

УДК 629.113
УДК 629.113

DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.1-162-173

ДО ПИТАННЯ ЩОДО КОМПЛЕКТАЦІЇ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПОМ КАТЕГОРІЇ O₂

TO THE ISSUE OF EQUIPPING A CATEGORY O₂ TRAILER TRAIN



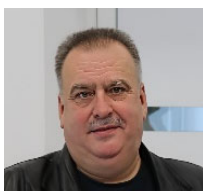
Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів.
e-mail: syp_40@ukr.net, тел. +38 0676655344,

<https://orcid.org/0000-0002-5144-7131>



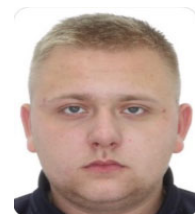
Онищук Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент, Луцький Національний технічний університет, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій. e-mail: v.onyshchuk@lntu.edu.ua, тел. +38 0953905439

<https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>



Стельмащук Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, Луцький національний технічний університет, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій. email: v.stelmashchuk@lutsk-ntu.com.ua, тел. +38 0997317891

<https://orcid.org/0000-0003-3813-3143>



Стельмащук Станіслав Валерійович, аспірант другого року навчання кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: stanislav0077@ukr.net, тел. +38 0506330038

<https://orcid.org/0009-0009-6981-1040>

Анотація. За останні роки підприємствами та приватними виробниками України освоєно виробництво широкої гами причіпної техніки. На сьогодні виробниками причепів представлений широкий асортимент різноманітних конструкцій, зокрема такі, що мають великі розміри та міцні борти. Завдяки цьому в пристроях можна перевозити не тільки об'ємні вантажі, але й ті, що не рекомендуються до транспортування в салоні автомобіля. Причіп, зокрема багатофункціональний, стане незамінним при перевезенні будівельних матеріалів, вивезенні сміття та інших відходів після ремонту, транспортуванні важкого приладдя, офісних та побутових меблів тощо.

При виготовленні багатофункціональних причепів типу ПВБФ використовуються основні комплектуючі вироби (ходова і гальмова системи, зчіпні пристрої, стоянкові стояки, лебідки, елементна база закріплення бортів та дверей і т.і.) виробництва фірм «Knott», «AI-Ко Kober», «Reynolds transport systems (Europe)», «Aluvan» та ін., які відповідають сучасним сертифікаційним вимогам. Для цих причепів визначені узагальнюючі характеристики масових і габаритних параметрів п'яти основних груп типорозмірного ряду, що розрізняються за повною масою (1500, 2000,.....3500 кг) і базою причепа (2500....5000 мм). Приймаючи до уваги, що маса причепа не повинна перевищувати масу тягового автомобіля, для кожної групи типорозмірного ряду можна підібрати свій тяговий автомобіль.

При виборі тягового автомобіля слід виходити з умови забезпечення руху автопоїзда з максимальною швидкістю. За цієї умови визначена максимальна потужність двигуна тягового автомобіля для автопоїзда з повною масою причепа від 1500 до 3500 кг. Отримана потужність двигуна автопоїзда для усього типорозмірного ряду причепів значно менша реальної потужності двигуна тягових автомобілів. Тому тяговий автомобіль необхідно вибрати за масовими показниками із автомобілів, які експлуатуються в Україні.

Ключові слова: автомобіль, багатофункціональний причіп, автопоїзд, типорозмірний ряд, маса, швидкість, потужність

Вступ. За останні роки підприємствами та приватними виробниками України освоєно виробництво широкої гами причіпної техніки. Виробництво причіпної техніки обумовлено значним різноманітним та специфічним вантажів, необхідністю відповідати міжнародним вимогам по розмірам та масовим параметрам, по забезпеченню безпечних умов експлуатації. Організація цих вимог в комплексі визначає конструктивні особливості того чи іншого транспортного засобу. Розробка нових конструкцій причепів та оновлення уже освоєних конструкцій ведеться на високому технічному рівні, що досягається за рахунок модернізації та створення нових вузлів, агрегатів і систем, використання зарубіжних та вітчизняних комплектуючих і матеріалів.

