trailer Train Running along a Curve / N. Song, J. Su, D. Wang, H. Liu // Journal of Highway and Transportation Research and Development. – 2010. – Vol. 2. – P. 211–218.
5. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles / J. Y. Wong. – John Wiley & Sons Inc., 2008. – 559 p.

6. Сахно В.П. До визначення показників стійкості автопоїзда-контейнеровоза/ В.П. Сахно, Р.М. Кузнецов, Р.М. Марчук, В.П. Онишук // Проблеми транспорту: Збірник наукових праць. – Київ: НТУ, 2011. – Вип. 8. – С. 157–165.
7. Бондаренко А.Є. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на показники стійкості автопоїзда у неусталених режимах руху / А.Є.Бондаренко // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч. 1. – К.: НТУ, 2008. – Вип. 17. – С. 101–108.
8. Kang X. Vehicle-Trailer Handling Dynamics and Stability Control – an Engineering Review / X. Kang, W. Deng // SAE Technical Paper. – 2007. – 2007-01-0822. – p. 12. DOI: 10.4271/2007-01-0822.
9. Hyun D. Modeling to Predict Rollover Threat of Tractor-Semitrailers / D. Hyun, R. Langari // Vehicle System Dynamics. 2003. – Vol. 39(6). – P 401–414. <http://dx.doi.org/10.1076/vesd.39.6.401.14596>.
10. Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
11. Селиванов И.И. Специализированные автомобили и автопоезда / И.И. Селиванов, М. И. Серебряный. – М.: Машиностроение, 1964. – 213 с.
12. Slivinskij E.V. Upgrade Hitch for Lightweight Road Trains / E.V. Slivinskij, S.Y. Radin, I.N. Gridchina, E.V. Pakhomova // International Journal of Traffic and Transportation Engineering. – 2014. – Vol. 3(2). – P. 119–131.

### Summary

**O. Vasyliiev, I. Rohozin, V. Virchenko, M. Shapoval** Development of the road train with three-class tractor unit and the fifth-wheel coupling.

*The analysis of the road transport market state and the carriers structure was made, it gave an opportunity to evaluate the necessary parameters of the vehicle. It has been found that in recent years for commercial needs the average daily mileage and the weight of cargo for transportation has decreased. Consequently, optimizing transport costs requires adjusting the vehicle in the direction of reducing load capacity and improving universality. Foreign experience has shown the perspective of the chosen direction for the technology improvement.*

*The road trains with a fifth-wheel coupling have advantages over the road trains with a ball hitch, because at the same load carrying capacity they have a smaller length, a less hunting, a simpler construction and a lower coefficient of metal intensity. In addition, the use of the road trains with a fifth-wheel coupling allows you to increase the running speed, reduce the idle time under load and unloading due to its operation with two or more semitrailers and, most importantly, extends the possibilities of the road trains specialization.*

*It was focused on the creation of a road train on the basis of a small-tonnage truck "GAZelle" for the use optimize of the vehicle characteristics (body space, loading capacity).*

*It offered the multipurpose road train with a fifth-wheel coupling on the basis of the "GAZelle" vehicle. This one is the GAZ-3302 base chassis, on which the fifth-wheel coupling is mounted. It can work with semi-trailers of any destination: cargo platform, industrial and isothermal vans, refrigerator, road vehicle tow truck, horse trailer, etc.*

*It is also promising to use the proposed road train for small farms. One tractor unit vehicle allows, depending on the type of semitrailer (tank trailer, tilt trailer, open platform), to perform various transportation tasks.*

*The proposed semi-trailer is a metal welded platform with folding rear and side boards, complete with arches and awning, height with a tent to 1750 mm. The carrying capacity of a semi-trailer is 5000 kg, the unladen weight is 1050 kg. The total weight of the trailer is 7300 kg.*

*The road train is intended for transportation of a long loadings (up to 5.7 m) of limited weight (up to 5.0 t) in the conditions of administrative-territorial restrictions imposed on the use of heavy transport with a big length of the cargo platform (provision of construction and supply of organizations in the central part of the city), small batches of building materials (boards, pipes, fittings, insulation, etc.), home and office furniture in the assembled kind or non-standard sizes, spatial structures of industrial or decorative purpose from the light-metal alloys, plastic or wood. In this case, the small (up to 980 mm) loading height of the semi-trailer should play an important role.*

*The design of the single-handed fifth-wheel coupling is also reviewed. It is proposed for installation on the developed tractor unit.*

**Keywords:** road train, vehicle, fifth-wheel coupling, cornering ability.

### References

1. Sakhno V.P. Do vyznachennia pokaznykiv stiikosti avtopoizda-konteinerovoza u priamoliniinomu rusi / V.P.Sakhno, R.M. Kuznietsov, R.M. Marchuk, V.P. Onyshchuk // Visnyk SevNTU: Zbirnyk naukovykh prats. – 2011. – Vyp. 121. – S. 3–6.
2. Sakhno V.P. Do vyznachennia pokaznykiv manevrenosti i stiikosti rukhu avtopoizda-konteinerovoza / V.P. Sakhno, R.M. Marchuk, V.P. Onyshchuk, V.M. Prydiuk // Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. – 2010. – №2(53). – S. 127–134.
3. Schmid I. Engineering Approach to Truck and Tractor Train Stability / I. Schmid // SAE Transactions. – 1968. – vol. 76. – P. 1–26.
4. Song N. Analysis on Lateral Stability of Semi-trailer Train Running along a Curve / N. Song, J. Su, D. Wang, H. Liu // Journal of Highway and Transportation Research and Development. – 2010. – Vol. 2. – P. 211–218.
5. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles / J. Y. Wong. – John Wiley & Sons Inc., 2008. – 559 p.
6. Sakhno V.P. Do vyznachennia pokaznykiv stiikosti avtopoizda-konteinerovoza/ V.P. Sakhno, R.M. Kuznietsov, R.M. Marchuk, V.P. Onyshchuk // Problemy transportu: Zbirnyk naukovykh prats. – Kyiv: NTU, 2011. – Vyp. 8. – S. 157–165.
7. Bondarenko A.Ie. Vplyv konstruktyvnykh i ekspluatatsiinykh faktoriv na pokaznyky stiikosti avtopoizda u neustalenykh rezhymakh rukhu / A.Ie.Bondarenko // Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu: V 2-kh chastynakh: Ch. 1. – K.: NTU, 2008. – Vyp. 17. – S. 101–108.
8. Kang X. Vehicle-Trailer Handling Dynamics and Stability Control – an Engineering Review / X. Kang, W. Deng // SAE Technical Paper. – 2007. – 2007-01-0822. – p. 12. DOI: 10.4271/2007-01-0822.
9. Hyun D. Modeling to Predict Rollover Threat of Tractor-Semitrailers / D. Hyun, R. Langari // Vehicle System Dynamics. 2003. – Vol. 39(6). – P. 401–414. <http://dx.doi.org/10.1076/vesd.39.6.401.14596>.
10. Litvinov A.S. Avtomobil: Teoriya ekspluatatsionnyih svoystv / A.S. Litvinov, Ya.E. Farobin. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 240 s.
11. Selivanov I.I. Spetsializirovannyye avtomobili i avtopoezda / I.I. Selivanov, M. I. Serebryanyiy. – M.: Mashinostroenie, 1964. – 213 s.
12. Slivinskij E.V. Upgrade Hitch for Lightweight Road Trains / E.V.Slivinskij, S.Y. Radin, I.N. Gridchina, E.V. Pakhomova // International Journal of Traffic and Transportation Engineering. – 2014. – Vol. 3(2). – P. 119–131.