На сьогодні виробниками причепів представлений широкий асортимент різноманітних конструкцій, зокрема такі, що мають великі розміри та міцні борти. Завдяки цьому в пристроях можна перевозити не тільки об'ємні вантажі, але й ті, що не рекомендуються до транспортування в салоні автомобіля. Причіп стане незамінним при перевезенні будівельних матеріалів, вивезенні сміття та інших відходів після ремонту, транспортуванні важкого приладдя, офісних та побутових меблів тощо.

У зв'язку з впровадженням в Україні Правил ЄЕК ООН, необхідністю врахування Директив Європейського Союзу (ЄС) стосовно дорожніх транспортних засобів (ДТЗ), а також дотримання чинних міжнародних угод щодо вантажних перевезень змінились вимоги до автомобільних причепів та напівпричепів (АПН), зокрема вимоги щодо забезпечення стійкості автопоїзда як в тяговому так і в гальмівному режимі. Особлива увага при цьому приділяється причепам категорії O_1 і O_2 , які знайшли широке розповсюдження у приватному секторі.

Причепа категорії O_1 , це причепа з повною масою до 0,75 т, а причепа категорії O_2 — ті самі причепа та напівпричепа, (за винятком причепів категорії O_1) з повною масою до 3,5 т [1]. Ці причепа призначені до транспортування, як правило, пасажирськими автомобілями категорії M1 і вантажними автомобілями категорії N1, вибір яких є актуальним для споживачів.

Мета публікації полягає у виборі та обґрунтуванні потужності тягового автомобіля для автопоїзда з причепом категорії O_2 .

У табл. 1 наведені основні параметри і розміри моделей причепів типу ПВБФ.

Таблиця 1 – Основні параметри і розміри моделей причепів типу ПВБФ
Table 1 – Main parameters and dimensions of models of trailers of the PVBF type

Назва параметру, розміру 1	Одиниця виміру 2	Норма для основних груп типорозмірного ряду				
		09	12	15	18	21
		3	4	5	6	7
1 Швидкість руху v_a по дорогам 1 і 2 категорій, не менше	км/год	90				
2 Діапазон величини номінальної вантажопідйомності $G_{н.пр}$	кг	900- -1100	1300- 1500	1700- 2000	2200- 2400	2600- 2800
3 Маса повна $G_{п.пр}$, не більше	кг	1500	2000	2500	3000	3500
4 Діапазон величини навантаження на зчіпну кулю $P_{зч.пр}$: – дозволеної – рекомендованої	Н (кгс)	240-980 (25-100) 540-980 (55-100)				
5 Діапазон висоти центра зчіпної кулі до о.п. $h_{зг.пр}$	мм	350-420				
6 Кількість ходових осей у ходовому візку	шт	2				
7 Кількість коліс	шт	4 + 1				
8 Діапазон величини бази: – причепа $L_{пр}$ – візка $L_{хв}$	мм	2500—5000 620—1000				
9 Діапазон величини колії $k_{к.пр}$	мм	1200—2200				
10 Вільна довжина дишла $l_{вдш.пр}$, не менше	мм	1100				
11 Діапазон величини навантажувальної висоти $h_{нав.пр}$	мм	550—1300				
12 Діапазон величини завантажувальної висоти $h_{зав.пр}$	мм	850—2000				
13 Мінімальний дорожній просвіт	мм	160				
14 Мінімальний кут заднього звису $\gamma_{з.пр}$	град	10				
15 Габаритна довжина $L_{габ.пр}$, не більше	мм	12000				

Назва параметру, розміру 1	Одиниця виміру 2	Норма для основних груп типорозмірного ряду				
		09	12	15	18	21
		3	4	5	6	7
16 Габаритна ширина $S_{\text{габ.пр}}$, не більше	мм	2300				
17 Габаритна висота $H_{\text{габ.пр}}$, не більше	мм	3000				
18 Граничні кути гнучкості автопоїзда, не менше: – у горизонтальній площині $\alpha_{\text{гн.а}}$ – у вертикальній повздовжній площині $\beta_{\text{гн.а}}$ – у вертикальній поперечній площині $\beta_{\text{гнп.а}}$	град	60 25 25				
19 Поперечна статична стійкість $h_{\text{цм.пр}}/k_{\text{к.пр}}$: – для усіх типів, крім самоскидів і цистерн	мм/мм	0,725				

Як слідує з даних табл. 1, загальна повна маса причепа знаходиться в межах 1500 – 3500 кг. Приймаючи до уваги, що маса причепа не повинна перевищувати масу тягового автомобіля, для кожної групи типорозмірного ряду можна підібрати свій тяговий автомобіль.

При виборі тягового автомобіля будемо виходити з умови забезпечення руху автопоїзда з максимальною швидкістю.

Потужність двигуна тягового автомобіля $N_{\text{ев}}$ можна визначити із рівняння потужнісного балансу автопоїзда при його русі зі швидкістю 25 м/с (90 км/год) [3]:

$$N_{\text{ев}} = \frac{m_a g \psi_v v_{\text{max}} + k_w A_{\text{л}} v_{\text{max}}^3}{1000 \eta_{\text{тр}}}, \quad (1)$$

де ψ_v – коефіцієнт опору дороги за максимальної швидкості v_{max} автомобіля; $\psi_v = 0,025$;

m_a – маса автопоїзда, $m_a = 2m_{\text{п}}$, де $m_{\text{п}}$ – маса причепа для кожної групи типорозмірного ряду; для п'ятого типорозмірного ряду $m_a = 5000$ кг;

v_{max} – максимальна швидкість руху автопоїзда, $v_{\text{max}} = 25$ м/с;

k_w – коефіцієнт опору повітря автопоїзда, $k_w = 0,45$ Нс²/м⁴;

$A_{\text{лпр}}$ – площа поперечного перерізу причепа ($A_{\text{лпр}} > A_{\text{ла}}$),

$A_{\text{лпр}} = B_{\text{габ.пр}} \times H_{\text{габ.пр}} = 6,9$ м²;

$\eta_{\text{тр}}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії тягового автомобіля, $\eta_{\text{тр}} = 0,92$.

На рис. 8 наведено графік залежності потужності двигуна тягового автомобіля від максимальної швидкості руху автопоїзда кожної групи типорозмірного ряду причепів.

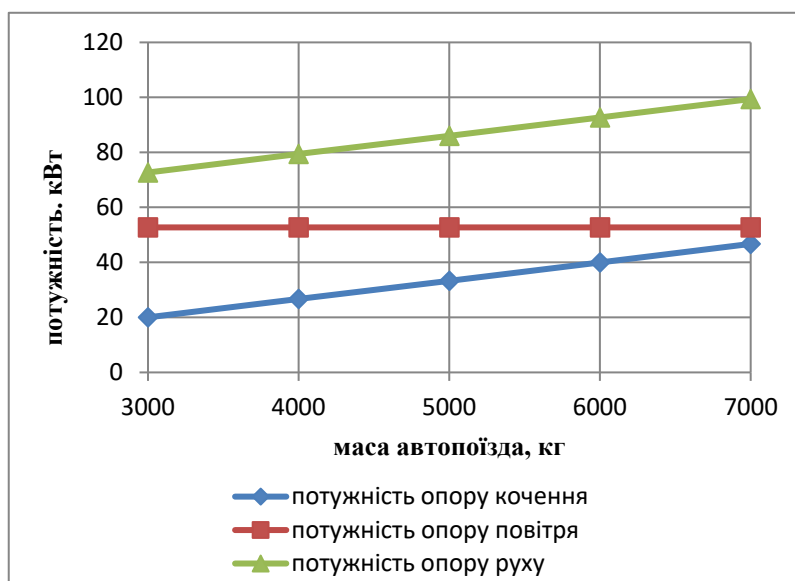


Рисунок 8 – Залежність потужності двигуна тягового автомобіля від маси автопоїзда
Figure 8 – Dependence of the engine power of the traction vehicle on the mass of the road train

Як слідує з наведеного графіка, отримана потужність двигуна значно менша реальної потужності тягових автомобілів. Тому тяговий автомобіль необхідно вибрати за масовими показниками із автомобілів, які експлуатуються в Україні.

Висновки і рекомендації

1. Визначені узагальнюючі характеристики масових і габаритних параметрів п’яти основних груп типорозмірного ряду багатофункціональних причепів, що розрізняються за повною масою (1500, 2000,.....3500 кг) і базою причепа (2500.....5000 мм). За умови, що маса причепа не повинна перевищувати масу тягового автомобіля, для кожної групи типорозмірного ряду необхідно підібрати свій тяговий автомобіль.

2. Визначена потужність двигуна автопоїзда для усього типорозмірного ряду причепів та показано, що вона значно менша реальної потужності двигуна тягових автомобілів. Тому не доцільно підбирати тяговий автомобіль для автопоїзда з причепом категорії O2 за потужністю двигуна.

3. Приймаючи до уваги, що маса причепа не повинна перевищувати масу тягового автомобіля, для кожної групи типорозмірного ряду тяговий автомобіль необхідно вибрати за його масовими показниками.

Перелік посилань

1. Xue-lian Zheng, Hao Zhang, Yuan-yuan Ren, Ze-hong Wei and Xi-gang Song. Rollover stability analysis of tank vehicles based on the solution of liquid sloshing in partially filled tanks//Advances in Mechanical Engineering 2017, Vol. 9(6) 1–26. DOI: 10.1177/1687814017703894
2. Wuhong W, Wei Z, Hongwei G, et al. A safety-based behavioural approaching model with various driving characteristics. Transport Res C: Emer 2011; 19:1202–1214.
<https://doi.org/10.1177/1687814017703894>
3. [Tran Van Nhu](#), [Nguyen Xuan Ngoc](#), [Vu Van Tan](#), [Dang Tien Phuc](#) Rollover stability analysis of liquid tank truck taking into account the road profiles//[Journal of Applied Engineering Science](#) 2022, vol. 20, br. 4, str. 1133-1142
DOI: [10.5937/jaes0-36578](https://doi.org/10.5937/jaes0-36578)
4. M.F. Younes, Y.K. Younes, M. El-Madah, I.M. Ibrahim, E.H. El-Dannan
An experimental investigation of hydrodynamic damping due to vertical baffle arrangements in a rectangular tank//Proc. IMechE. Part M: J. Eng. Maritime Environ., 221 (2007), pp. 115-123
DOI:[10.1243/14750902JEME59](https://doi.org/10.1243/14750902JEME59)
5. Yukun Chen, Zehong Deng, Yueshe Wang FREE LIQUID SURFACE SLOSHING IN A TANK OF A MOVING VEHICLE AND ITS SUPPRESSION//InterfacPhenomHeatTransfer. Volume 8, Issue 2, 2020, pp. 147-163. DOI: 10.1615/InterfacPhenomHeatTransfer.2020034199
6. Theory and experiments on driving stability of tank trucks under dangerous working conditions/
Di Yu , Xiansheng Li , Hongfei Liu , Yuanyuan Ren , Jianghui Dong , Liping Wang//Journal of Vibroengineering, Vol. 17, Issue 5, 2015, p. 2521-2534.
<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=the+stability+of+tank+vehicles>
8. Rakheja, S. and Ranganathan, R., Estimation of the Rollover Threshold of Heavy Vehicles Carrying Liquid Cargo: a Simplified Approach, Heavy Vehicle Systems, Int. J. of Vehicle Design, Vol. 1, No. 1 pp. 79-98, 1993. https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1993_207_185_02
8. Rakheja, S., Estimation of Rollover Threshold of Partially Filled Tank Trucks. Pro. Inst. Mech. Engrs, Vol. 205, Part D: Journal of Automobile Engineering, pp. 69-71, 1991.
https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1993_207_185_02
9. Bohn, P. F., Butler, M. C. and Dunkle, H. D. et al., Computer Simulation of the Effect of Cargo Shifting on Articulated Vehicles Performing Braking and Cornering Maneuvers, Vol. 1, Executive Summary, The John Hopkins University, May 1981
<https://trid.trb.org/view/172290>.
10. Шарнірно-зчленовані автобуси. Маневреність та стійкість: монографія//В.П. Сахно, В.М. Поляков, С.М. Шарай, І.С. Мурований, О.Є. Омельницькій. –Луцьк :ІВВ Луцького НТУ, 2021. - 288 с. ISBN 978-617-672-243-4.
11. Сахно В.П. До визначення параметрів закону управління причіпною ланкою шарнірно-зчленованого автобуса особливо великої місткості/ В.П.Сахно, О.А. Веремчук, М.І. Загороднов, В.М. Сондак В.М. // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ЦНЦ ТАУ. –2003. Окремий випуск №6. С.145-150.

TO THE ISSUE OF EQUIPPING A CATEGORY O2 TRAILER TRAIN

Volodymyr Sakhno, Doctor of Engineering Sciences, Professor, National Transport University, Head of Automobiles Department, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua, +38 0676655344, <https://orcid.org/0000-0002-5144-7131>, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7003877014>
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/25153362>

Vasyl Onyshchuk, Ph.D., Associate Professor, Lutsk National Technical University, Head of the Department of Automobiles and Transport Technologies. tmail: v.onyshchuk@lntu.edu.ua, Tel: +38 0953905439.
<https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>,
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57200140097>
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AEY-0109-2022>

Valeriy Stelmashchuk, Ph.D., Associate Professor, Lutsk National Technical University, Associate Professor at the Department of Automobiles and Transport Technologies. email: v.stelmashchuk@lutsk-ntu.com.ua, Tel: +38 0997317891.
<https://orcid.org/0000-0003-3813-3143>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193578438>
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAB-4486-2019>

Stanislav Stelmashchuk, a second-year postgraduate student at the Department of Cars and Transport Technologies, Lutsk National Technical University. email: stanislav0077@ukr.net, Phone: +38 0506330038
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6981-1040>
<https://orcid.org/0000-0003-3813-3143>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193578438>
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/AAB-4486-2019>

Summary. In recent years, enterprises and private manufacturers of Ukraine have mastered the production of a wide range of trailers. Today, trailer manufacturers offer a wide range of various designs, including those with large dimensions and strong sides. Thanks to this, the devices can transport not only bulky goods, but also those that are not recommended for transportation in the car cabin. The trailer, in particular a multifunctional one, will become indispensable for the transportation of construction materials, the removal of garbage and other waste after repairs, the transportation of heavy equipment, office and household furniture, etc. In the production of multi-functional trailers of the PVBF type, the main component products (running and braking systems, coupling devices, parking risers, winches, element base for fixing sides and doors, etc.) manufactured by the companies "Knott", "AI-Ko Kober", "Reynolds transport systems (Europe)", "Aluvan", etc., which meet modern certification requirements. For these trailers, the general characteristics of the mass and dimensional parameters of the five main groups of the standard size series, which differ in gross weight (1500, 2000,.....3500 kg) and trailer base (2500...5000 mm), are defined. Taking into account that the weight of the trailer should not exceed the weight of the towing vehicle, you can choose your own towing vehicle for each group of the size series. When choosing a traction vehicle, you should proceed from the condition of ensuring the movement of the road train at maximum speed. Under this condition, the maximum engine power of the traction vehicle for a road train with a trailer weight of 1,500 to 3,500 kg is determined. The obtained power of the motor train engine for the entire standard-sized series of trailers is significantly less than the real power of the traction vehicle engine. Therefore, the traction vehicle must be selected based on mass indicators from the vehicles that are operated in Ukraine.

Keywords: car, multi-functional trailer, road train, standard size range, mass, speed, power

References

1. Xue-lian Zheng, Hao Zhang, Yuan-yuan Ren, Ze-hong Wei and Xi-gang Song. Rollover stability analysis of tank vehicles based on the solution of liquid sloshing in partially filled tanks//Advances in Mechanical Engineering 2017, Vol. 9(6) 1–26
DOI: 10.1177/1687814017703894
2. Wuhong W, Wei Z, Hongwei G, et al. A safety-based behavioural approaching model with various driving characteristics. Transport Res C: Emer 2011; 19:1202–1214.
<https://doi.org/10.1177/1687814017703894>
3. [Tran Van Nhu](#), [Nguyen Xuan Ngoc](#), [Vu Van Tan](#), [Dang Tien Phuc](#) Rollover stability analysis of liquid tank truck taking into account the road profiles//[Journal of Applied Engineering Science](#) 2022, vol. 20, br. 4, str. 1133-1142 DOI: [10.5937/jaes0-36578](#)
4. M.F. Younes, Y.K. Younes, M. El-Madah, I.M. Ibrahim, E.H. El-Dannanh
An experimental investigation of hydrodynamic damping due to vertical baffle arrangements in a rectangular tank//Proc. IMechE. Part M: J. Eng. Maritime Environ., 221 (2007), pp. 115-123
DOI: [10.1243/14750902JEME59](#)
5. Yukun Chen, Zehong Deng, Yueshe Wang FREE LIQUID SURFACE SLOSHING IN A TANK OF A MOVING VEHICLE AND ITS SUPPRESSION//InterfacPhenomHeatTransfer. Volume 8, Issue 2, 2020, pp. 147-163
DOI: 10.1615/InterfacPhenomHeatTransfer.2020034199
6. Theory and experiments on driving stability of tank trucks under dangerous working conditions/
Di Yu , Xiansheng Li , Hongfei Liu , Yuanyuan Ren , Jianghui Dong , Liping Wang//Journal of Vibroengineering, Vol. 17, Issue 5, 2015, p. 2521-2534.
<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=the+stability+of+tank+vehicles>
7. Rakheja, S. and Ranganathan, R., Estimation of the Rollover Threshold of Heavy Vehicles Carrying Liquid Cargo: a Simplified Approach, Heavy Vehicle Systems, Int. J. of Vehicle Design, Vol. 1, No. 1 pp. 79-98, 1993
https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1993_207_185_02
8. Rakheja, S., Estimation of Rollover Threshold of Partially Filled Tank Trucks. Pro. Inst. Mech. Engrs, Vol. 205, Part D: Journal of Automobile Engineering, pp. 69-71, 1991
https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1993_207_185_02
9. Bohn, P. F., Butler, M. C. and Dunkle, H. D. et al., Computer Simulation of the Effect of Cargo Shifting on Articulated Vehicles Performing Braking and Cornering Maneuvers, Vol. 1, Executive Summary, The John Hopkins University, May 1981 <https://trid.trb.org/view/172290>.
10. Articulated buses. Maneuverability and stability: a monograph//V.P. Sakhno, V.M. Polyakov, S.M. Sharay, I.S. Murovany, O.E. Omelnytskyi. – Lutsk: Lutsk National Technical University, 2021. - 288 p. ISBN 978-617-672-243-4.
11. Sakhno V.P. To determine the parameters of the control law of the trailing link of an articulated bus of particularly large capacity/ V.P. Sakhno, O.A. Veremchuk, M.I. Zagorodnov, V.M. Sondak V.M. // Highway of Ukraine. Installment. Herald of the Central TAU TAU. -2003. Separate issue №6. P.145-150.